

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Київський національний університет  
будівництва і архітектури**

**Кафедра інформаційних технологій проектування  
та прикладної математики**

**О.О. Терентьев  
доктор технічних наук, професор**

**ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Методичні рекомендації  
до виконання лабораторних робіт  
для студентів спеціальності:  
122 «Комп'ютерні науки»  
126 «Інформаційні системи і технології»  
015.10 «Професійна освіта. Комп'ютерні технології»**

Київ, 2018 р.

**Терентьев О.О.** Ергономіка інформаційних технологій. – Київ: КНУБА, 2018. – 77с.

Методичні рекомендації до виконання практичних занять розроблені на кафедрі інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури для студентів денної форми навчання спеціальностей: 122 «Комп'ютерні науки», 126 «Інформаційні системи і технології», 015.10 «Професійна освіта. Комп'ютерні технології»

Рецензент: завідувач кафедри інформаційних технологій, доктор технічних наук, професор кафедри Цюцюра С.В.

*Рекомендовано методичною радою університету*

*Протокол № від грудня 2018 р.*

© Терентьев О.О., 2018

© КНУБА, 2018

## ЗМІСТ

<b>1</b> Загальні відомості.....	4
<b>2</b> Порядок проведення і тематика лабораторних занять та завдання для самостійної роботи .....	4
<b>3</b> Зміст лабораторних робіт.....	5
<b>Лабораторна робота № 1</b> Ергономічне забезпечення організації робочого місця оператора за дисплеєм.....	6
<b>Лабораторна робота № 2</b> Ергономічне забезпечення проектування і організації робочого місця оператора за пультом керування при виконанні роботи сидячи.....	19
<b>Лабораторна робота № 3</b> Ергономічне забезпечення проектування робочого місця верстатника.....	37
<b>Лабораторна робота № 4</b> Ергономічне забезпечення проектування кабін транспортних засобів.....	43
<b>Лабораторна робота № 5</b> Ергономічні методи визначення працездатності людини-оператора.....	50
<b>Лабораторна робота № 6</b> Контроль стану оператора системи «людина – машина».....	58
<b>Лабораторна робота № 7</b> Визначення енергетичних характеристик зорового аналізатора.....	67
<b>Список рекомендованої літератури</b> .....	77

## **3 ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

### **Лабораторна робота № 1**

#### **ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА ЗА ДИСПЛЕЄМ**

**Мета роботи:** освоїти методику організації робочого місця оператора за дисплеєм з урахуванням ергономічних вимог; виконати практичне завдання з ергономічного забезпечення організації робочого місця оператора за дисплеєм.

##### **1.1 Загальні відомості**

В умовах НТР велике значення мають питання проектування, створення і використання дисплеїв, що є точкою дотику двох доволі складних систем – комп'ютера і людини.

У зв'язку з широким застосуванням дисплеїв в автоматизованих системах управління, інформаційно-довідкових системах, системах передачі даних з'явився цілий комплекс ергономічних проблем. Дисплей повинен відповідати структурі й процесу діяльності людини, в його конструкції повинні бути враховані антропометричні, біомеханічні й психологічні можливості й особливості людини.

Ергономічні вимоги, що ставляться до дисплеїв, розрізняються залежно від конкретних типів і виконуваних за їх допомогою завдань. При використанні рекомендацій, наведених у цих вказівках, необхідно робити виправлення на конкретні умови роботи і певний тип апаратури та робочого місця.

Робоче місце оператора – це частина простору в системі «людина-машина» (СЛМ), оснащена засобами відображення інформації, органами керування і допоміжним устаткуванням і призначена для проведення діяльності оператора СЛМ [1].

Організація робочого місця відповідно до антропометричних характеристик (АХ) передбачає виконання ергономічних вимог до розміщення технічних засобів на робочому місці, до світло- і кольоровотехнічних характеристик дисплеїв, до буквено-цифрової інформації дисплеїв, клавіатури пульта дисплея, необхідних санітарно-гігієнічних умов праці [2; 3; 4].

## 1.2 Організація робочого місця відповідно до антропометричних характеристик

Антропометричні характеристики поділяються на динамічні й статичні (рис. 1.1).

Динамічні антропометричні характеристики використовують для визначення обсягу робочих рухів, зон досяжності й огляду, за ними розраховують просторову організацію робочого місця, розмах рухів обертових і селекторних перемикачів, біомеханічні моделі людини і манекена.

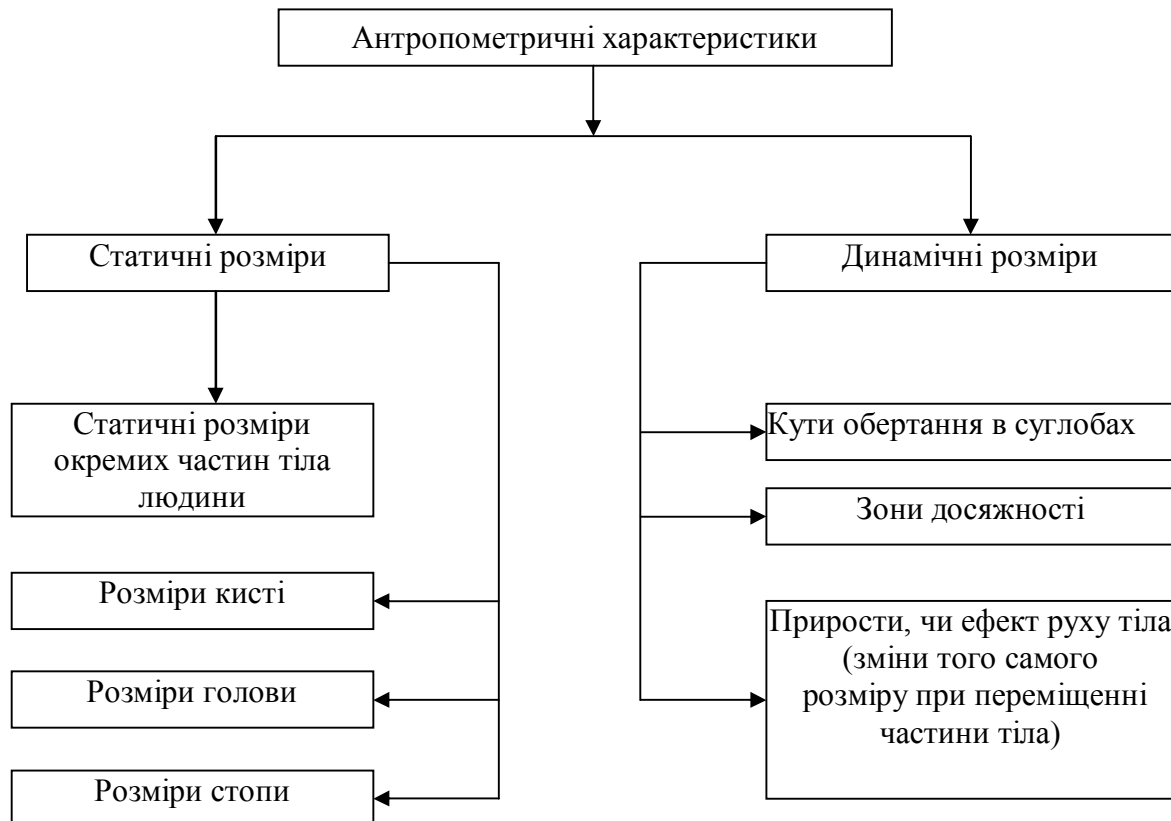


Рисунок 1.1– Класифікація антропометричних характеристик

До статичних антропометричних характеристик відносяться розміри, обмірювані в статичному положенні людини, яка зберігає при вимірах ту саму позу. Умовність і сталість пози забезпечують ідентичність умов виміру. Статичні антропометричні характеристики використовують для встановлення розмірів конструктивних параметрів робочого місця чи виробу (висота, широта, глибина і т. ін.), визначення діапазону виміру у випадку їх регулювання, а також при проведенні ергономічної експертизи конструювання манекенів.

Особливу групу статичних антропометричних характеристик складають габаритні розміри тіла, що являють собою його найбільші розміри в рівних положеннях і позах, орієнтовані в різних площинах. Габаритними розмірами визначається мінімальний простір, необхідний людині при роботі.

Правила використання антропометричних характеристик:

- визначити групу населення, для якої буде призначене проектоване чи організоване робоче місце (устаткування);
- вибрати групу антропометричних характеристик, що є основою для визначення розміру конструкції устаткування (робочого місця);
- встановити, якому відсотку працюючих повинно задовольняти дане робоче місце (устаткування) і за допомогою перцентилей чи часткою  $\sigma$  знайти відповідне йому значення антропометричних характеристик;
- врахувати відповідне виправлення на одяг і взуття.

При визначенні контингенту людей необхідно враховувати вікові, статеві й національні розходження.

Вікові розходження ґрунтуються на біологічних особливостях різних стадій індивідуального розвитку. При вирішенні ергономічних задач орієнтуються на усереднені антропометричні характеристики дорослого населення країни.

Статеві розходження особливо важливо враховувати в тих випадках, коли те саме робоче місце (устаткування) призначено для чоловіків і жінок.

При проектуванні робочого місця (устаткування) варто звертати увагу також на національні розходження антропометричних характеристик. Якщо робоче місце призначене строго для одного якогось регіону, то варто враховувати дані населення регіону, якщо виріб призначений для населення всієї країни, то слід брати дані більш численних національностей країни.

Необхідний діапазон змінювання досліджуваної антропометричної характеристики задається або за середньоквадратичним відхиленням ( $\sigma$ ) стосовно математичного чекання ( $M$ ), або за допомогою перцентилей (співвідношення між ними наведені в табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для вибору діапазону виміру антропометричних характеристик

Інтервал $M \pm n\sigma$	Перцентиль, %	Кількість людей, антропометричні характеристики яких містяться в розглянутому інтервалі, відсоток охоплення
$M \pm 2,5\sigma$	1 – 99	98
$M \pm 2,0\sigma$	2,5 – 97,5	95
$M \pm 1,65\sigma$	5 – 95	90
$M \pm 1,15\sigma$	12,5 – 87,5	75
$M \pm \sigma$	16 – 84	68
$M \pm 0,67\sigma$	25 – 75	50

При ергономічному забезпеченні організації робочого місця оператора за дисплеєм треба знати, що воно повинне відповідати антропометричним характеристикам, які визначають розміри тіла і його окремих частин.

Антропометричні характеристики є випадковими величинами, підпорядкованими нормальному закону розподілу (рис. 1.2).

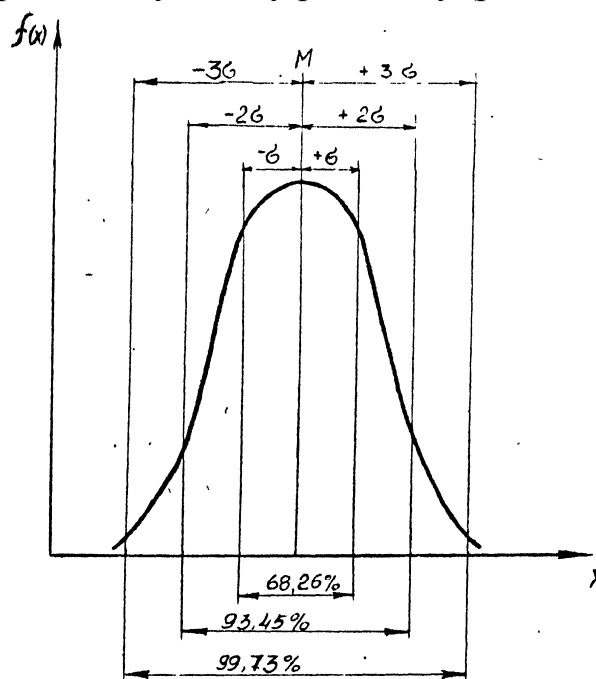


Рисунок 1.2 – Крива нормального розподілу

Варіативність багатьох характеристик людей, тобто нахилення при антропометричних вимірах тіла людини, наближається до цього закону розподілу: більшість вимірів величин лежить у центрі кривої і тільки незначна частина – по краях. При обліку антропометричних характеристик необхідно використовувати дані кривої при розрахунку довірчого інтервалу.

Основною характеристикою кривої розподілу є середнє арифметичне значення  $M$ , що являє собою частку від розподілу  $\sum x$  на  $N$ , де  $x$  – величина вимірювання,  $N$  – число вимірів.

Іншою характеристикою є середньоквадратичне відхилення  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - M)^2}{N}} \quad (1.1)$$

При ідеальному дотриманні закону нормального розподілу діапазон величин в інтервалі значень  $\sigma$  від  $-1$  до  $+1$  включає 68 % вимірів характеристик. Тому що розміри більшості людей попадають у середню частину площі, обмеженої кривою, а по краях їх все менше і менше, то антропометричні дані характеризуються скоріше областями, між визначеними точками, і, отже, не існує жодної стандартної людини із заданими розмірами тіла, а існують тільки апроксимації до цих областей. Саме тому як при проектуванні, так і при оцінці експлуатованих СЛМ переважне значення має введення пристроїв, що дозволяють регулювати робоче місце відповідно до розмірів тіла людини.

При виконанні роботи в лабораторії студент одержує індивідуальне завдання і розраховує параметри робочого місця відповідно до антропометричних характеристик заданого контингенту операторів, інші етапи роботи він виконує шляхом порівняння заданих характеристик, що рекомендуються.

При оцінці організації робочого місця оператора за дисплеєм на конкретному робочому місці студент визначає всі необхідні параметри робочого місця, характеристики розміщення технічних засобів, буквено-цифрової інформації, клавіатури, умов праці і порівнює їх з тими, що рекомендуються.

### **1.3 Методика організації робочого місця оператора за дисплеєм відповідно до антропометричних характеристик**

Робоче місце повинне бути містке для оператора з максимальними розмірами тіла і досяжне для оператора з мінімальними розмірами із заданого контингенту.

При організації робочого місця враховують антропометричні характеристики жінок (якщо працюють тільки жінки) і чоловіків (якщо працюють тільки чоловіка); якщо робоче місце призначене для чоловіків і жінок – загальні середні показники жінок і чоловіків.

Перевірка відповідності параметрів робочого місця (висота робочої поверхні, її розміри; висота сидіння крісла, простору для ніг, підставки для ніг та ін.) антропометричним характеристикам операторів здійснюється за допомогою площинних манекенів;

Для виконання роботи в лабораторії студент одержує завдання, в якому зазначено контингент операторів (група населення, стать, перцентилі).

Знаходять значення антропометричних характеристик для заданого контингенту операторів за таблицями 1.2 і 1.3, в яких наведені дані чоловіків і жінок, які виконують роботу сидячи чи стоячи, для п'яти перцентилей трьох груп населення:

- А – населення з малими значеннями поздовжніх ознак;
- Б – населення із середніми значеннями поздовжніх ознак;
- В – населення з великими значеннями поздовжніх ознак.

Статистичні антропометричні характеристики, положення людини сидячи наведені у таблиці 1.2.



Таблиця 1.2 – Статистичні антропометричні характеристики, положення людини сидячи

Найменування ознаки	Група населення	Значення ознаки, см, що відповідає перцентилям									
		для чоловіків					для жінок				
		I	5	50	95	99	I	5	50	95	99
Висота (розмір 1) верхівкової точки над сидінням (22) *	А	82,20	84,00	88,60	93,10	96,00	76,80	76,80	82,90	87,30	89,00
	Б	84,00	85,90	90,50	95,00	99,00	79,30	81,20	85,60	90,00	91,80
	В	85,40	87,30	91,90	96,60	98,50	81,50	83,30	87,60	92,00	93,80
Висота (розмір 2) очей над сидінням (23) *	А	68,20	70,20	74,90	79,70	81,60	63,80	65,90	70,90	76,00	76,10
	Б	70,50	73,10	77,40	81,80	84,40	67,20	69,00	73,40	77,80	79,60
	В	71,90	74,00	78,90	83,80	85,90	69,90	71,60	76,70	79,80	81,50
Висота (розмір 3) плечей над сидінням (25)*	А	53,80	55,60	59,97	64,30	66,10	50,10	51,80	55,80	59,80	61,40
	Б	53,20	55,20	59,96	64,70	66,60	50,80	52,50	56,60	60,70	62,40
	В	54,80	56,70	61,30	65,90	67,80	52,80	51,50	58,60	62,00	64,50
Висота (розмір 4) ліктя над сидінням (26)*	А	17,50	18,95	22,40	25,96	27,40	16,60	18,20	22,10	25,90	27,50
	Б	17,00	18,70	22,86	27,10	28,80	16,60	18,25	22,20	26,00	27,70
	В	17,50	19,10	22,86	26,50	28,10	17,94	19,30	22,50	25,70	27,10
Висота (розмір 5) коліна над підлогою (32)*	А	47,40	48,90	52,54	56,18	57,69	43,85	45,21	48,49	51,78	53,14
	Б	50,13	51,99	56,47	60,93	62,79	57,14	48,57	52,02	55,47	56,90
	В	50,06	51,70	55,64	59,59	61,23	46,74	48,10	51,37	54,65	56,01
Ліктьова-пальцева Ш точка (розмір 6) – горизонтальна відстань від вершини ліктьового відростка ліктьової кістки до пальцевої третьої точки (34)*	А	41,98	43,31	46,50	49,70	51,02	38,60	39,76	42,57	45,37	46,54
	Б	42,30	43,99	48,07	52,15	53,84	39,94	41,09	43,87	46,65	47,80
	В	42,76	44,23	47,65	51,03	52,51	40,12	41,18	43,74	46,29	47,35
Горизонтальна відстань (розмір 7) від спинки до найбільш виступаючої вперед точки надколінної чашки (38)*	А	50,75	53,18	59,04	64,90	67,33	49,24	51,30	56,29	61,29	63,34
	Б	53,03	55,33	60,89	66,45	68,75	51,05	53,02	57,63	62,52	64,49
	В	55,17	56,87	60,79	64,70	66,40	50,65	52,41	56,67	60,93	62,70
Довжина (розмір 8) стопи (41)*	А	23,52	24,26	26,04	27,81	28,55	21,22	21,99	23,00	25,70	26,47
	Б	23,88	24,71	26,72	28,72	29,55	21,35	22,13	24,63	25,92	26,70
	В	24,33	25,12	27,03	28,93	29,72	22,38	23,04	24,62	26,19	26,85
Найбільший поперечний розмір тіла – горизонтальна відстань між найбільш виступаючими в бік точками зовнішньої поверхні вільно опущених рук (17)*	А	41,84	43,82	48,37	52,92	54,89	38,39	40,75	46,44	52,14	54,49
	Б	42,90	44,85	49,55	54,25	56,20	39,77	41,87	46,65	51,52	53,53
	В	42,94	44,64	48,55	52,47	54,17	40,77	42,38	46,27	50,15	51,76

\*Примітка. У дужках зазначений номер антропометричної ознаки за ГОСТ 12.2.049-80.

