

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

С.М. СЕРДЮК

# ЕРГОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИНИХ СИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів,  
які навчаються за спеціальністю  
«Програмне забезпечення систем»*

Запоріжжя • ЗНТУ • 2014

УДК 004.891:681.518 (075.8)

ББК 30.17 я73

С32

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Запорізького національного технічного університету  
(Протокол № 2 від 07.11.2011 р.)*

Рецензенти:

*М. Ю. Пазюк* – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, зав. каф. автоматизованого управління технологічними процесами Запорізької державної інженерної академії;

*Є. А. Лавров* – доктор технічних наук, професор, зав. каф. комп'ютерних наук Сумського національного аграрного університету

**Сердюк С. М.**

С32 Ергономічні питання проектування людино-машинних систем : навчальний посібник / С. М. Сердюк. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 334 с.

ISBN 978-617-529-093-4

Книга містить систематизований виклад теоретичних, методологічних та практичних аспектів ергономіки. Розглянуто об'єкт, предмет, задачі та етапи розвитку ергономіки. Розкривається зміст ергономічного забезпечення проектування систем «людина-техніка-середовище», наводяться методи кількісної оцінки діяльності оператора та методи оцінки інформаційних технологій. Особливу увагу приділено питанням ергономічного проектування інформаційних моделей технологічних процесів. Запропоновано оригінальні авторські розробки, що дозволяють здійснити інтелектуальну підтримку діяльності проектувальника цих моделей. Наведено опис програмних засобів, що реалізують розглянуті методи та моделі.

Видання призначено для студентів комп'ютерних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також може бути використаним аспірантами, науковими та педагогічними працівниками, фахівцями-практиками.

УДК 004.891:681.518 (075.8)

ББК 30.17 я73

ISBN 978-617-529-093-4

© Сердюк С. М.,

© Запорізький національний  
технічний університет  
(ЗНТУ), 2014

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ЧАСТИНА 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИП- ЛІНИ.....	12
1 ПОДАННЯ ЕРГОНОМІКИ ЯК НАУКИ .....	12
1.1 Передумови виникнення ергономіки .....	12
1.2 Формування ергономіки як науки.....	17
1.2.1 Формування ергономіки в зарубіжних країнах ...	17
1.2.2 Формування ергономіки в СРСР і Україні.....	19
1.3 Методологічні основи ергономіки.....	23
1.3.1 Основні поняття. Об'єкт і предмет ергономіки... 23	
1.3.2 Задачі ергономіки.....	27
1.3.3 Зв'язок ергономіки з іншими науковими дис- циплінами .....	32
1.4 Класифікація людино-машинних систем .....	38
1.5 Приклади та ілюстрації.....	42
1.6 Практичні завдання .....	49
1.7 Контрольні запитання .....	49
2 ЕРГОНОМІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЛЮДИНА-ТЕХНІКА-СЕРЕДОВИЩЕ.....	53
2.1 Ергономічне забезпечення проектування систем «людина-техніка-середовище» .....	53
2.2 Стандартизація в ергономіці .....	60
2.3 Операторська діяльність в системах «людина- техніка-середовище».....	68
2.4 Кількісна оцінка діяльності оператора.....	74
2.4.1 Оцінка кількості інформації, яка переробляється оператором .....	74
2.4.2 Гранично допустимі норми діяльності оператора..	80

2.5 Приклади та ілюстрації.....	88
2.6 Практичні завдання .....	93
2.7 Контрольні запитання .....	98
<b>ЧАСТИНА 2. ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....</b>	<b>100</b>
<b>3 ЕРГОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....</b>	<b>100</b>
3.1 Оцінка якості інформаційних технологій .....	100
3.2 Юзабіліті інформаційних технологій .....	106
3.3 Розробка юзабіліті-метрик .....	132
3.4 Кількісна оцінка надійності і точності операторської діяльності.....	137
3.5 Багатокритеріальний вибір на основі методу аналізу ієрархій.....	142
3.6 Приклади та ілюстрації.....	146
3.7 Практичні завдання .....	151
3.8 Контрольні запитання .....	153
<b>4 ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ .....</b>	<b>156</b>
4.1 Вимоги до інформаційних моделей.....	156
4.2 Способи кодування інформації.....	162
4.2.1 Оптимальне кодування.....	162
4.2.2 Види алфавіту зорової модальності .....	175
4.2.2.1 Кодування формою .....	175
4.2.2.2 Кодування розміром.....	180
4.2.2.3 Кодування просторовою орієнтацією .....	182
4.2.2.4 Кодування буквено-цифрове.....	183
4.2.2.5 Кодування кольором.....	186
4.2.2.6 Кодування яскравістю .....	187
4.2.2.7 Кодування частотою миготінь .....	187

4.2.3 Види алфавіту слухової модальності.....	188
4.2.3.1 Кодування звуком .....	188
4.2.3.2 Кодування мовними сигналами .....	191
4.3 Класифікація інформаційних моделей .....	191
4.3.1 Зображення .....	193
4.3.2 Знакові моделі.....	197
4.3.3 Графічні моделі .....	206
4.3.4 Комбіновані моделі .....	212
4.4 Методика розробки інформаційних моделей .....	221
4.5 Приклади та ілюстрації.....	222
4.6 Практичні завдання .....	225
4.7 Контрольні запитання .....	228
<b>ЧАСТИНА 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕРГОНОМІЧНОГО ЗА-</b>	
<b>БЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ.....</b>	<b>231</b>
<b>5 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ЕРГО-</b>	
<b>НОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ</b>	
<b>МОДЕЛЕЙ .....</b>	<b>231</b>
5.1 Аналіз інструментарію автоматизації проектування	
інформаційних моделей.....	231
5.2 Розробка системи інтелектуальної підтримки ерго-	
номічного проектування інформаційних моделей.....	233
5.2.1 Системний аналіз діяльності проектувальника	
інформаційних моделей.....	233
5.