Таблиця 1.3 – Статистичні антропометричні характеристики, положення людини стоячи

Найменування ознаки	Група населення	Значення ознаки, см, що відповідає перцентилям									
		для чоловіків					для жінок				
		I	5	50	95	99	I	5	50	95	99
Висота верхівкової точки над підлогою (довжина тіла, ріст) (1) *	А	155,70	159,30	167,70	176,06	179,70	144,40	147,40	155,40	163,40	166,50
	Б	157,70	161,40	172,30	183,20	186,55	147,30	150,80	159,50	168,00	171,60
	В	163,3	167,2	176,5	186,4	190,3	153,7	157,0	165,1	173,1	176,5
Висота ока над підлогою (2)*	А	143,40	146,70	154,80	162,82	166,10	132,10	135,40	143,40	151,40	154,70
	Б	145,60	149,30	159,70	170,60	174,30	135,80	139,40	147,80	156,20	159,70
	В	150,30	154,30	164,00	173,80	177,80	142,20	145,60	153,60	161,60	164,90
Висота плечей над підлогою (5)*	А	128,00	131,20	139,10	147,60	150,20	117,10	120,30	128,60	135,70	138,80
	Б	128,40	132,60	142,80	153,00	157,20	120,20	123,70	131,80	140,30	143,70
	В	133,40	137,20	146,10	155,60	159,00	125,60	128,70	136,30	143,90	147,10
Найбільший поперечний діаметр тіла (17)*	А	41,80	43,30	48,40	52,90	54,90	38,40	40,80	46,40	52,10	54,50
	Б	42,90	44,85	49,60	54,25	56,20	39,80	41,80	46,60	51,50	53,50
	В	42,94	44,64	48,55	52,47	54,20	40,80	42,40	46,30	50,20	51,80
Передня досяжність руки (19)*	А	75,90	78,43	84,60	90,70	93,20	68,40	70,70	76,10	81,50	83,80
	Б	73,60	76,70	84,23	91,73	94,84	68,70	71,20	77,10	83,10	85,50
	В	75,30	78,10	84,83	91,60	94,34	69,80	72,00	77,50	83,00	85,30
Передня максимальна досяжність руки (21)*	А	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Б	119,80	124,10	134,50	144,90	149,20	114,00	117,70	126,70	135,40	139,10
	В	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Вертикальна досяжність руки (21)*	А	198,30	203,40	215,80	228,21	233,30	179,80	154,70	196,70	208,60	213,50
	Б	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	В	206,70	212,30	225,90	239,60	245,20	193,20	197,90	209,20	220,50	225,20

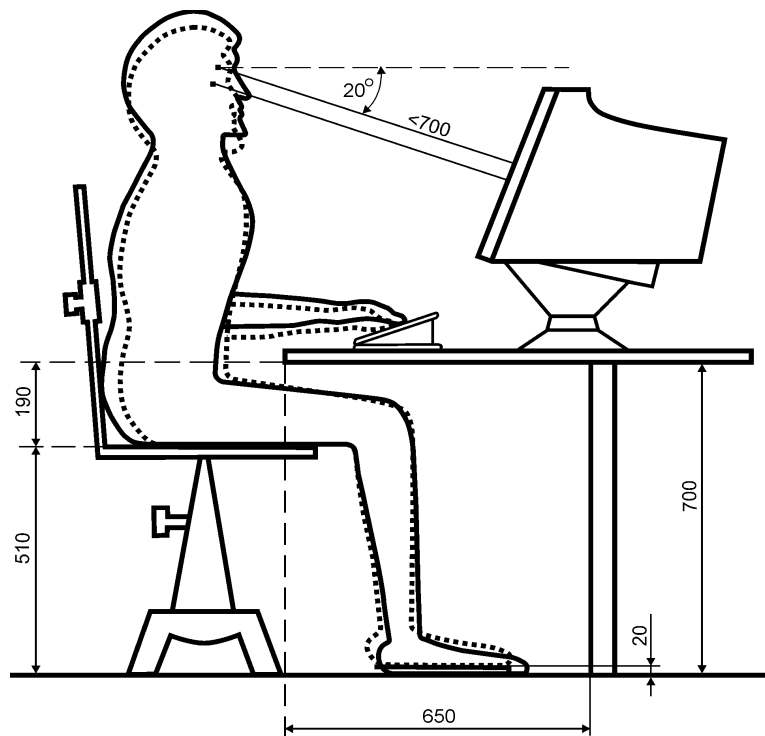
Потім необхідно врахувати виправлення на одяг і взуття (табл. 1.4).

Після вибору антропометричних характеристик операторів для робочої пози сидячи і внесення виправлень на одяг і взуття будують два площинних манекени в масштабі 1:10 за мінімальними і максимальними антропометричними характеристиками. Манекени виготовляють із щільного матеріалу – картону, ватману та ін. Шарнірні з'єднання частин манекена (на рис. 1.3 показані точками) здійснюють мідним дротом діаметром 0,4-0,5 мм. За даними розрахунку і шириною, що рекомендується, вирізують із щільного матеріалу прямокутники частин манекена. Рекомендована ширина прямокутників частин манекена, мм:

1. тулуб 20-30
2. плече 10



Для цього на чистому аркуші паперу розміщують манекен з максимальними антропометричними характеристиками, надавши йому фізіологічно раціональну робочу позу, тобто позу, що відповідає критеріям функціонального комфорту: випрямлене положення хребетного стовпа зі збереженням його природних вигинів, мінімальне навантаження на м'язову систему тіла; відсутність хворобливих відчуттів у результаті впливу елементів робочого місця на тіло сидячої людини.



*Рисунок 1.4 – Розташування АЦД на робочому столі*

Фізіологічно раціональна робоча поза досягається виконанням наступних умов:

- відстань від очей оператора до дисплея 500...700 мм;
- природний нахил корпусу вперед на 5...10°;
- кут згинання між стегном і гомілкою 95...135°;
- ступня на підлозі;
- стегно горизонтальне;
- оператор максимальних розмірів не повинен упиратися ступнею в стійку столу чи підставку;
- оператор повинен мати можливість спиратися ліктем на робочу поверхню і працювати з документами;
- відстань від сидіння крісла до нижнього краю робочої поверхні не менше 150 мм.

Надавши манекену фізіологічно раціональну робочу позу сидячи, потрібно нарисувати контури робочого столу (підставки), на якому розташувати

дисплей, визначити кут огляду, висоту робочої поверхні, сидіння крісла. Потім до цього рисунка необхідно прикласти манекен, виготовлений за мінімальними антропометричними характеристиками у фізіологічно раціональній робочій позі сидячи. Перевірити зручність робочого місця (висоту робочої поверхні, зони досяжності моторного поля тощо, (рис. 1.4, 1.5).

Моторне поле робочого місця оператора СЛМ – це частина робочого місця оператора, в якому розміщені використовувані оператором органи керування і здійснюються його рухові дії з керування СЛМ.

Розрізняють зону досяжності, зону легкої досяжності й оптимальну зону досяжності моторного поля.

*Зона досяжності* моторного поля робочого місця оператора – це частина робочого місця оператора, обмежена дугами, описуваними максимально витягнутими руками при рухові їх у плечовому суглобі. *Зона легкої досяжності* моторного поля робочого місця оператора – це частина моторного поля робочого місця оператора, обмежена дугами, що описуються розслабленими руками при рухові їх у плечовому суглобі. *Оптимальна зона моторного поля* робочого місця оператора – це частина моторного поля робочого місця оператора, обмежена дугами, описуваними передпліччями при рухові їх у ліктьових суглобах з опорою. Опорою може бути передня крайка пульта, підлокітники сидіння, уявлювана точка опори і т. д.

При визначенні висоти робочої поверхні столу необхідно врахувати можливість регулювання сидіння крісла за висотою і застосування підставки для ніг.

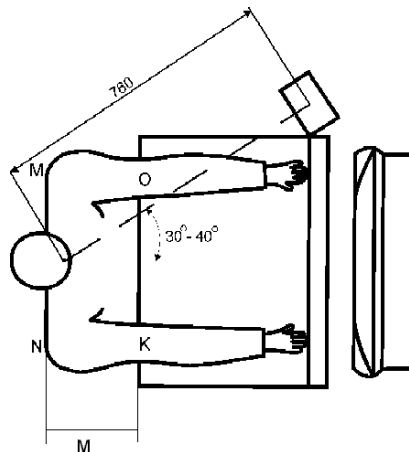
Після змін в організації робочого місця оператора на рисунок помістити манекен, виготовлений за максимальними розмірами, і перевірити збереження для нього умов зручності робочого місця; маніпулюючи манекенами, домогтися такого положення, щоб робоче місце за столом було містке для оператора з максимальними розмірами тіла і досягне для оператора з мінімальними розмірами.

Контури максимального і мінімального манекенів у фізіологічно раціональній робочій позі, кути огляду для кожного з манекенів обвести олівцями різного кольору.

Отриманий ескіз робочого місця перевіряє викладач. Після вибору параметрів робочого столу потрібно розмістити на ньому дисплей, пульт з клавіатурою, документи, різні технічні засоби, вказати кути огляду дисплея, документів.

Пульт з клавіатурою дисплея розташувати в оптимальній зоні моторного поля. Для визначення оптимальної зони моторного поля (рис. 1.5) треба виконати наступне. На аркуші паперу провести лінію ( $m - n$ ), рівну найбільшому поперечному розміру (розмір 17, табл. 1.2) мінімального

манекена. Від цієї лінії відкласти відстань  $m$  – відстань між передньою поверхнею тіла оператора і краєм робочої поверхні столу, підставки, на якій розташований дисплей. Провести другу лінію, на цю лінію зпроеціювати точки М і N. З отриманих точок О і К (точки опори ліктями) як з центрів провести дуги радіусом, рівним довжині ліктьовий - пальцевий Ш точки (довжина передпліччя і кисті розмір 6, табл. 1.2) оператора мінімальних розмірів. Це і буде відстань, на якій розміщують пульт з клавіатурою дисплея (оптимальна зона моторного поля, рис. 1.5).



*Рисунок 1.5 – Визначення оптимальної зони моторного поля (вид зверху)*

#### **1.4 Ергономічна оцінка організації діяльності оператора за дисплеєм**

При виконанні роботи в конкретних умовах діяльності оператора за дисплеєм ергономічну оцінку організації робочого місця необхідно проводити за наступними параметрами:

1. Висота робочої поверхні столу.
2. Розміри простору для ніг: висота, ширина, глибина, відстань від поверхні сидіння крісла до нижнього краю робочої поверхні.
3. Відстань від очей оператора до екрана дисплея.
4. Висота розташування екрана дисплея на столі чи підставці по куту між нормаллю до центра екрана і горизонтальною лінією погляду.
5. Кут спостереження екрана в горизонтальній площині при роботі за одним дисплеєм; кут розвороту екрана щодо оператора при наявності трьох і більш дисплеїв на робочому місці.
6. Розташування документів (бланків) на робочому місці; визначити кут між екраном алфавітно-цифрового дисплея (АЦД) і документом у горизонтальній площині.
7. Розміщення пульта з клавіатурою на поверхні столу, підставці.
8. Розміщення пульта функціонального контролю на робочому місці.
9. Розміщення пульта зв'язку і телефонних апаратів на робочому місці.

10. Розміщення пристроїв документування, введення – виведення інформації на перфострічку та інших використовуваних технічних засобів на робочому місці.

11. Вага пульта і можливість пересувати його на робочому столі, підставці.

12. Розташування робочого місця стосовно напрямку погляду оператора.

13. Яскравість екрана АЦД, перепад яскравостей поверхні екрана, документів, клавіатури, пульта; рівень освітленості документів.

14. Контраст екрана АЦД (прямий, зворотний).

15. Кількість знаків, що одночасно з'являються на екрані дисплея; достатність для виконання поставленого перед оператором завдання; накреслення знаків, можливість помилки при їхньому сприйнятті.

16. Розміри буквено-цифрових знаків; співвідношення між висотою і шириною знаку; висотою і товщиною обведення знаку; відстань між знаками; відстань між рядками.

17. Розрахунок кількості знакомісць на екрані електронно-променевої трубки (ЕПТ).

18. Яскравість кольорової ЕПТ; яскравість знаків буквено-цифрової інформації; нерівномірність яскравості поля; кількість відтворених кольорів.

19. Висота клавіатури стосовно поверхні підлоги; кут нахилу клавіатури; розмір квадратних клавiш по діагоналі; зусилля, необхідні для приведення клавiш в рух: амплітуда рухів клавiш; відстань між сусідніми клавiшами; поверхня клавiш (блискуча, матова); захищеність поверхні клавiш від стирання; розташування букв і цифр на клавіатурі.

20. Кількість функціональних клавiш; їхня достатність для виконання поставленої задачі; відмінність функціональних клавiш від звичайних (колір, форма, положення, відстань); заходу для попередження випадкового включення клавiш; символічне позначення на клавiшах.

21. Заходи для удосконалення світлотехнічних характеристик АЦД.

22. Розширення засобів структурування інформації АЦД.

23. Забезпечення ергономічно - обґрунтованого темпу зміни інформації АЦД.

24. Крісло оператора: висота сидіння, можливість регулювання висоти сидіння, спинки і кутів їх нахилу.

25. Санітарно-гігієнічні умови праці:

а. мікроклімат (температура, вологість, рухливість повітря на робочому місці);

б. рівень шуму;

с. потужність дози рентгенівського випромінювання.

26. Режим праці і відпочинку. Час безупинної роботи за дисплеєм. Скарги на втому, зорове, м'язове стомлення та ін.

При закінченні роботи необхідно відзначити відповідність робочого місця ергономічним вимогам, вказати, які показники робочого місця за дисплеєм не

відповідають вимогам, намітити конкретні пропозиції з оптимізації умов діяльності оператора за дисплеєм.

### **Контрольні запитання**

1. Поняття про робоче місце оператора за дисплеєм.
2. Поняття про моторне поле робочого місця оператора СЛМ.
3. Поняття про зони досяжності моторного поля робочого місця оператора СЛМ.
4. Технічні засоби, що використовують у складі робочого місця оператора АСУ.
5. Загальні ергономічні вимоги до розміщення технічних засобів на робочому місці.
6. Ергономічні вимоги до розміщення дисплея на столі чи підставці (відстань від очей до екрана дисплея, кут спостереження, розвороту та ін.).
7. Ергономічні вимоги до яскравості, контрасту екрана, розмірів буквено-цифрової інформації.
8. Розрахунок кількості знакомісць на екрані АЦД.
9. Ергономічні вимоги до кольорових ЕПТ.
10. Ергономічні вимоги до засобів структурування інформації.
11. Ергономічні вимоги до темпу зміни інформації АЦД.
12. Загальні ергономічні вимоги до робочого місця оператора за дисплеєм.
13. Режим праці і відпочинку.
14. Санітарно-гігієнічні умови праці.



## Лабораторна робота № 2

# ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА ЗА ПУЛЬТОМ КЕРУВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ СИДЯЧИ

**Мета роботи:** освоїти методику вибору оптимальних розмірів проектування пульта керування, призначеного для різних контингентів операторів; опанувати методами компоновання засобів відображення інформації (ЗВІ) і органів керування (ОК) на пульті; освоїти методику розрахунку інформаційних потоків, одержуваних оператором в одиницю часу ( $Z_{зві}$  – ступінь складності інформаційного поля).

### 2.1 Загальні відомості

Пульт керування системи «людина-машина» – це елемент робочого місця оператора, де розміщені засоби відображення інформації та органи керування СЛМ. Від того, наскільки конструкція і організація пульта керування враховують антропометричні характеристики і психофізіологічні можливості оператора, залежить ефективність роботи СЛМ у цілому.

Слід прагнути до того, щоб розміри пульта дозволяли охоплювати його одним поглядом і елементи на ньому були добре помітні, число приладів не повинне перевантажувати оператора.

З розвитком автоматизації виробничих процесів професія оператора стає ведучою. Тому ставляться високі вимоги до організації робочих місць операторів, зокрема, розмірів робочого простору, розміру і форми пульта, правильного вибору засобів відображення інформації й органів керування залежно від завдання, що ставиться перед оператором, оптимального їх розміщення на пульті, правильного вибору робочої пози, забезпечення оператора зручними меблями, створення сприятливих для організму людини умов праці.

Вибір форми і розміру пульта залежить від числа приладів, що повинні бути розміщені на ньому. Пульт може обслуговуватися одним оператором, тоді його розміри мають відповідати можливостям людини з огляду і зчитування інформації, але можуть бути пульти, що обслуговуються декількома операторами.

У цій роботі необхідно провести проектування і організацію пульта керування, що обслуговується одним оператором. Оскільки оператор за пультом працює сидячи, особливу увагу приділяють розмірам крісла.

Ергономічне проектування робочого місця оператора проводять за такими етапами:

1. Організація робочого місця відповідно до антропометричних характеристик оператора.

2. Вибір і оцінка засобів відображення інформації з погляду можливостей оператора по сприйняттю зорової інформації.

3. Вибір і оцінка органів керування з погляду надійності функціонування системи.

4. Компонування засобів відображення інформації й органів керування на пульті відповідно до ергономічних вимог.

5. Проектування зовнішнього виробничого середовища з урахуванням його впливу на оператора.

6. Розрахунок ступеня складності інформаційного поля  $Z_{зві}$ .

Методика організації робочого місця оператора відповідно до антропометричних характеристик наведена в підрозділі 1.3.

## 2.2 Організація пульта керування

Після виготовлення площинних манекенів будують ескіз робочого місця оператора для робочої пози сидячи відповідно до розмірів тіла (зручність для максимального і доступність для мінімального оператора). При організації пульта керування необхідно виконати наступне. До чистого аркуша паперу прикласти манекен, виготовлений за максимальними розмірами у фізіологічно раціональній робочій позі сидячи (рис. 2.1 – 2.3).

У лабораторній роботі фізіологічно раціональна робоча поза досягається виконанням таких умов:

–відстань від очей оператора до інформаційного поля – 690...710 мм;

–природний нахил корпусу вперед – на 5...10°;

–кут згинання між стегном і гомілкою – 95...135°;

–стопа на підлозі чи підставці;

–стегно горизонтальне;

–оператор максимальних розмірів не повинен вpirатися ступнею в стійку пульта керування;

–оператор повинен мати можливість обпертися ліктем на робочу поверхню;

–висота простору для ніг повинна забезпечувати оператору, що має максимальні розміри тіла, можливість закласти ногу за ногу [1,6] .

Додавши манекену фізіологічно раціональну робочу позу сидячи, нарисувати контури пульта керування виходячи з параметрів робочого місця, зазначених на рисунках 2.1 – 2.3.

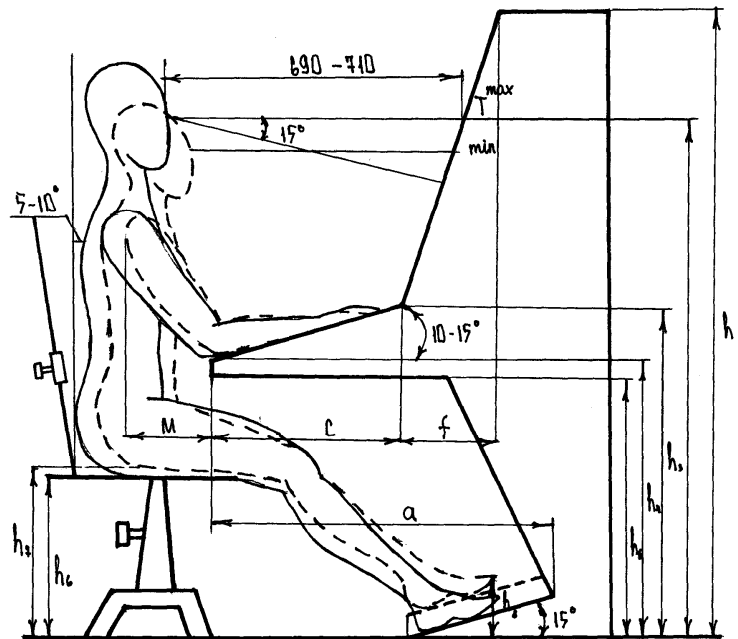


Рисунок 2.1 – Пульта керування із сполученою інформаційною і моторною панелями (вид збоку):  $h_1$  – висота пульта;  $h_2$  – висота лінії погляду (середня між лініями погляду для *max* і *min* манекенів – точка *T*);  $h_3$  – висота моторного поля;  $h_4$  – висота робочої поверхні;  $h_5$  – висота простору для ніг;  $b$  – відстань від переднього краю робочої поверхні до інформаційного поля;  $T_1$  – точка нормальної лінії погляду;  $h_6$  – висота сидіння максимального манекена;  $h_7$  – висота сидіння мінімального манекена;  $h_8$  – висота підставки для ніг мінімального манекена.

На інформаційному полі провести лінію погляду максимального манекена з відміткою *max* .

До рисунка пульта керування прикласти манекен, виготовлений за мінімальними розмірами у фізіологічно раціональній робочій позі сидячи. Перевірити доступність робочого місця (висоту робочої поверхні, зони досяжності моторного поля і т.д.). При визначені висоти робочої поверхні пульта керування треба врахувати можливість регулювання крісла за висотою і застосування підставки для ніг.

На інформаційному полі провести лінію погляду мінімального манекена з відміткою *min* .

На інформаційному полі відзначити точку *T* – середню між лініями погляду максимального і мінімального манекенів. Потім на відстані від очей оператора в 690-710 мм під кутом у  $15^\circ$  від точки *T* провести нормальну лінію погляду на інформаційне поле – одержуємо точку  $T_1$  .



Після змін в організації робочого місця оператора до рисунка пульта керування прикласти манекен, виготовлений за максимальними розмірами, і перевірити збереження для нього умов зручності робочого місця. Маніпулюючи манекенами, домогтися такого положення, щоб пульт керування був зручний для оператора з максимальними розмірами і доступний для оператора з мінімальними розмірами. Зняти розміри пульта керування, зазначені на рисунках 2.1 – 2.3.

Отриманий ескіз пульта керування повинен перевірити викладач.

## **2.3 Компонування засобів відображення інформації і органів керування на пульті керування**

Компонування засобів відображення інформації на інформаційному полі й органів керування на моторному полі проводиться за допомогою манекенів з урахуванням ергономічних вимог. Для виконання компонування треба побудувати фронтальний вид пульта (вид спереду) і вид зверху. Визначити зони огляду інформаційного поля і зони досяжності моторного поля; виготовити макети засобів відображення інформації і органів керування в масштабі 1:10.

Інформаційне поле робочого місця оператора СЛМ – це частина робочого місця оператора СЛМ, в якому розміщені засоби відображення інформації СЛМ та інші джерела інформації, використовувані оператором.

Оптимальна зона інформаційного поля – це частина інформаційного поля, обмежена кутівими розмірами  $\pm 15^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду і в горизонтальній площині від сагітальної площини, що розділяє тіло людини на праву й ліву половини.

### *2.3.1. Побудова фронтального виду пульта керування*

На чистому аркуші паперу ставимо точку  $T$  (рис. 2.4). Від неї вниз по вертикалі переносимо точку  $T_1$  (відстань, рівна нормальній лінії погляду на інформаційному полі). Навколо точок  $T$  і  $T_1$  формуємо оптимальну зону інформаційного поля, обмежену  $\pm 15^\circ$  в горизонтальній площині від сагітальної площини (точки  $T$ ), у вертикальній площині – від нормальної лінії погляду (точки  $T_1$ ).

Потім від точки  $T_1$  відкладаємо зони огляду, обмежені  $\pm 30^\circ$  і  $\pm 60^\circ$  в горизонтальній площині від сагітальної площини, у вертикальній площині – від нормальної лінії погляду (рис. 2.5 і 2.6).

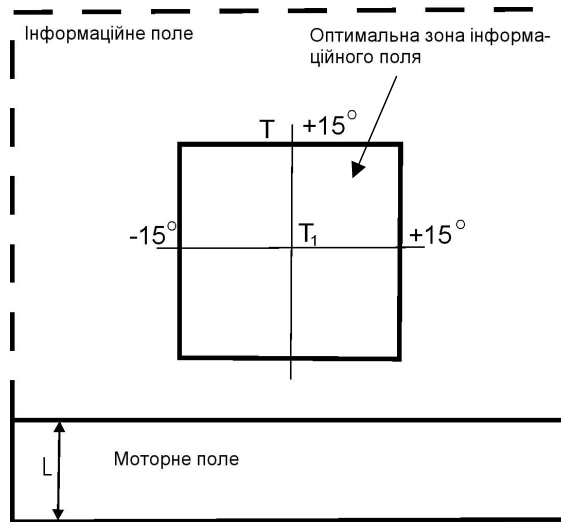


Рисунок 2.4 – Пульт керування (вид спереду)

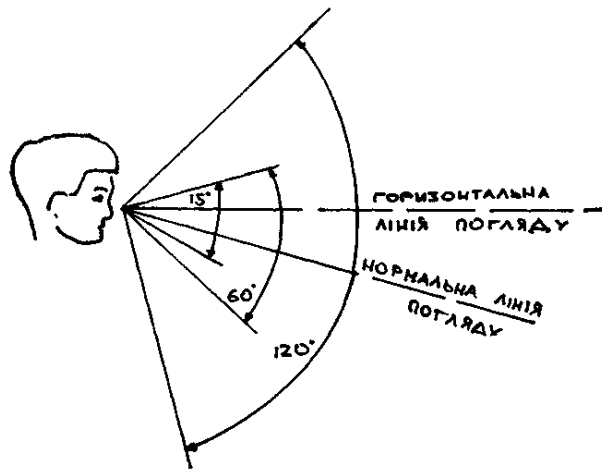


Рисунок 2.5 – Зони огляду у вертикальній площині

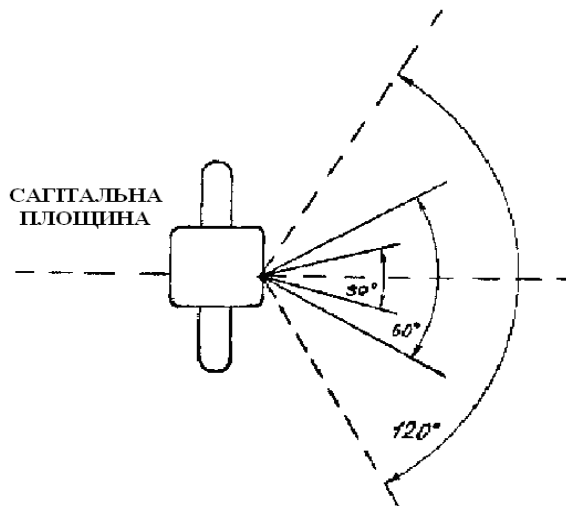


Рисунок 2.6 – Зони огляду в горизонтальній площині  
 а – вертикальне інформаційне поле; б – похиле інформаційне поле;  
 1 – лінія, що обмежує оптимальну зону моторного поля;  
 2 – лінія, що обмежує зону досяжності моторного поля.

### *2.3.2 Побудова виду зверху пульта керування.*

#### *Визначення зон досяжності моторного поля.*

Для того, щоб розташувати органи керування на моторному полі відповідно до ергономічних вимог, треба визначити зони досяжності моторного поля. Визначення зон досяжності моторного поля показане на рисунку 2.7.

Для побудови виду зверху пульта керування використовують габаритні розміри пульта (див. рис. 2.1–2.3).

На аркуші паперу проводимо нижню границю інформаційного поля чи верхню границю моторного поля (рис. 2.7 а). Якщо інформаційне і моторне поля сполучені (рис. 2.1), проводимо верхню границю цієї сполученої лінії (рис. 2.7б) – лінію I.

Від лінії I на відстані  $b - c$  (рис. 2.7 а) або на відстані  $f$  (рис. 2.7 б) проводимо лінію II – далеку крайку робочої поверхні. Від лінії II відкладаємо глибину робочої поверхні  $C$  (див. рис. 2.1 – 2.3) і проводимо лінію III – лінію передньої крайки робочої поверхні. На відстані  $m$  від передньої крайки робочої поверхні (рис. 2.1–2.3) вліво і вправо від осьової лінії відкладаємо по половині значення розміру 17 (див. табл. 1.2) для оператора мінімальних розмірів і одержуємо точки  $M$  і  $N$ . Відкладаємо цей розмір на передній крайці робочої поверхні й одержуємо точки  $O$  і  $K$  – точки опори ліктями. З точки погляду оператора проводимо промені під кутом  $30^\circ$  до осьової лінії. З точок  $O$  і  $K$  як із центрів проводимо дуги радіусом, рівним розміру «довжина передпліччя і кисті» для оператора мінімальних розмірів. Частина, обмежена дугами і лініями під кутом  $\pm 30^\circ$ , є зоною оптимальної досяжності моторного поля (зона А, рис. 2.7).

З точок  $M$  і  $N$  як із центрів проводимо дуги радіусам, рівним розмірам «довжина плеча», «довжина передпліччя і кисті» для оператора мінімальних розмірів. Одержуємо зону досяжності моторного поля (зона В, рис. 2.7).

Зона легкої досяжності моторного поля в цій лабораторній роботі не визначається.

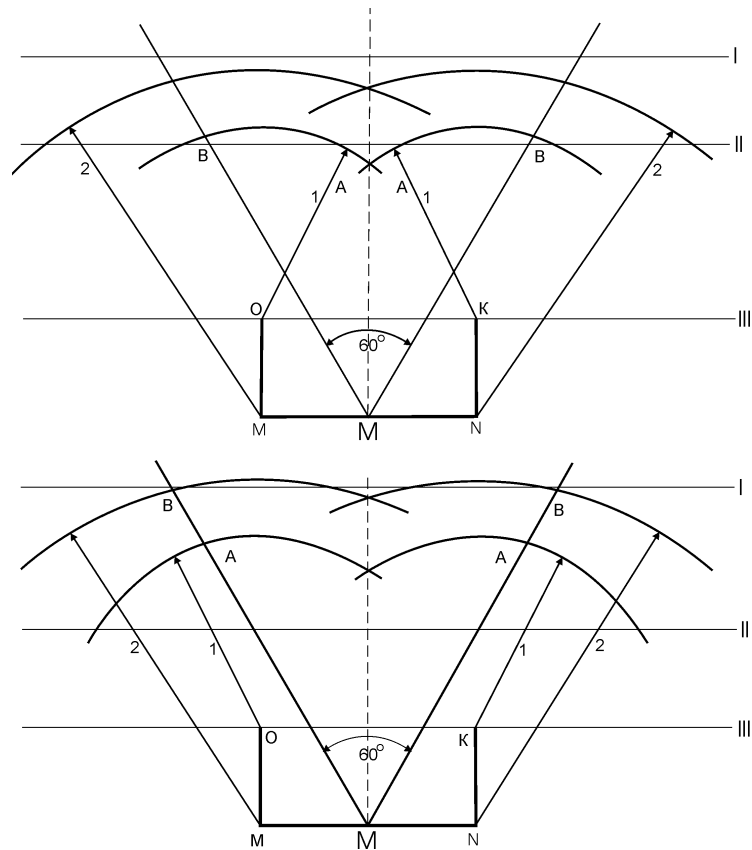


Рисунок 2.7 – Схема пульта керування (вид зверху)

### 2.3.3 Виготовлення макетів засобів відображення інформації і органів керування

Макети засобів відображення інформації і органів керування вирізують із щільного матеріалу (картон, ватман) у масштабі 1:10.

Кількість засобів відображення інформації й органів керування за типами наведена в завданні до лабораторної роботи.

Засоби відображення інформації мають наступні габаритні розміри, мм:

- круглі, напівкруглі ЗВІ, діаметр 120-130;
- прямокутні шкали 170x100;
- сигнальні лампи, діаметр 2,0-2,5.

Органи керування мають наступні розміри.

1. Вимикачі й перемикачі клавiшні й кнопкові:

- мінімальний розмір приводного елемента чи кнопки клавiші залежить від того, чим впливає на нього оператор (великий палець, долоня і тощо);
- від зусилля і частоти натискання;
- у цій лабораторній роботі діаметр кнопки беремо рівним 50, клавiші – 40 мм.

2. Приводний елемент є частиною вимикача (перемикача), за допомогою якого пускають у хід рухому систему за допомогою пальців чи кисті рук, оператора.



3. Робоча поверхня приводного елемента – ділянка його поверхні (одна з його поверхонь), безпосередньо дотична з пальцем чи кистю руки оператора в момент приведення в дію рухомої системи перемикача;

4. Вимикачі й перемикачі поворотні:

– розміри приводного елемента залежать від опору переміщення на осі перемикача;

– залежать від зусилля, необхідного для переміщення приводного елемента;

– у даній лабораторній роботі діаметр приводного елемента беремо рівним 50 мм.

5. Вимикачі й перемикачі типу «тумблер»:

– розміри приводного елемента (довжина, діаметр) визначаються опором переміщенню приводного елемента, зусиллям, необхідним для переміщення приводного елемента, частотою переключення;

– у роботі мінімальний діаметр приводного елемента беремо рівним 15, довжину – 50 мм.

6. Відстань між органами керування приймаємо рівною 25 мм.

На вирізаних макетах засобів відображення інформації і органів керування проставляють їх номери відповідно до завдання. Для підвищення наочності й полегшення компонування рекомендується фарбувати макети в різні кольори.

#### *2.3.4 Компонування засобів відображення інформації і органів керування*

Взаємне розташування пульта керування, крісла оператора, засобів відображення інформації й органів керування повинне виконуватися відповідно до антропометричних показників, структурою діяльності, психофізіологічними й біомеханічними характеристиками оператора.

Макети засобів відображення й органів керування розташовують на панелях пульта, використовуючи вид спереду пульта керування. При проведенні компонування враховують наступні ергономічні вимоги. При встановленні пріоритету на місця розташування враховують, як ті чи інші органи керування чи засоби відображення інформації використовуються оператором і який їх вплив на роботу системи. Визначають такі параметри: частота використання; точність і (або) швидкість зчитування показань чи установки позиції органів керування; вплив помилки зчитування чи запізнювання у виконанні операцій на надійність і безпеку роботи системи, легкість маніпулювання окремими органами керування (визначається за точністю, швидкістю, зусиллям) у різних місцях розташування.

Засоби відображення інформації, що використовуються **дуже часто** (дві і більше операції за хвилину) й є найбільш важливими, вимагають точного і

швидкого зчитування показань, слід розташовувати під кутом  $\pm 15^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду і у горизонтальній площині від сагітальної площини (оптимальна зона інформаційного поля). Дуже часто використовувані й найбільш важливі органи керування повинні бути розташовані в оптимальній зоні моторного поля, обмеженого  $\pm 30^\circ$  по горизонталі і відстанню від переднього краю робочої поверхні 300 мм.

Засоби відображення інформації, що використовуються *часто* (двох операцій за хвилину, але більше двох операцій за годину) й є важливими, вимагають менш точного і швидкого зчитування показань, допускається розташовувати під кутом  $\pm 30^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду і в горизонтальній від сагітальної площині. Часто використовувані й менш важливі органи керування повинні розташовуватися в зоні легкої досяжності моторного поля, обмеженої по горизонталі  $60^\circ$  і відстанню від переднього краю робочої поверхні 400 мм.

Засоби відображення інформації, що використовуються *мало* (не більше двох операцій за годину) допускається розташовувати під кутом  $\pm 60^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду і у горизонтальній площині від сагітальної площині. Мало використовувані органи керування не допускається розташовувати за межами зони досяжності моторного поля.

Засоби відображення інформації необхідно групувати і розташовувати відповідно до послідовності їх використання і функціональних зв'язків елементів систем, які вони представляють. Треба розміщувати засоби відображення інформації в межах груп так, щоб послідовність їхнього використання здійснювалася зліва направо чи зверху вниз.

При груповому розміщенні засобів відображення інформації, якщо в групі знаходиться шість і більше приладів, їх розташовують у вигляді двох паралельних рядів – вертикальних чи горизонтальних, число яких повинно бути не більше 5 – 6.

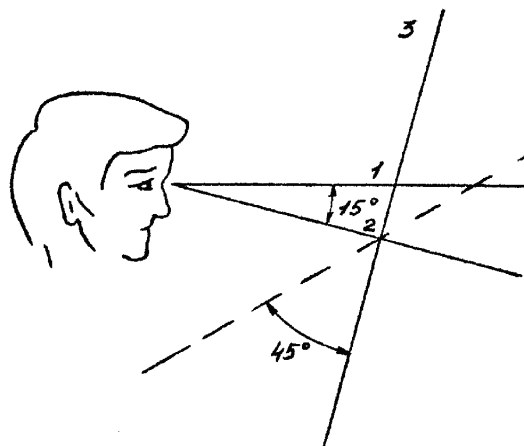
При наявності на панелі більше 25–30 засобів відображення інформації компонувати їх необхідно в дві-три зорovo-розрізняюванні групи.

Аварійні засоби відображення інформації розташовують в легко доступних місцях, але не в оптимальній зоні.

Оптимальне розташування лицьової поверхні засобів відображення інформації щодо ліній погляду оператора і припустимий кут відхилення показані на рисунку 2.8.

Для засобів відображення інформації, дуже часто використовуваних у процесі керування, припустимий кут відхилення їхньої лицьової поверхні від

нормальної лінії погляду не повинен перевищувати  $15^\circ$ . Оптимальним вважається розташування, перпендикулярне до нормальної лінії погляду.



*Рисунок 2.8 – Розташування лицьової поверхні засобів відображення інформації з відношення до лінії погляду:*

*1 – горизонтальна лінія погляду; 2 – нормальна лінія погляду;  
3 – лицьова поверхня засобів відображення інформації.*

Для раціонального використання поверхні інформаційного поля в лабораторній роботі необхідно, щоб відстань між приладами дорівнювала половині лінійного розміру більшого з них, а відстань від приладу до краю інформаційної поверхні - половині лінійного розміру приладу.

Органи керування, пов'язані з визначеною послідовністю дій оператора, повинні групуватися таким чином, щоб дії оператора здійснювалися зліва на право і зверху вниз.

Функціонально ідентичні органи керування повинні розташовуватися функціональними групами.

При роботі двома руками органи керування розміщують з таким розрахунком, щоб не було перехрещування рук.

Права і ліва руки повинні бути завантажені однаково (за кількістю органів керування).

Аварійні органи керування розташовують у зоні досяжності моторного поля (рис. 2.7).

При наявності на панелях пульта керування великої кількості кнопок (більше 10) використовують наступні принципи групування:

- горизонтально-колірне, якщо горизонтальних рядів не більше п'яти;
- кнопки розташовують горизонтальними рядами, у кожному ряді розміщують від п'яти до двадцяти кнопок;
- кнопки всередині ряду групують відповідно до таблиці 2.1.

Першу і третю групи кнопок фарбують однаковим кольором у випадку слабкої освітленості панелей пульта керування чи однаковим відтінком кольору при гарній освітленості, відповідно другу і четверту групи кнопок фарбують іншим кольором чи відтінком.

Таблиця 2.1 – Розташування груп кнопок на робочому місці

Загальне число кнопок	Групи і число кнопок у групі	Загальне число кнопок	Групи і число кнопок у групі
6	5 + 1	9	5 + 4
7	5 + 2	10	5 + 5
8	5 + 3	11	5 + 5 + 1

Вертикально-колірне, якщо горизонтальних рядів більше п'яти відповідно до таблиці 2.2. Перша і третя групи горизонтальних рядів повинні мати однаковий колір чи відтінок, відмінний від кольору чи відтінку другої і четвертої груп. Відстань між групами рядів повинна бути більше відстані між окремими рядами на величину діаметра кнопки.

Таблиця 2.2 – Групи рядів кнопок на моторному полі

Загальне число горизонтальних рядів	Групи горизонтальних рядів і число рядів у них	Загальне число горизонтальних рядів	Групи горизонтальних рядів і число рядів у них
6	5 + 1	9	5 + 4
7	5 + 2	10	5 + 5
8	5 + 3	11	5 + 5 + 1

Зони розташування засобів відображення інформації й органів керування на панелях пульта в горизонтальній площині для роботи в положенні сидячи показані на рисунку 2.9:

А – дуже часто використовувані й найбільш важливі засоби відображення інформації й органа керування;

Б – часто використовувані й важливі;

В – мало використовувані й не важливі;

Г – допоміжні (поза межами досяжності й погляду з вихідного робочого положення).

Органи керування і функціонально пов'язані з ними засоби відображення інформації необхідно розташовувати поблизу один від одного функціональними групами таким чином, щоб органи керування ними чи рука оператора при маніпулюванні не закривали індикатори. При цьому органи керування повинні розташовуватися відповідно до послідовності дій, виконуваних оператором.

Виконання всіх перерахованих правил пов'язано з визначеними труднощами, тому що в різних варіантах завдання деякі з них вступають у протиріччя один з одним.

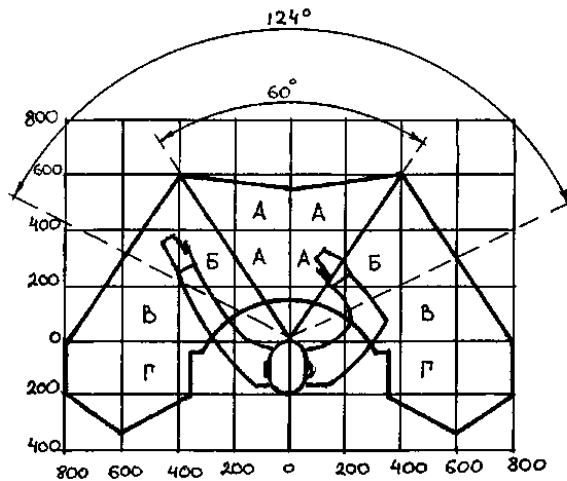


Рисунок 2.9 – Зони розташування засобів відображення інформації і органів керування на панелях пульту в горизонтальній площині

Тому завдання бригади – творчо підходити до кожного з них, знайти оптимальний варіант компоновки засобів відображення інформації й органів керування, що в максимально можливій мірі відповідав би цим вимогам. Таку можливість дає метод макетування, що дозволяє багаторазово змінювати компоновку засобів відображення інформації й органів керування на інформаційному і моторному полях.

Визначивши оптимальний варіант компоновки, обводять макети олівцем, розфарбовують їх, підписують номери засобів відображення інформації й органів керування (рис. 2.10). Рисунок пред'являють викладачу для перевірки і підпису. Після перевірки викладачем варіанта компоновки бригада усуває відзначені недоліки і створює остаточний варіант.

#### 2.4 Розрахунок міри складності інформаційного поля

Людина-оператор у СЛМ виступає в ролі каналу зв'язку, тобто ланки, що безпосередньо сприймає і передає інформацію.

Кількість інформації, що надходить оператору від інформаційної моделі, справляє величезний вплив на ухвалення рішення. Основною психофізіологічною характеристикою оператора як каналу зв'язку є пропускна здатність, тобто кількість інформації, що переробляє безпомилково оператор в одиницю часу.

Для визначення відповідності засобів відображення інформації їхнього компоновки ергономічним вимогам розраховують міру складності інформаційного поля. Для створення умов надійної і високопродуктивної роботи оператора необхідно, щоб міра складності інформаційного поля знаходилася в межах пропускної здатності оператора (яка лежить в інтервалі 2-5 біт/с), тобто виконувалася умова:

$$Z_{зві} \leq C_{оп}, \quad (2.1)$$

де  $C_{оп}$  – пропускна здатність оператора.

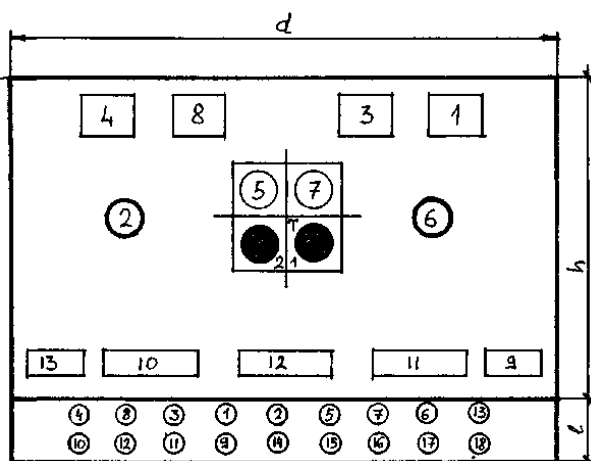


Рисунок 2.10 – Приклад компоновки засобів відображення й органів керування

Міра складності інформаційного поля.

$$Z_{звi} \leq \frac{I_n}{t} \varepsilon q + h, \quad (2.2)$$

де  $I_n$  – повна кількість інформації, що надходить оператору з усіх засобів відображення інформації, розташованих на інформаційній панелі, включаючи сигнальні лампочки, біт;

$t$  – час надходження інформації, с;

$\varepsilon$  – умовні одиниці огляду інформаційної панелі;

$q$  – коефіцієнт числа позицій;

$h$  – міра вибору приладу, біт/с.

Необхідні для розрахунку  $Z_{звi}$  дані містяться в таблиці завдання й у результатах проведення компоновки засобів відображення інформації й органів керування.

Повна кількість інформації:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (2.3)$$

де  $n$  – число приладів на інформаційній панелі, включаючи сигнальні лампочки;

$I_i$  – повна кількість інформації з  $i$ -го приладу.

$$I_i = I_{cp.i} \cdot a_i, \quad (2.4)$$

де  $I_{cp.i}$  – середня кількість інформації в сигналі від приладу (визначається по-різному в залежності від ймовірності надходження сигналу);

$a_i$  – число звертань оператора до  $i$ -го приладу за час  $t$ .

При рівно-ймовірному надходженні сигналів ( $P_1 = P_2 = P_3 \dots P_j$ ):

$$I_{cp.i} = \log_2 N_i, \quad (2.5)$$

де  $N_i$  – число рівно-ймовірних положень стрілки  $i$ -го приладу.

Наприклад, на рисунку 2.11 зображена схема шкали приладу з чотирма рівно-ймовірними значеннями вимірюваного параметра.

З огляду на  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$ , маємо  $N_i = 4$ .

$$J_{cp.i} = \log_2 4 = 2 \text{ біт.}$$

При нерівно-ймовірному надходженні сигналів

$$I_{cp.i} = \sum_{j=1}^k P_j \cdot \log \frac{1}{P_j} \quad (2.6)$$

або

$$I_{cp.i} = - \sum_{j=1}^k P_j \cdot \log_2 P_j \quad (2.7)$$

де  $P_i$  – ймовірність перебування стрілки приладу в  $i$ -му положенні;

$K$  – число можливих ймовірних положень стрілки  $i$ -го приладу.

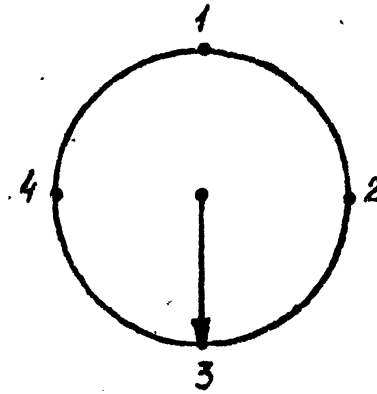


Рисунок 2.11 – Схема шкали приладу з 4-ма рівно-ймовірними значеннями вимірюваного параметра

Наприклад, на рисунку 2.12 показана схема шкали приладу з трьома рівно-ймовірними значеннями вимірюваного параметра.

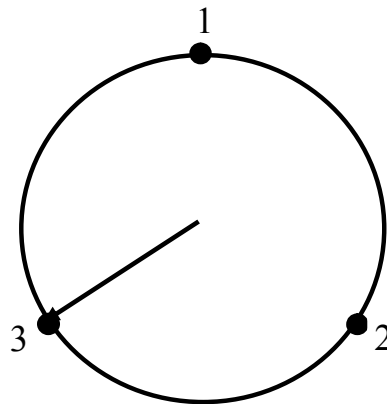


Рисунок 2.12 – Схема шкали приладу з 3-ма рівно-ймовірними значеннями вимірюваного параметра

З огляду на те, що  $K = 3$ ;  $P_1 = 0,7$ ;  $P_2 = 0,25$ ;  $P_3 = 0,05$ ;  $\sum_{j=1}^k P_j = 1$ ,

маємо:

$$I_{cp.i} = - \sum_{j=1}^k P_j \cdot \log_2 P_j = [0,7 \cdot \log_2 0,7 + 0,25 \cdot \log_2 0,25 + 0,05 \cdot \log_2 0,05] =$$

$$= -3,32 [0,7 \cdot \lg 0,7 + 0,25 \cdot \lg 0,25 + 0,05 \cdot \lg 0,05]$$

де 3,32 – коефіцієнт перерахування від двоїстого логарифма до десятичного.

Визначення міри огляду  $\varepsilon$  рекомендується виконувати в такій послідовності. За умовну одиницю міри огляду поля прийнята оптимальна зона інформаційного поля, розміри якої складають  $\pm 15^\circ$  у горизонтальній площині від сагітальної площини  $\pm 15^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду, у цьому випадку  $\varepsilon = 1$ . Кожне наступне збільшення інформаційного поля на  $\pm 15^\circ$  по горизонталі і вертикалі приводить до збільшення  $\varepsilon$  на одну умовну одиницю;  $\varepsilon$  вимірюється в цілих числах натурального ряду.

Лінійні розміри інформаційного поля одержують після проведення компоновання засобів відображення інформації.

Лінійні розміри інформаційного поля можна перерахувати в кутові, знаючи відстань від очей оператора до інформаційного поля:

$$\operatorname{tg} \frac{Z}{2} = \frac{S}{2l}, \quad (2.8)$$

де  $Z$  – кутовий розмір інформаційної панелі по горизонталі чи вертикалі;

$S$  – лінійний розмір інформаційної панелі (по вертикалі або горизонталі);

$l$  – відстань від очей оператора до інформаційної панелі.

Потім визначають  $\varepsilon$ . Значення  $\varepsilon$  можна також знайти графічно шляхом побудови зон огляду інформаційного поля з кроком  $B = 15^\circ$  (рис. 2.13).

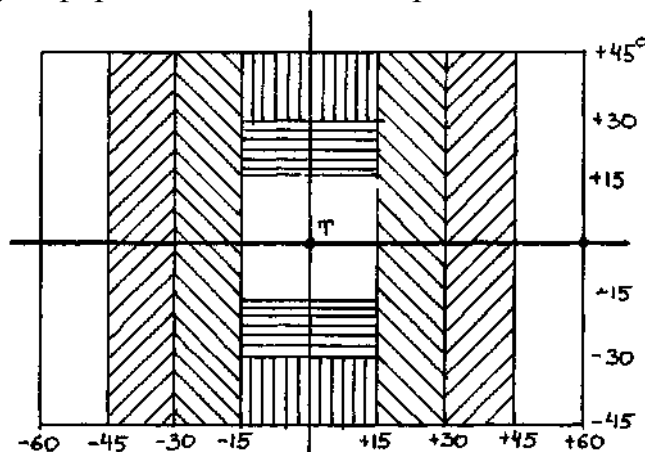


Рисунок 2.13 – Схема визначення  $\varepsilon$  графічним шляхом



Якщо зони огляду інформаційної панелі складають  $Z_v \pm 43^\circ$ ,  $Z_z \pm 58^\circ$ , то  $\varepsilon = 1 + 2 + 3 = 6$ .

Значення  $\varepsilon$  можна визначити також графічним шляхом, виходячи з отриманої компоновки засобів відображення інформації на інформаційному полі (рис. 2.13).

Коефіцієнт числа позицій:

$$q = n' + \varepsilon' + r, \quad (2.9)$$

де  $n'$  – число стрілочних приладів на інформаційному полі;

$\varepsilon'$  – число збільшень вище повного огляду по горизонталі і вертикалі в умовних одиницях. Якщо кутові розміри інформаційного поля не перевищують значень  $\pm 90^\circ$  по горизонталі і  $\pm 70^\circ$  по вертикалі, то  $\varepsilon' = 0$ . Перевищення цих значень веде до збільшення  $\varepsilon'$ , що розраховується аналогічно  $\varepsilon'$ ;

$r$  – число рубежів розташування приладів, чи переакомодацій ока (при збільшенні відстані від очей оператора до об'єкта спостереження більше ніж на 15 см); приймаємо  $r = 1$ .

Міра вибору:

$$h = Q \frac{\log \prod_{f=1}^m (n' - l_f)}{t'}, \quad (2.10)$$

де  $Q$  – число циклів перегляду приладів за час, зазначений у завданні;

$n'$  – число стрілочних приладів;

$l_f$  – число заборонених приладів при  $f$ -м «кроці» перегляду;

$m$  – число «кроків», що містяться в одному циклі перегляду приладів;

$t'$  – час одного циклу перегляду приладів (зазначено в завданні).

До забороненого відносяться ті прилади, що уже переглянуті і конструктивно (по формі шкали) відрізняються від приладу, на який в даний момент спрямований погляд оператора.

Для визначення міри вибору на інформаційному полі відзначається маршрут перегляду всіх приладів. На рисунку 2.15 показане розташування засобів відображення інформації відповідно до послідовності зчитування інформації.

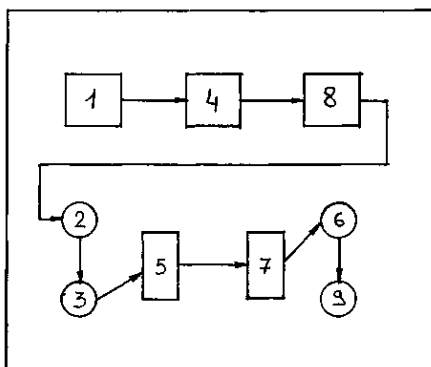


Рисунок 2.15 – Схема розташування засобів відображення інформації на панелі пульта

Наприклад,  $Q = 4$ ,  $t' = 90\text{с}$ ,  $n' = 9$ , тоді

$$h = \frac{\log_2 \prod_{f=1}^m (n' - l_f)}{t'} = 4 \frac{[(9-6)(9-7)(9-8)(9-8)(9-8)]}{90} = 0,363\text{бim./с.} \quad (2.11)$$

Після визначення складових міри складності інформаційного поля знаходять значення  $Z_{зві}$  і порівнюють його з пропускнуою здатністю оператора. При невідповідності  $Z_{зві}$  пропускнуої здатності розробляють рекомендації, спрямовані на зниження  $Z_{зві}$ .

### Контрольні запитання

1. Поняття про робоче місце оператора.
2. Визначення антропометричної оцінки робочого місця оператора.
3. Метод антропометричної оцінки, застосований у даній роботі.
4. Антропометричні характеристики, використовувані при побудові площинних манекенів для робочої пози сидючи,
5. Поняття про фізіологічно раціональну робочу позу.
6. Розміри пульта керування, одержувані за допомогою максимального і мінімального манекенів.
7. Поняття про пульт керування.
8. Поняття про інформаційне поле робочого місця оператора.
9. Зони огляду інформаційного поля робочого місця оператора.
10. Поняття про моторне поле робочого місця.
11. Зони досяжності моторного поля робочого місця оператора.
12. Правила компоновання засобів відображення інформації на робочому місці оператора.
13. Правила компоновання органів керування на робочому місці оператора.
14. Формула розрахунку міри складності інформаційного поля  $Z_{зві}$ .
15. Визначення повної кількості інформації  $Jn$ .
16. Коефіцієнт огляду  $\varepsilon$ .
17. Визначення коефіцієнта числа позицій  $q$ .
18. Формула для розрахунку міри вибору  $h$ .

## **Лабораторна робота №5**

### **ЕРГОНОМІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА**

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою дослідження працездатності людини-оператора з наступним аналізом і оцінкою отриманих даних.

#### **5.1 Загальні відомості**

Слід знати, що практична оцінка ступеня працездатності припускає проведення двох етапів ергономічних досліджень. Перший етап – професійно графічний аналіз навантаження, пропонованого організму. Цей етап дозволяє дати роздільну оцінку компоненту важкості й напруженості праці. При цьому розглядаються характер діяльності й умови праці, однак враховуються лише фактори, що безпосередньо підвищують його «фізіологічну вартість» поза залежністю від тривалості впливу на організм, тому що в цьому випадку вони викликають патологічні зміни. Другий етап – фізіологічне дослідження реакцій організму на пропоноване навантаження. Треба виходити з того, що працездатність являє собою властивість людини-оператора, обумовлену станом фізіологічних і психологічних функцій, що характеризує її здатність виконувати певну діяльність з необхідною кількістю і протягом необхідного інтервалу часу (ГОСТ 21033–75).

Для характеристики функціонального стану оператора, що визначає його працездатність, а отже, і продуктивність праці, використовують наступні показники: фізіологічні (оцінка центральної нервової, серцево-судинної, дихальної, м'язової систем, системи аналізаторів та ін.), психологічні (дослідження сприйняття, пам'яті, мислення й ін.), поведінкові (поза, міміка, характер спілкування з іншими людьми) тощо.

Оскільки зміна працездатності формується в часі й процесі праці і є результатом розвитку виробничого стомлення, тобто зниженням працездатності, викликаного попередньою роботою, то ступінь її зміни характеризується не константними змінами (постійними в часі), а певним типом їх динаміки протягом робочого дня. Тому в діагностичних цілях головне значення має інформація про основні тенденції в характері зміни показників, що реєструються, а не їх абсолютне значення.

Вибір характеристик предметів контролю визначається його цілями, умовами і специфікою роботи оператора. Але будь-якому випадку до комплексу аналізованих показників ставлять вимоги інформативності, простоти реалізації, можливості оцінки динаміки показників протягом робочого дня.

## 5.2 Методика дослідження м'язової сили

Прилад для визначення сили кисті – плоско-пружинний медичний динамометр.

При оцінці працездатності й ступеня розвитку м'язового стомлення певне значення мають дані дослідження м'язової сили працюючих, що дозволяє рекомендувати їх як критерії фізичної важкості праці.

Співвідношення маси тіла і м'язової сили:

$$\frac{\text{сила кисті, Н}}{10 \cdot \text{маса тіла, кг}} \cdot 100\%.$$

Динамометрія найсильнішої руки в середньому складає 65-80 % маси тіла в чоловіків і 48–50 % у жінок.

Порядок виконання роботи наступний. Випробуваний, взявши в руки динамометр, укладає його найбільш зручним для себе чином і поступово, без ривка, стискає обойму. При вимірі необхідно стежити, щоб рука не притискувалася до тіла, а знаходилася у витягнутому положенні. Скидання показань здійснюється поворотом регулятора на задній стінці динамометра. Дослідження повторюють два рази в першу і другу половину заняття і записують найбільший результат у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Протокол дослідження м'язової сили

Дата П.І.Б. випробуваного факультет, курс, група прилади, що застосовуються		
Час вимірювання, с	Динамометрія, Н	
	права рука	ліва рука
На початку заняття		
Наприкінці заняття		

## 5.3 Методика дослідження витривалості до статичного зусилля

Прилади: реконструйований плоско-пружинний медичний динамометр, секундомір.

*Витривалість* – час, протягом якого можна робити відповідне напруження, не зменшуючи його. Особливість статичної витривалості як показника працездатності і стомлення полягає в тому, що вона зовсім не залежить від сили.

Строго відповідній силі кожного випробуваного навантаження (50 % від максимального зусилля) ставиться весь контингент обстежених на рівні умови, нівелюючи індивідуальні розходження в силі, при цьому витривалість вивчають у чистому вигляді.

Цей метод дозволяє виявити вплив факторів зовнішнього середовища на комплекс психофізіологічних функцій, що включають як рівень працездатності нервово-м'язового апарата, так і вольові якості випробуваного.

Зв'язок механізмів витривалості з вищими відділами нервової системи виправдовує застосування цього тесту для оцінки змін працездатності як при фізичній, так і при розумовій праці.

При праці з перевагою м'язового навантаження ступінь стомлення оцінюють як малий, якщо величина зниження витривалості складає до 20 % вихідної; середній – якщо вона становить до 30 %; великий – до 40 % і як дуже велику – понад 40 %. При праці з перевагою нервового навантаження відповідні градації складають до 15; 22,5; 30 і понад 30 %.

Порядок виконання роботи наступний. Після визначення максимальної сили випробуваному пропонують утримувати стрілку динамометра на зусиллі, що складає 50 % від максимального.

При зупинці стрілки динамометра на належній величині секундоміром фіксують час. Вторинну оцінку часу роблять при коливанні стрілки приладу. Експеримент повторюють двічі: на початку і в кінці заняття, результати записують у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Протокол дослідження витривалості до статичного зусилля

Дата П.І.Б. випробуваного факультет, курс, група прилади, що застосовуються		
Час вимірювання, с	М'язова витривалість, с	
	права рука	ліва рука
На початку заняття		
Наприкінці заняття		

#### 5.4 Методика дослідження зовнішнього подиху

Прилад для дослідження зовнішнього подиху – спірометр сухий портативний.

Дослідження функції зовнішнього подиху має велике значення, дозволяючи поряд з вивченням центральної нервової, серцево-судинної і м'язової систем оцінювати зміну функціонального стану людини в процесі праці. До показників, що характеризують зовнішній подих, відноситься життєва ємкість легень (ЖЄЛ), що є об'єктивним кількісним критерієм такого істотного параметра зовнішнього подиху, як вентиляція. Життєва ємкість легень являє собою об'єм максимального вдиху, зробленого після максимального видиху.

Порядок виконання роботи наступний. На початку дослідження шкалу сухого портативного спірометра поворотом виставляють на «0». Потім випробуваний, зробивши найбільш глибокий вдих, робить у спірометр глибокий видих, після чого зчитують показання за шкалою приладу. Дослідження проводять двічі – на початку і кінці заняття.

Показники ЖЄЛ залежать від віку, статі, маси тіла, зросту та інших даних випробуваного. Оцінюючи величину ЖЄЛ, необхідно її зіставляти з належною ємкістю легень (НЖЄЛ), розраховуючи при цьому показник процентного

відношення фактичних ЖЄЛ і НЖЄЛ. Із таблиці 5.3 знаходять число, що відповідає значенню маси випробуваного (фактор А), із таблиці 5.4 у місці перетину потрібних значень віку і росту – фактор Б. Сума чисел А і Б є належна величина основного обміну. Належну ємкість легень визначають шляхом множення величин основного обміну (знайденого за табл. 5.3 і 5.4) на коефіцієнт 2,6 для чоловіків і 2,2 для жінок. Життєву ємкість легень вважають нормальною, якщо вона відрізняється від належної не більше ніж на  $\pm 10\%$ .

Таблиця 5.3 – Основний обмін, розрахований за масою тіла (фактор А)

Маса тіла, кг	Обмін, ккал	Маса тіла, кг	Обмін, ккал	Маса тіла, кг	Обмін, ккал	Маса тіла, кг	Обмін, ккал
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ЧОЛОВІКИ</b>							
45	685	50	754	55	823	60	692
46	699	51	768	56	837	61	905
47	713	52	782	57	850	62	918
40	727	53	795	58	864	63	933
40	740	54	809	59	870	64	947
65	960	80	1167	95	1373	110	1579
66	974	81	1180	96	1387	111	1593
67	908	82	1194	97	1400	112	1607
68	1002	83	1208	98	1414	113	1620
69	1015	84	1222	99	1428	114	1634
70	1029	85	1245	100	1442	115	1648
71	1043	86	1249	101	1455	116	1662
72	1057	87	1293	102	1469	117	1675
73	1070	88	1277	103	1483	118	1688
74	1084	89	1290	104	1497	119	1703
75	1098	90	1304	105	1510	120	1717
76	1112	91	1318	106	1524	121	1730
77	1125	92	1332	107	1538	122	1744
78	1139	93	1345	108	1562	123	1758
79	1153	94	1359	109	1565	124	1772
<b>ЖІНКИ</b>							
45	1085	60	1229	75	1372	90	1516
46	1095	61	1238	76	1382	91	1525
47	1105	62	1248	77	1391	92	1535
48	1114	63	1258	78	1401	93	1544
49	1124	64	1267	79	1411	94	1554
50	1133	65	1277	80	1420	95	1564
51	1143	66	1286	81	1480	96	1.573
52	1152	67	1296	82	1439	97	1583
53	1162	68	1305	83	1449	98	1592
54	1172	69	1315	84	1458	99	1602
55	1181	70	1325	85	1468	100	1611
56	1191	71	1334	86	1478	101	1621
57	1200	72	1344	87	1487	102	1631
58	1210	73	1353	88	1497	103	1640
59	1219	74	1363	89	1506	104	1650
105	1659	110	1707	115	1755	120	1803
106	1669	111	1717	116	1764	121	1812
107	1678	112	1725	117	1774	122	1822
108	1688	113	1736	118	1784	123	1831
109	1698	114	1745	119	1793	124	1841

Таблиця 5.4 – Основний обмін, розрахований за віком і зростом (фактор Б)

Зріст, см	Обмін, ккал									
	Вік, років									
	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ЧОЛОВІКИ</b>										
151	663	638	614	600	587	573	560	547	533	520
153	683	656	624	611	597	584	570	557	543	530
155	703	670	634	621	607	594	580	567	553	540
157	721	686	644	631	617	604	590	577	563	550
159	735	700	654	641	627	614	600	587	573	560
161	751	716	664	651	634	624	610	597	583	570
163	765	730	674	661	647	634	620	607	593	580
165	781	746	684	671	657	644	630	617	603	590
167	795	760	694	681	667	654	640	627	613	600
169	808	773	704	691	677	664	650	637	623	610
171	818	783	714	701	687	674	660	647	633	620
173	828	793	724	711	697	684	670	657	643	630
175	838	803	734	721	707	694	680	667	653	640
177	848	813	744	731	717	704	690	677	663	650
179	858	823	754	741	727	714	700	687	673	660
181	868	833	764	751	737	724	710	697	683	670
183	878	843	774	761	747	734	720	707	693	680
185	888	853	784	771	757	744	730	717	703	690
187	898	863	794	781	767	754	740	727	713	700
189	908	873	804	791	777	764	750	737	723	710
191	918	883	814	801	787	774	760	747	733	720
193	928	893	824	811	797	784	770	758	743	730
<b>ЖІНКИ</b>										
151	198	189	181	171	162	153	144	134	125	115
153	204	195	185	175	166	156	148	138	129	119
155	210	201	189	179	170	160	151	141	132	122
157	218	209	193	183	174	165	155	145	136	128
159	226	217	196	187	177	167	158	148	140	130
161	233	224	200	191	181	171	162	152	144	134
163	240	231	203	195	185	175	161	156	147	137
165	248	239	207	199	189	180	170	160	151	141
167	251	243	211	203	192	183	173	164	155	145
169	259	250	215	206	196	186	177	167	159	149
171	265	257	219	210	199	190	181	171	162	152
173	270	261	222	213	203	194	185	175	166	156
175	276	267	225	217	207	197	188	179	169	160
177	282	273	229	221	211	201	192	182	173	164
179	288	279	233	224	214	204	195	186	177	167
181	295	286	237	227	218	208	199	190	181	171
183	302	292	240	231	222	212	203	193	184	174
185	310	299	244	235	226	216	207	197	188	179
187	312	302	248	238	229	219	210	201	192	182

Наведемо приклад розрахунку. Чоловік 19 років має зріст 179 см, масу 68 кг. Фактична життєва ємкість легень складає  $4500 \text{ см}^3$ . Знаходимо належний основний обмін (сума чисел А і Б):  $1002 + 823 = 1825$ ; НЖЄЛ дорівнює добутку основного обміну на коефіцієнт 2,6.  $1825 \times 2,6 = 4745 \text{ см}^3$ .  $\text{ЖЄЛ}/\text{НЖЄЛ} \times 100 = 94,8 \%$ , що знаходиться в межах фізіологічної норми.

Результати дослідження записують у таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Протокол дослідження зовнішнього подиху

Дата П.І.Б. випробуваного факультет, курс, група прилади, що застосовуються		
Час вимірювання, с	Життєва ємкість легень, см <sup>3</sup>	
	фактична	необхідна
На початку заняття		
Наприкінці заняття		

Прилад для визначення гостроти зору ПОЗ-1. Умови діяльності людини в системі «людина – машина» зв'язані з явною перевагою зорової інформації (до 90 % від загального обсягу). Створення оптимальної освітленості робочих місць є невід'ємною частиною заходів, спрямованих на поліпшення умов праці. Важливою характеристикою світлового клімату є гострота зору, що являє собою функцію інтенсивності освітлення.

Слід пам'ятати, що просторовий поріг зору, обумовлений мінімальним кутовим розміром предмета, який око ще здатне сприймати, називають гостротою зору. Просторове сприйняття предмета залежить не тільки від його величини, але і від відстані до спостерігача. Воно тим більше, чим більше предмет і менше відстань до нього.

### 5.5 Методика дослідження гостроти зору

Кут, утворений лініями, що йдуть від кінців розглянутого предмета до вузлової точки ока – центру кристалика, який характеризує величину зображення на сітківці, називають кутом зору. Нормальною гостротою зору вважають здатність ока розрізняти окремо дві крапки чи бачити дві деталі предмета під кутом зору в одну кутову хвилину.

Для визначення гостроти зору використовують спеціальні таблиці з буквеними та іншими знаками або різні прилади.

Випробуваний сідає на відстані 6 см від приладу ПОЗ-1, розташованого трохи вище рівня очей. Експериментатор, стоячи біля приладу, визначає гостроту зору по черзі для кожного ока двічі – на початку і в кінці заняття. Результати записують у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протокол дослідження гостроти зору

Дата П.І.Б. випробуваного факультет, курс, група прилади, що застосовуються		
Час виміру, с	Гострота зору, умовн. од.	
	праве око	ліве око
На початку заняття		
Наприкінці заняття		



## 5.6 Визначення показника стомлення

Показник ефективності впровадження ергономічних заходів - зниження рівня стомлення працюючих. Для визначення показника стомлення обчислюють загальний показник величини зрушень функціонального стану досліджуваної системи:

$$O_n = \frac{B - C}{A + B + C}, \quad (5.1)$$

де  $A$  – кількість вимірів, при яких не відзначено змін у порівнянні з даними, отриманими на початку заняття;

$B$  – кількість вимірів, при яких показники покращилися;

$C$  – кількість вимірів, при яких показники погіршилися.

Загальний показник змінюється в межах  $\pm 1$ . Знак «мінус» свідчить про погіршення функціонального стану за досліджуванним показником.

На підставі загального показника обчислюють інтегральний показник працездатності:

$$I_n = \frac{O}{4}, \quad (5.2)$$

При значенні  $I_n = -1$ , рівному 100 відносним одиницям, обчислюють показник стомлення:

$$P_y = \frac{I_{n1} + I_{n2}}{2} \cdot 100, \quad (5.3)$$

де  $I_{n1}$  – показник передостаннього виміру (на початку заняття);

$I_{n2}$  – показник останнього виміру (наприкінці заняття).

Обчислення  $P_y$  роблять наприкінці заняття після одержання результатів дослідження працездатності і запису їх на дошці.

Визначаючи показник стомлення до і після впровадження ергономічних заходів, судять про їх ефективність.

## 5.7 Обробка результатів досліджень

Кожне дослідження у вигляді експерименту проводить підгрупа з чотирьох-п'яти чоловік, один з студентів виконує функції експериментатора, а інші – випробуваних. У процесі лабораторної роботи кожний із студентів по черзі виконує функції випробуваного і експериментатора. Результати дослідження результатів записує експериментатор. У міру виконання роботи підгрупи студенти змінюються і переходять до тієї частини завдання, яку виконували інші бригади.

У результату експерименту треба визначити:

– значення м'язової сили, витривалості до статичного зусилля, життєвої ємкості легень, гостроти зору на початку і в кінці заняття;

– значимість розходжень (у відсотках до і вихідного рівня) ергономічних показників, що характеризують зміну працездатності; показники зміни працездатності вважаються в межах норми, якщо вони відхиляються не більше ніж на  $\pm 10\%$  від вихідного рівня;

– показник стомлення, що характеризує ефективність запропонованих ергономічних заходів, спрямованих на підвищення працездатності .

Записи отриманих результатів ведуть у лабораторному зошиті підгрупи. Розрахунки, що ґрунтуються на експериментальних даних, виконують у лабораторії в процесі роботи. Остаточні результати заносять у відповідні протоколи досліджень. Роботу вважають закінченою після перегляду і затвердження протоколів викладачем.

У коротких висновках повинна бути відбита об'єктивна оцінка отриманих результатів.

Оформлений звіт представляють перед початком наступної лабораторної роботи. Звіт захищає підгрупа студентів у процесі виконання чи напередодні наступної лабораторної роботи.

Під час захисту роботи перевіряють правильність оформлення протоколів і розрахунків і знання теоретичного матеріалу за темою роботи.

### **Контрольні питання**

1. Що таке працездатність і стомлення? Які ознаки стомлення?
2. Які методи дослідження працездатності, критерії ступеня її зміни/
3. Які шляхи підвищення працездатності?

## Лабораторна робота № 6

### КОНТРОЛЬ СТАНУ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ «ЛЮДИНА – МАШИНА»

**Мета роботи:** ознайомити студентів з методами інженерно-психологічної оцінки стану людини-оператора, особливо в умовах впливу несприятливих, у тому числі і емоціональних факторів; обґрунтувати значення методів контролю стану для збільшення надійності оператора в системі «людина – машина»; опанувати методами дослідження основних психофізіологічних показників (час рухомої і мовної реакцій, диференціація, якість мовних асоціацій та ін.) з обліком індивідуальних розходжень, а також зміни цих параметрів у процесі професійної діяльності.

#### 6.1 Загальні відомості

Найбільш істотним показником ефективності праці людини в системах керування є надійність, багато в чому обумовлена рівнем вхідних і вихідних характеристик оператора, тобто його станом.

Під станом оператора в цьому випадку розуміється можливість сприйняття і переробки ним інформації, прийняття рішення з реалізації рухових (керуючих) активів і прогнозу виконання в конкретних виробничих умовах. Інакше кажучи, з погляду інженерної психології під станом оператора, який виконує конкретне завдання, варто розуміти комплексну характеристику внутрішніх можливостей успішного її вирішення.

Контроль стану оператора складається з оцінки двох основних характеристик: показників виробничої діяльності і показників психофізіологічного стану організму.

Показники виробничої діяльності визначають залежність між станом оператора і кінцевим результатом його праці: чим гірше стан оператора, тобто його працездатність, тим нижче якість виробів і продуктивність праці.

Однак об'єктивно оцінити стан оператора за кінцевим результатом не завжди можливо, тому що в ході контролю дуже проблематичне виділення «істинних» його станів, пов'язаних з об'єктивними адаптаційними резервами організму, від «помилкових» (тимчасове підвищення працездатності, обумовлене матеріальними чи моральними стимулами, а також вольовим коректуванням поведження).

Найбільш інформативними й об'єктивними даними контролю стану оператора будуть показники, що характеризують динаміку зміни психофізіологічних функцій у процесі праці. Особливе значення в цьому зв'язку здобуває аналіз процесів зміни регуляції функціонального стану оператора, тобто дослідження центральної нервової системи, що координує всі відповідні реакції організму на вплив будь-яких агентів зовнішнього середовища.

Залежно від поставлених завдань контроль стану оператору може бути дослідницьким, констатуючим і прогнозуючим.

Дослідницький контроль застосовується у випадку варіабельності інженерно-психологічних моделей системи «людина – машина» для вибору найбільш перспективного варіанта.

Контроль, що констатує, являє собою дослідження готовності оператора до виконання конкретної роботи, адекватності його психофізіологічних характеристик поставленому завданню.

Прогнозуючий контроль полягає в проорокуванні того, чи можна очікувати в наступний проміжок часу неприпустимо різкого зниження працездатності оператора, що може привести до серйозних наслідків. Потреба в прогнозуванні стану оператора обумовлена необхідністю попередити можливі помилки в особливо відповідальних видах діяльності.

Таким чином, інженерно-психологічний контроль стану оператора має важливе практичне значення, тому що дозволяє вирішити питання підтримки ефективності системи «людина – машина» на необхідному рівні. Крім того, контроль стану забезпечує можливість науково обґрунтованого ефективного професійного добору фахівців до конкретної праці відповідно до індивідуальних психофізіологічних характеристик.

## **6.2 Методика досліджень вищої нервової діяльності і емоційної стійкості**

### *6.2.1 Прилади і обладнання*

Вимірник послідовних реакцій ИПР-01; мікрофон МД-47, ларингофони; головні телефони; магнітофони; сигналізатор пульсу; струбцина заземлення; секундомір.

### *6.2.2 Опис лабораторної установки*

Лабораторний стенд складається з приладу ИПР-01, сигналізатора пульсу і головних телефонів з подачею сигналів через них від магнітофона.

На лицьовій панелі ИПР-01 (рис. 6.1) розташовуються:

– гнізда «ВХОДЫ ДАТЧИКОВ РЕАКЦИЙ» (МЭК, НЕПОСРЕД.І, НЕПОСРЕД.ІІ, СЛОВО) для подачі вхідних сигналів від датчиків перетворювачів реакцій;

– регулювання «УСИЛЕНИЕ» – для регулювання рівня спрацьовування формулювання словесного сигналу;

– АТТЕНЮАТОР МЭК – для ослаблення вхідних сигналів міоелектричних потенціалів;

– перемикач «РЕАКЦИИ» – для вибору виду реакцій;

– перемикач МЕТКИ ВРЕМЕНИ  $m_s$  – для вибору частоти заповнення при вимірі тимчасових характеристик рефлексів;

– перемикач «РОД РОБОТЫ» – для забезпечення комутацій блоків і вузлів приладу при виконанні необхідних вимірів;

- гніздо «СИГНАЛ ЕКСПЕРИМЕНТАТОРА НЕПОСРЕД.» – для подачі безпосереднього сигналу експериментатора чи для контролю величини затримки;
- гніздо «ЗАПУСК И.Р.» – для подачі імпульсу запуску зовнішнього джерела подразника;
- тумблер Н–К – для запуску часовимірювальних пристроїв (ЧВП) приладу початком чи кінцем словесного сигналу експериментатора.

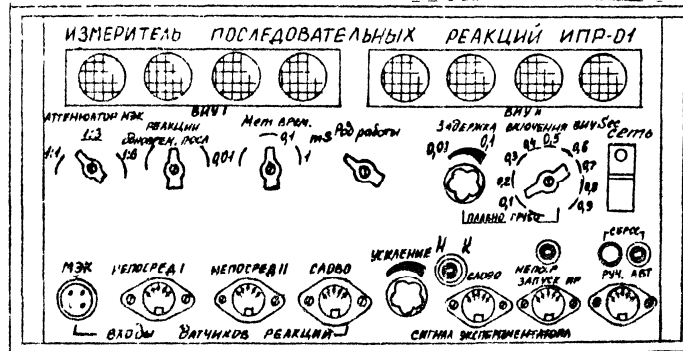


Рисунок 6.1 – Вид панелі приладу попереду

Призначення інших елементів, що знаходяться на передній панелі приладу, не вимагає пояснень.

На задній панелі приладу (рис. 6.2) розташовані:

- гнізда «КОНТРОЛЬ» (МЭК, СЛОВО), призначені для контролю вихідних імпульсів підсилювача напруги і формування словесного сигналу випробуваного;
- гніздо «ВХОД» – для контролю автоматики і рахункових пристроїв;
- гніздо «ВЫХОД I МН Z» – для контролю частоти внутрішнього кварцового генератора;
- гніздо «ВЫХОДЫ (СТРОБ-I, СТРОБ-II, РЕАКЦИЯ)» – контрольні гнізда;
- гніздо «ВКЛ. КИНОКАМЕРА» – для підключення живлення кінокамери при синхронному запуску;
- гніздо «ВНЕШ. СБРОС» – для здійснення скидання від зовнішнього джерела;
- рознімання ЦПУ – для підключення цифродрукувального пристрою;
- гніздо «ВКЛ.РАЗДР.» – для підключення подразника.

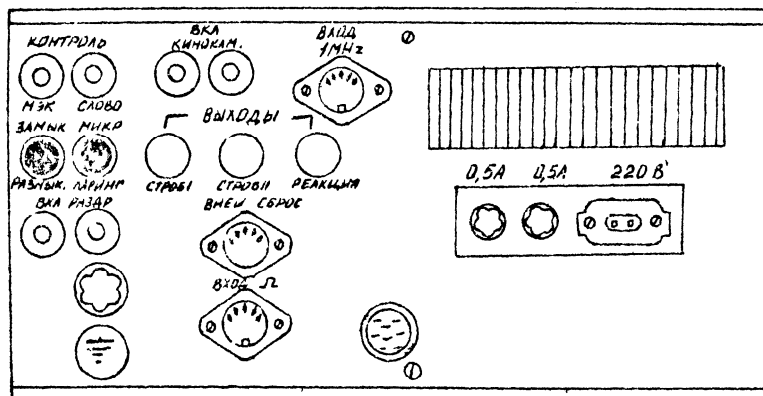


Рисунок 6.2 – Вид панелі приладу позаду

Призначення інших елементів, що знаходяться на задній панелі приладу, не вимагає пояснень.

### *6.2.3 Порядок включення приладу*

Приєднати кабель живлення приладу до мережі напругою 220 В, частотою 50 Гц. З'єднати клему  $\Upsilon$  на задній панелі приладу із заземленням за допомогою струбцини заземлення.

Включити вимикач «МЕРЕЖА». При цьому повинні загорітися вісім індикаторних ламп часовимірювальних пристроїв ВІУ-І, ВІУ-ІІ.

Прогріти прилад протягом 5 хв.

### *6.2.4 Перевірка працездатності приладу*

Після прогріву приладу виконують перевірку правильності роботи основних його вузлів у наступному порядку:

- установити перемикач «РОД РОБОТЫ» в положення «КОНТРОЛЬ»;
- установити тумблер «СБРОС РУЧН-АВТОМ.» в положення «АВТОМ»;
- установити ручку 0,01–0,1 плавного регулювання «ЗАДЕРЖКА ВКЛЮЧЕНИЯ ВІУ  $S_{ec}$ » у крайнє ліве положення, тумблер «ПЛАВНО-ГРУБО» – у положення «ГРУБО»;
- за допомогою перемикача 0-0,9 установити затримку 0,1с.

Закоротити гніздо «НЕПОСРЕД. СИГНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАТОРА».

Показання цифрових індикаторів ВІУ-І і ВІУ-ІІ повинні дорівнювати величині встановленої затримки з похибкою  $\pm 10\%$ .

Зробити аналогічні виміри при величині затримки 0,3; 0,6; 0,9 с.

При кожному вимірі затримки перемикач «МЕТКИ ВРЕМЕНИ» установлювати по чергово в положення 0,01; 0,1; 1.

Вимірювана величина затримки при цьому не повинна змінюватися.

### *6.2.5 Взаємодія людини з технічними приладами*

Взаємодія з технічними приладами обумовлена координуючою роллю центральної нервової системи людини, особливо кори головного мозку, а основним універсальним актом реакції оператора на зовнішній вплив – сигнал є рефлекс. Дослідження вищої нервової діяльності проводять за методикою «асоціативного експерименту» А.Г.Іванова-Смоленського, котрий полягає в тому, що експериментатор вимовляє через короткі проміжки часу (5...15 с) різні слова, на кожне з яких випробуваний, згідно з попередньою інструкцією, відповідає першим, що з'являється у нього у відповідь на даний сигнал (мовний подразник) словом. Застосовувані в експерименті 25 слів-подразників є умовними сигналами, а слова-відповіді – умовними мовними рефлексами, закріпленими у свідомості людини шляхом багаторазового повторення. З огляду на те, що в інженерній психології велику роль відіграє взаємодія першої і другий сигнальних систем, причому ця взаємодія відбувається у процесі

професійної діяльності, методика «асоціативного експерименту» застосована в ускладненому вигляді. На кожні 25 слів (іменників у називному відмінку одиничного числа), запропонованих випробуваному, він повинен відповідати першим, що прийшло йому на розум словом. Одночасно з мовною реакцією він натискає на виносну кнопку приладу ИПР-01 правою рукою, якщо слово-подразник має для нього приємний зміст, чи лівою рукою – при неприємно емоційно пофарбованому для нього слові. Слова-подразники підібрані таким чином, що 10-12 з них можуть бути оцінені як «неприємні» («догана», «хвостовка» тощо), а інші – як «приємні» («канікули», «стипендія» тощо). Ті й інші впливають один за одним без визначеного порядку. Щоб уникнути звикання до слів-подразників, студенти користуються розробленими вісьмома картами, що містять 200 слів, так що кожен випробуваний зустрічає ту саму карту тільки один раз.

#### *6.2.6 Стійкість до емоційних факторів*

Одним з найбільш важливих професійних якостей оператора є здатність протистояти впливу емоційних факторів. До них відносяться насамперед так звані екстремальні фактори (змушений і швидкий темп роботи, відмова техніки, аварійні ситуації, різка негативна оцінка діяльності тощо), тобто такі, фізичні чи інформаційні характеристики яких призводять до крайнього напруження психофізіологічного механізму забезпечення емоцій з повним виснаженням адаптаційних резервів організму. Між ступенем впливу і виразністю емоційних зрушень існує пряма залежність: чим агресивніше вплив, тим істотніше зміни. Їхній характер виявляється видом реакції, розвинутої в результаті впливу. Якщо формується адекватна реакція – подолання негативного впливу чи підтримка необхідного рівня діяльності в умовах продовження несприятливого впливу, то при цьому спостерігається той чи інший ступінь емоційного напруження, що характеризує рівень мобілізації функцій організму для успішного виконання завдання і зв'язаний з вольовими актами.

Розвиток реакції тривоги формує внутрішню установку на відхід від екстремального фактора, мобілізації функцій для виконання мети і веде до виникнення різних ступенів емоційної напруженості аж до різко виражених негативних емоцій (розгубленість, страх). Крім того, стан емоційної напруженості може виникнути внаслідок впливу факторів дуже високої значущості, хоча самі по собі ці фактори не є екстремальними (іспити, відповідальний виступ, захист дипломного проекту і т.п.). Їх емоційність визначається в цьому випадку комплексом внутрішніх стосовно людини факторів (тип нервової системи, темперамент, рівень тривожності тощо)

Момент переходу емоційної напруги в емоційну напруженість і визначає емоційну стійкість.

### 6.2.7 Дослідження емоційної стійкості

Для цієї мети в експерименті негативні емоційні фактори виступають наступні:

- жорсткий ліміт часу;
- вплив однотипних перешкод (магнітофонний запис різних мовних узагальнень);
- різкі звуки сирени чи наростаючий за інтенсивністю безупинний звуковий фон у випадку подовження латентних періодів мовної чи рухової реакцій.

Для визначення емоційної стійкості оператора стосовно різних емоційних факторів використовується двоканальна біорадіотелеметрична система «Сигналізатор пульсу».

При проведенні асоціативного експерименту органи керування і регулювання розташовуються:

- на лицьовій стороні панелі приладу:
- атенюатор «МЭК» – у положенні 1:6;
- перемикач «РЕАКЦИИ» – у положенні «одночасно»;
- перемикач «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – т» у положенні – I;
- перемикач «РОД РАБОТЫ» – у положенні «латентный период интервал I»;
- тумблер Н-К (начало-конец) – у положенні «начало»;
- ручка затримки включення «ВИУ Sec» у положенні 0,4;
- тумблер «ГРУБО» – у положенні «ГРУБО»;
- вхід «ДАТЧИКОВ РЕАКЦИИ» – шнур ларингофона «СЛОВО»;
- вхід «СИГНАЛ ЕКСПЕРИМЕНТАТОРА» – шнур мікрофона СЛОВО»;
- тумблер «СБРОСА» – у положенні «РУЧН.»;
- на задній панелі приладу:
- тумблер «ЗАМНК.-РАЗМЫК.» – у положенні «РАЗМЫК.»;
- тумблер «МИКР.-ЛАРИНГ.» – у положенні «ЛАРИНГ.».

УВАГА! Забороняється включення джерел живлення до перевірки схеми викладачем (лаборантом).

### 6.2.8 Порядок виконання роботи

Завдання виконує бригада студентів (3 – 4 чол.) у вигляді експерименту, в якому один зі студентів виконує функції експериментатора, другий – випробуваного, а третій веде записи. У процесі лабораторної роботи кожний зі студентів по черзі виконує функції випробуваного, експериментатора і реєстратора.

Інструкція випробуваному: „Я вам буду називати слова, а Ви відповідайте на них першим, що прийшло на розум словом. Якщо слово викликає у вас приємні емоції, натискайте на кнопку правою рукою, неприємні – лівою».

Лабораторна установка перевірена викладачем (лаборантом) і включена в мережу. Випробуваний надягає ларингофон і готується до відповіді. Експериментатор через неоднакові проміжки часу (5 – 15 с) голосно і чітко називає в мікрофон слова з протоколу експерименту (табл. 6.1). Студент-реєстратор знімає



показання латентних періодів рухової і мовної реакцій (ВИУ-1 і ВИУ-II лицьової панелі приладу ИПР-01), записує відповіді випробуваний, а також правильні й помилкові натискання кнопки рукою і заносить ці дані в чернетку звіту.

Четвертий член бригади на слух від приймача сигналізатора пульсу робить підрахунок пульсу (запис числа серцевих скорочень виконують за секундоміром кожні 10 с). Результати також заносяться в чернетку звіту.

Після 10 слів випробуваний надягає головні телефони, через які експериментатор (від магнітофона) подає звукові подразники. Програма звукового фону (одиночне чи безупинне звучання, однотипні словесні перешкоди) задається викладачем. Після цього дослід повторюється в тій же послідовності.

Перед початком експерименту треба провести тренувальні проби.

### 6.3 Обробка результатів

У результаті експерименту передбачається:

– знайти середнє значення латентних періодів рухової і мовної реакцій, кількість помилок у натисканні кнопки рукою (порушення диференційного гальмування);

– оцінити якість відповідей за класифікацією А.Г. Іванова-Смоленського і підрахувати число серцевих скорочень (пульс) за одну хвилину при роботі в звичайних умовах (перші 10 слів);

– установити ці ж дані при виконанні завдання в умовах впливу емоціогених факторів (наступних 15 слів);

– визначити значимість розходжень при дослідженні психофізіологічних показників, що характеризують стан оператора до і після впливу емоціогених факторів.

Важливим елементом, що підлягає контролю оператора є визначення припустимих відхилень психофізіологічних показників, які спостерігаються, від номінальних значень. З цією метою можна використовувати наступні способи.

Показники стану оператора в процесі роботи вважаються в межах норми, якщо відхилення складають не більше  $\pm 10\%$  від їх вихідного рівня.

У результаті статистичного аналізу психофізіологічних показників знаходять математичне очікування  $M_i$  і середньоквадратичне відхилення  $\sigma_i$  цих показників. Припустимими в процесі роботи вважаються ті з них, значення яких лежать з інтервалі  $M_i \pm 2 \sigma_i$ .

Показники стану оператора вважаються нормальними, якщо їх зміна в процесі роботи є незначною (у статистичному розумінні) у порівнянні з вихідним рівнем.

Оцінку якості мовних рефлексів (відповідних слів) виконують за класифікацією А.Г. Іванова - Смоленського. При цьому слід розрізняти нижчі й вищі мовні реакції.

Таблиця 6.1 – Протокол експерименту

Дата						
Місце і час експерименту						
П.І.Б. випробуваного						
Факультет, курс, група						
прилади, що застосовуються						
Слово- подразник	Рухома реакція		Речова реакція		Частота серцевих скорочень	
	Латентний період	Рука	Латентний період	Відповідне слово	За 10 с	За 1 хв.
Гумор						
Костюм						
Війна						
Книги						
Травма						
Стипендія						
Спорт						
Догана						
Біль						
Канікули						
Талант						
Злочин						
Ворог						
Ганьба						
Космос						
Життя						
Образа						
Факультет						
Сон						
Брутальність						
Боротьба						
Хвостовка						
Підлість						
Завод						
Новина						

Підпис експериментатора

Нижчі або примітивні, мовні реакції (характерні для нижчих ступенів у розвитку людської мови) підрозділяються на такі групи:

- власне примітивні чи вигуківі мовні рефлекси:
- наслідувальні (співзвучні) мовні рефлекси – збіг перших чи останніх складів;
- луналялістичні мовні рефлекси – буквально відтворюють сигнальні слова;
- екстрасигнальні, що не відносяться до даного подразника, що представляють реакції на яке-небудь роздратування поза сигналом;
- питальні мовні рефлекси: замість відповіді на сигнал задається питання, наприклад, «хто?», «чому?», «навіщо?» і т.д.;
- персеверируючі мовні рефлекси, коли та сама відповідь повторюється на кілька сигналів підряд;

– відмовні мовні рефлексії, що представляють, власне кажучи, відсутність відповіді: «не знаю», «нічого сказати» і т.д.

Вищі мовні реакції відповідно до функціонально-генетичного принципу поділяються на три групи:

- індивідуально-конкретні умовно-мовні зв'язки, наприклад «місто–Харків»;
- загально-конкретні умовно-мовні зв'язки: «місто» – «село»;
- абстрактно-мовні умовно-словесні зв'язки: «місто» – «культура».

Середня величина латентного періоду мовної реакції знаходиться в межах 1,2–1,8 с (з індивідуальними коливаннями від 0,8 до 2,3 с) і залежить від різних факторів, у тому числі від типу вищої нервової діяльності.

Запис отриманих результатів ведуть у лабораторному зошиті бригади. Розрахунки, засновані на експериментальних даних, виконують у лабораторії в процесі роботи і заносять у звіт.

Робота вважається закінченою після перегляду і затвердження чернетки звіту викладачем.

У коротких висновках повинні бути відбиті:

- об'єктивна оцінка отриманих результатів;
- критичне зіставлення даних експерименту і теоретичних положень, пояснення розбіжностей між ними (у випадку, якщо вони існують).

Оформлений звіт подають викладачу перед початком наступної лабораторної роботи. Захист звіту проводить бригада студентів у процесі виконання чергової роботи в лабораторії чи напередодні неї.

Під час захисту роботи перевіряють правильність оформлення протоколу і розрахунків, знання теоретичного матеріалу за темою роботи.

### **Контрольні запитання**

1. Значення проведення контролю стану оператора в системі «людина-машина».
2. Критерії контролю стану оператора.
3. Види контролю стану оператора.
4. Методика дослідження вищої нервової діяльності.
5. Вплив емоційного напруження на професійну діяльність.
6. Шляхи зниження емоційної напруженості.

**Лабораторна робота № 7**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА**

**Мета роботи:** ознайомити студентів з методами визначення енергетичних характеристик зорового аналізатора шляхом аналізу систем оперативного контролю і керування, функцій і умов діяльності операторів, характеристик керованого об'єкта (правил технічної експлуатації, технологічної схеми, швидкості протікання технологічних процесів), урахування психофізіологічних можливостей (у тому числі аналізаторів) операторів щодо прийому, переробки та збереження інформації тощо.

**7.1 Загальні відомості**

Одним з найважливіших показників діяльності людини-оператора є час вирішення виникаючих завдань, пов'язаних з ліквідацією порушення технологічного режиму відхиленням параметрів роботи об'єкта від заданих значень. «Вирішення» розуміється узагальнено, у нього вмикається процес сприйняття інформації, її оцінка, власне розумові процеси вирішення, планування його реалізації і контроль результатів на основі подальшого сприйняття інформації.

Якість зорового сприйняття визначається енергетичними, просторовими, часовими й інформаційними характеристиками сигналів, що надходять до оператора (рис. 7.1). Сукупність цих характеристик і їхні чисельні значення обумовлюють видимість об'єкта для ока.

Енергетичні характеристики зорового аналізатора визначаються інтенсивністю світлових сигналів, сприйманих оком. До них відносяться: діапазон яскравості, контраст, світлочутливість.

Світловий потік, прямий чи відбитий, потрапляючи в око спостерігача, викликає зорове відчуття, що буде тим інтенсивніше, чим більше його щільність. Інакше кажучи, світловий сигнал чи освітлений предмет буде видний тим краще, чим більшу силу випромінює кожний елемент поверхні в напрямку ока.

*Яскравість* називається величина світлового потоку, відбитого освітлювальною чи поверхнею, що світиться в напрямку ока:

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha}, \quad (7.1)$$

де  $I$  – сила світла, тобто світловий потік, випромінюваний на одиницю тілесного кута;

$S$  – площа світної поверхні;

$\alpha$  – кут, під яким розглядається поверхня.



Рисунок 7.1 – Характеристики зорового аналізатора

Одиниця яскравості – кандела (кд). Яскравість є однією з основних характеристик світла, тому що її величиною визначається кількісна характеристика нервової іспульсації, що виникає в сітківці ока. Яскравість об'єкта розрізнення визначається яскравістю випромінювання і яскравістю відображення:

$$B = B_{\text{вин}} + B_{\text{від}}. \quad (7.2)$$

Яскравість випромінювання характеризується потужністю джерела світла і його світловіддачею.

Яскравість відображення визначається рівнем освітленості даної поверхні і її відбиваючими властивостями:

$$B_{\text{від}} = \frac{E\rho}{\pi}, \quad (7.3)$$

де  $E$  – освітленість поверхні, лк;

$\rho$  – коефіцієнт відбиття поверхні (табл. 7.1).

*Коефіцієнт відбиття* – відношення світлового потоку, відбиваного від поверхні, до світлового потоку, що падає на неї. Виражається у відсотках або частках одиниці і багато в чому залежить від кольору поверхні.

Можливість влучення в поле зору оператора предметів з різною яскравістю обумовлює поняття яскравості, що адаптує, (яскравість, до якої зоровий аналізатор у даний момент часу адаптований –  $B_{\text{ад}}$ ). Для зображення з прямим контрастом яскравість, що адаптує, дорівнює яскравості фону, а для зображення зі зворотним контрастом – яскравості об'єкта.

Таблиця 7.1 – Коефіцієнт відображення основних кольорів

Колір	Відтінок		
	Середній	Світлий	Темний
Червоний	0,20	0,35	0,10
Жовтогарячий	–	0,38	–
Жовтий	0,52	0,52	0,30
Зелений	0,42	0,58	0,12
Блакитний	0,40	0,55	0,25
Синій	0,20	0,50	0,05
Фіолетовий	–	–	0,09
Бежевий	0,45	0,65	0,25
Коричневий	0,25	0,50	0,08
Бузковий	0,30	0,50	0,15
Сірий	0,35	0,60	0,20
Білий	0,65	0,85	–
Чорний	–	–	0,04

Поріг світлової чутливості характеризується мінімальною інтенсивністю світлового впливу, що викликає відчуття світла. Як міру інтенсивності приймається яскравість сприйманого об'єкта в канделах на квадратний метр ( $\text{кд/м}^2$ ).

Абсолютний поріг світлової чутливості зорового аналізатора, що характеризує найбільш високу чутливість, складає  $3 \cdot 10^{-8}$   $\text{кд/м}^2$ . Найбільш низька світлова чутливість відповідає гранично припустимій яскравості джерел, що викликає ефект осліплення, тобто порушує функціонування зорового аналізатора. Абсолютно сліпуча яскравість –  $225\,000$   $\text{кд/м}^2$ .

Ефект осліплення може наставати і при менших яскравостях ( $B_{oc}$ ), якщо яскравість об'єкта значно перевищує  $B_{ad}$ , до якої адаптоване око.

Наближена розрахункова формула сліпучої яскравості

$$B_{oc} = B \sqrt[3]{B_{ad} \cdot 10^3} . \quad (7.4)$$

Повний діапазон світлової чутливості складає  $3 \cdot 10^{-8} - 2,25 \cdot 10^5$   $\text{кд/м}^2$ . Найкращі умови для роботи будуть при рівнях яскравості, що лежить в межах від декількох десятків до декількох сотень кандел.

Важливим фактором сприйняття багатобарвних засобів відображення інформації є співвідношення яскравостей. Яскравий контраст між об'єктом розрізнення і фоном може бути прямим:

$$K_{np} = \frac{B_{\phi} - B_o}{B_{\phi}} , \quad (7.5)$$

де  $B_{\phi}$  і  $B_o$  – відповідно яскравості фону й об'єкта тобто темні знаки на світлому фоні, чи зворотним(світлі знаки на темному фоні):

$$K_{ob} = \frac{B_o - B_{\phi}}{B_o} \quad (7.6)$$

Тип контрасту істотно позначається не на характері залежності гостроти зору від рівня освітленості засобів відображення інформації.

У випадку прямого контрасту збільшення загальної освітленості приводять до зростання гостроти зору (причому при освітленості вище 50 лк цей ефект виявляється слабо). При зворотному контрасті також спостерігається зростання гостроти зору зі збільшенням освітленості, але тільки до 5-8 лк; при подальшому підвищенні освітленості гострота зору різко падає, що пояснюється явищем іррадіації. Оптимальна величина контрасту вважається рівною  $0,6 \pm 0,95$ .

Умови сприйняття знаків на засобах відображення інформації з прямим контрастом при нормальному висвітленні трохи кращі, ніж при зворотному. Однак забезпечення необхідної величини контрасту є необхідною, але ще недостатньою умовою нормальної видимості предметів. Слід знати, як цей контраст сприймається в даних умовах. Для його оцінки вводиться поняття граничного контрасту:

$$K_{nor} = \frac{dB_{nor}}{B_{\phi}}, \quad (7.7)$$

де  $dB_{nor}$  – гранична різниця яскравості, тобто мінімальна різниця яскравості предмета і фону, що виявляється вперше оком;

$B_{\phi}$  – яскравість фону.

Величина  $K_{nor}$  визначається диференціальним порогом розрізнення.

*Диференціальний поріг розрізнення* – мінімальне збільшення інтенсивності сигналу, що забезпечує зміну відчуття.

*Оперативний поріг розрізнення* – мінімальне збільшення інтенсивності сигналу, що забезпечує максимальну імовірність його розрізнення. Звичайно оперативний поріг розрізнення в 10–15 разів більше диференціального.

Для одержання оперативного порога необхідно, щоб фактична величина різниці яскравості предмета і фону була в 10–15 разів більше граничної. Це значить, що для нормальної видимості величина контрасту, розрахована за формулами (7.5) і (7.6), повинна бути більше  $K_{nor}$  у 10–15 разів.

Великий вплив на умови видимості предметів робить величина зовнішньої освітленості. Однак цей вплив буде різним при роботі оператора із зображеннями, що мають прямий і зворотний контраст. Збільшення освітленості при прямому контрасті приводить до збільшення умов видимості (значення  $K_{nor}$  збільшується), при зворотному – до погіршення видимості (величина  $K_{об}$  зменшується). Ці явища підтверджуються аналізом формул (7.5) і

(7.6). При збільшенні освітленості  $K_{np}$  зростає, тому що яскравість фону зростає більше ніж яскравість об'єкта (коефіцієнт відображення фону більше відображення об'єкта). Величина  $K_{об}$  при цьому зменшується, оскільки яскравість об'єкта практично не міняється (предмет світиться), а яскравість фону збільшується.

При низькій освітленості значення граничного контрасту перевершує в десятки разів аналогічні величини для високої освітленості. Величина контрасту для засобів відображення інформації, що забезпечує досить надійну розрізнення деталей, дорівнює 15–25-кратної граничної (для обраного рівня) освітленості.

Збільшення контрасту між деталями засобів відображення інформації і фоном поліпшує умови зорового сприйняття ефективніше, ніж збільшення освітленості. Наприклад, збільшення надійності зорового сприйняття з 50 до 90 % досягається збільшенням освітленості в 20 разів (від 10 до 200 лк) чи збільшенням контрасту в 2,5 разів (від 0,36 до 0,9).

Величина граничного контрасту залежить від яскравості й розмірів предметів (рис. 7.2). Предмети з великими розмірами видні при менших контрастах; зі збільшенням яскравості значення граничного контрасту зменшується.

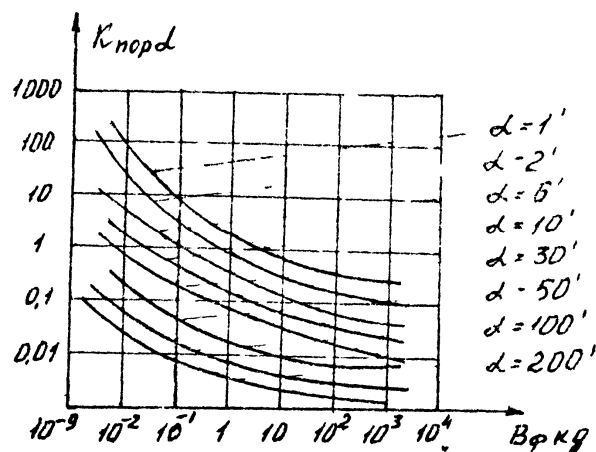


Рисунок 7.2 – Залежність граничного контрасту від яскравості адаптації і розмірів предметів

## 7.2 Колір і ефективність діяльності оператора

Надзвичайно великий вплив кольору на діяльність оператора. Оптимальні колірні характеристики засобів відображення інформації можуть сприяти підвищенню ефективності сприйняття інформації і зниженню зорового стомлення оператора.

Відомо, що різні кольори впливають на організм людини залежно від колірного тону, насиченості яскравості, тривалості впливу даного кольору, місця, яке він займає у полі зору. Істотним є сполучення кольорів, що



впливають на зоровий аналізатор одночасно. Так, білий колір, що сам по собі відноситься до оптимальних, у сусідстві з чорним утворює різко контрастне за яскравістю сполучення, що при необхідності по черзі переводити очі з білого поля на чорне і назад (а це пов'язано з перебудовою адаптаційного апарату ока) викликає швидке зорове стомлення.

Кольорова композиція довгостроково сприйманого засобу відображення інформації в значній мірі обумовлює емоційний стан оператора. Визначальну роль при цьому може відігравати один переважний колір: колір тіла чи колірне сполучення, що визначає характер даної композиції.

Світлі тони поліпшують емоційний стан, що особливо важливо, коли на операторському пункті робота йде цілодобово. У цьому випадку кольорове рішення повинне бути орієнтовано насамперед на найбільш важкі нічні години.

Але емоційний вплив кольорів визначається не тільки характером їх фізіологічного впливу. Явище в цілому більш складне і пов'язане, зокрема, з символікою кольору, в тому числі національної, індивідуальним досвідом оператора і т.д.

Сприйняття колірних сполучень і їхній емоційний вплив залежать не тільки від власних характеристик кольорів, але і від співвідношення площ, займаних кожним кольором. При зміні цього співвідношення змінюється суб'єктивно сприйманий колір, змінюються асоціації, породжувані колірним сполученням. На ці процеси істотно впливають також тривалість сприйняття, психологічна установка і специфіка функцій людини.

Незважаючи на те, що далеко не всі питання психологічного впливу кольору на людину вирішені, виявлені закономірності можуть бути якісною основою для вибору колірних рішень засобів відображення інформації з урахуванням енергетичних характеристик зорового аналізатора. При проектуванні засобів відображення інформації необхідно враховувати наступні вимоги і рекомендації. Не допускається використання на засобах відображення інформації у великій кількості кольорів, що швидко стомлюють око, таких як червоний, фіолетовий, пурпурний. Як фон засобів відображення інформації, що мають велику площу, при використанні загального висвітлення рекомендується застосовувати мало-насичені кольори середньої частини спектра з відносно великим коефіцієнтом відображення (0,5 – 0,7).

Читаність знаків залежить не тільки від кольору, але й від їх розмірів, яскравості, контрасту, освітленості й місця розташування. Всі ці характеристики взаємозв'язані, рекомендації до їх вибору наводяться в таблицях 7.2 – 7.3.

Таблиця 7.2 – Висота букв і цифр у надписах, мм

Відстань до очей, м	Освітленість, лк			
	200-500		Більше 500	
	Надписи			
	Важливі	Звичайні	Важливі	Звичайні
0,7	4 – 8	2,5 – 5	2,5 – 5	1,2 – 4
1,0	5 – 10	3,3 – 6, 6	3,3 – 6,6	1,5 – 4,5
2,0	10 – 20	6,6 – 12	6,6 – 12	3,3 – 10
5,0	33 – 65	22 – 43	22 – 43	11 – 33

Таблиця 7.3 – Яскраві характеристики знаків в надписах

Характеристика	Розміри буквено-цифрових знаків, кут. хв.			
	10-25		25-40	
Яскравість фону, кд/м <sup>2</sup>	Не менше 30	Не менше 30	Не менше 10	Не менше 10
Коефіцієнт відбиття фону	Більше ніж 0,4	0,2 – 0,4	Більше ніж 0,4	0,2 – 0,4
Освітленість надпису, лк	200 – 400	Більше ніж 400	100-200	Більше ніж 200
Контраст надпису з фоном	Не менше ніж 0,65			

Рідкі елементи і деталі можуть фарбуватися в кольори всіх частин спектра, але з відносно високим коефіцієнтом відображення. На засобах відображення інформації не повинне бути різких постійних контрастних (за тоном і яскравістю) колірних плям великої площі.

При необхідності підтримувати готовність оператора в умовах «інформаційного голоду», монотонності й відносної бездіяльності для фарбування засобів відображення інформації найбільше підходять малонасичені, нейтральні й теплі кольори з високим коефіцієнтом відображення.

У ряді сигнальних кольорів на засобах відображення інформації не слід застосовувати жовтогарячий як попередній сигнал поряд з жовтим («увага») і червоний («аварія»), оскільки жовтогарячий колір при зниженій яскравості може іноді сприйматися як червоний, а при підвищеній – як жовтий.

За помітністю, за інших рівних умов, кольори розташовуються так: теплі кольори (кольору довгохвильової частини спектра: червоний, жовтогарячий, жовтий) помічаються швидше, ніж холодні (зелений, блакитний, синій, фіолетовий), що мають такі ж насиченість і світлість; світлі кольори помічаються швидше, ніж темні.

Негативне збудливий і дратівний вплив окремих кольорів і сполучень можна використовувати як додатковий стимул для реакції оператора, спрямований на усунення порушень у роботі об'єкта, якщо між появою таких кольорів на засоби відображення інформації і подіями на об'єкті встановлена просторово-тимчасова відповідність.

При виборі фактури покриття зовнішніх поверхонь засобів відображення інформації варто враховувати можливості появи блиску при взаємодії світла з поверхнею, що відбиває. Досвід підказує, що площини засобів відображення інформації звичайно мають складну форму і різноманітну орієнтацію поверхонь,

як правило, не вдається вибрати таке розташування джерел світла, що цілком усувало би блиски на глянсових поверхнях у полі зору оператора. Унаслідок цього для обробки поверхонь слід застосовувати матові й напівматові матеріали і покриття, що мають глянець не більше 10...15 % (за блискоміром ФБ-2).

Найбільш контрастні співвідношення сигнал – фон (у порядку убутання колірною контрасту) наступні: синій на білому, чорний на жовтому (і навпаки), червоний на білому, червоний на жовтому, зелений на білому, зелений на червоному, жовтогарячий на чорному, чорний на пурпурному, жовтогарячий на білому, червоний на зеленому.

### 7.3. Методика дослідження енергетичних характеристик зорового аналізатора

Вибір типу засобів відображення інформації повинен ґрунтуватися на аналізі систем оперативного контролю і керування, функцій і умов діяльності операторів, характеристик керованого об'єкта (правил технічної експлуатації, технологічної схеми, швидкості протікання технологічних процесів), урахування психофізіологічних можливостей (у тому числі аналізаторів) операторів щодо прийому, переробки та збереження інформації тощо.

Урахування енергетичних характеристик зорового аналізатора при побудові засобів відображення інформації може бути показано на наступному прикладі. Відображення інформації на пульті керування, пофарбованому в ясно-зелений колір, здійснюється за допомогою транспаранта білого кольору. Напис на транспаранті виконаний буквами темно-синього кольору. Яскравість випромінювання джерела підсвічування транспаранта  $40 \text{ кд/м}^2$ , освітленість у приміщенні 150 лк. Треба перевірити чи будуть забезпечені необхідні умови для прийому інформації оператором.

Умовою нормальної роботи буде гарна видимість палаючого транспаранта на фоні пульта керування (зворотний контраст) і читання напису на транспаранті (прямий контраст).

У першому випадку фоном є пульт керування, а предметом – світний транспарант. Відповідно до формул (7.2), (7.3) і (7.5) їхня яскравість

$$B_{\phi_1} = \frac{\rho_{зел} \cdot E}{\pi} = \frac{0,65 \cdot 150}{3,14} = 31 \text{ кд}; \quad B_1 = B_{изл} + \frac{\rho_{бел} \cdot E}{\pi} = 40 + \frac{0,9 \cdot 150}{3,14} = 83 \text{ кд}.$$

Величина зворотного контрасту

$$\kappa_{об} = \frac{B_{n_1} - B_{\phi_1}}{B_{n_1}} = \frac{83 - 31}{83} = 0,63.$$

У другому випадку фоном є світловий транспарант  $B\phi_2 = Bn_1 = 83 \text{ кд}$ , а предметом – надпис на транспаранті, яскравість якого

$$B = \frac{\rho_{син} \cdot E}{\pi} = \frac{0,13 \cdot 150}{3,14} = 6,7 \text{ кд}.$$

Величина прямого контрасту

$$K_{np} = \frac{B_{\phi 2} - B_{n2}}{\pi} = \frac{0,13 - 6,7}{3,14} = 0,88.$$

Як бачимо, величини  $K_{об}$  і  $K_{np}$  знаходяться у припустимих межах. Але для нормального сприйняття інформації необхідно забезпечити достатнє (у 10-15 разів) перевищення фактичного контрасту над граничним. З рисунку 7.2 для отриманих умов спостереження ( $B_{\phi} \approx 30$  кд,  $\alpha = 50'$ ) знаходимо, що  $K_{нор} = 0,012$ . Отже, усі необхідні умови (з енергетичної точки зору) для нормального прийому інформації виконані.

#### **7.4 Порядок виконання роботи**

Бригада студентів з двох чоловік одержує завдання для самостійної роботи і робить розрахунок умов для нормальної зорової роботи операторів.

На підставі аналізу отриманих результатів дається висновок про придатність чи непридатність засобів відображення інформації.

У випадку недостатнього врахування енергетичних характеристик зорового аналізатора при конструюванні засобів відображення інформації самостійно розробляють умови для поліпшення зчитування інформації (збільшення освітленості, прямого чи зворотного контрасту, кольору і розмірів індикації, що показує, частини шкали приладу: циферблат, розподіли, оцифровка, стрілка й тощо).

Остаточо висновок про придатність засобів відображення інформації з урахуванням пропозицій щодо поліпшенню їх конструктивних особливостей рецензується студентами іншої підгрупи.

Оформлений звіт і його рецензію подають викладачеві перед початком наступної самостійної роботи. Захист, звіту виконується підгрупою студентів у процесі виконання роботи в лабораторії чи напередодні. Під час захисту роботи перевіряються правильність оформлення та розрахунків і знання теоретичного матеріалу по темі роботи.

#### **Контрольні питання**

1. Характеристики зорового аналізатора.
2. Пороги зорового аналізатора (диференціальний, оперативний), їхнє значення при конструюванні засобів відображення інформації.
3. Вплив кольору на людину.
4. Методи врахування енергетичних характеристик зорового аналізатора при конструюванні засобів відображення інформації
5. Шляхи поліпшення умов зорової роботи.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Раздорожный А. А. Охрана труда и производственная безопасность: уч.-метод. пособие / А. А. Раздорожный. – М.: Изд-во «Экзамен», 2012. – 512 с.
2. Мунипов В. М. Эргономика. / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – М. : Логос, 2011. – 356 с.
3. Рунге В. Ф. Эргономика и оборудование интерьера / В. Ф. Рунге. – М.: Архитектура, 2010. – 310 с.
4. Шевяков О. В. Ергономіка в системі психології праці: навч. посіб./ О. В. Шевяков. – Дніпропетровськ: ДГУ, 2007. – 157 с.
5. Панеро Дж. Основы эргономики. Человек, пространство, интерьер: справочник по проектным нормам: пер. с англ./ Джулиус Панеро, Мартин Зелник. – М.: АСТ. Астрель, 2006. – 319 с.
6. Азнакаев Е. Г. Біофізика: навч. посіб./ Е. Г. Азнакаєв. – Київ. : Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 308 с.
7. Егорова Т. А. Основы биотехнологии : [учебник] / Т. А. Егорова, Е. А. Живухина, С. М. Клунова. – М., 2010. – 256 с.
8. Михасев Г. И. Биомеханика: [учебник] / Г. И. Михасев, А. В. Чигарев, А. В. Борисов. – М. : Изд-во Гревцова, 2010 г. – 284 с.
9. Тиманюк В. А. Биофизика : [учебник] / В. А. Тиманюк, Е. Н. Животова. – 2-е издание. – Киев. : ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.
10. Абрамов О.О. Основы эргономики: Навчальний посібник. – М.: РГОТУПС, 2001. - 264 с.
11. Крушельницька Я. В. Фізіологія і психологія праці: Навч. посібник. — Київ.: КНЕУ, 2000. — 232 с.
12. Фізіолого-ергономічні вимоги до проектування виробничого устаткування, організації технологічних процесів і робочих місць / Гігієнічні вимоги до організації технологічних процесів, виробничого обладнання та робочого інструменту: URL: <http://mbty.ru/BIBLIO/SNIPS/sp/2.2.2.1327-03/2.2.2.1327-03.htm> (2004.7 травня)
13. Ламаш Б. Е. Лекции по биомеханике [Электронный ресурс]. / Б. Е. Ламаш. – Режим доступа : [www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm](http://www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm).
14. Удобная работа на ноутбуке: Эргономическое уравнение [Электронный ресурс]. / – Режим доступа [http://www.ergotron-russia.ru/pdf/Ergonomic\\_equation.pdf](http://www.ergotron-russia.ru/pdf/Ergonomic_equation.pdf)
15. Втома (фізіологія). Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. [Электронный ресурс]. / – Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Втома\\_\(фізіологія\)](http://uk.wikipedia.org/wiki/Втома_(фізіологія))
16. Все для офісу. Ергономіка і організація робочого місця. [Электронный ресурс]. / - Режим доступу: <http://www.officemart.ru/>
17. Будівельний портал. Ергономіка робочого місця і планування офісного простору [Электронный ресурс]. / – Режим доступу : <http://best-stroy.ru/>.
18. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работы сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.2.049-80. ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

20. ГОСТ 21889-76. СЧМ. Кресло оператора. Общие эргономические требования.
21. ГОСТ 22269-76. СЧМ. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
22. ГОСТ 22614-77. СЧМ. Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.
23. ГОСТ 22613-77. СЧМ. Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования.
24. ГОСТ 22615-77. СЧМ. Выключатели и переключатели типа „тумблер». Общие эргономические требования.
25. ГОСТ 23000-78. СЧМ. Пульты управления. Общие эргономические требования.
26. ГОСТ 22902-78. СЧМ. Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.
27. ГОСТ 21752-76. СЧМ. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.
28. ГОСТ 21753-76. СЧМ. Рычаги управления. Общие эргономические требования.
29. ГОСТ 12.2.120-88. ССБТ. Кабины и рабочие места тракторов, самоходных строительно-дорожных машин, одноосных тягачей, карьерных самосвалов и самоходных сельхозмашин.
30. ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ. Рабочее место стоя. Общие эргономические требования.
31. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 2.3.6.037-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 37.
32. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 39
33. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.
34. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. № 7.
35. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджені наказом Держгірпромнагляду від 26.03.2010 р. № 65.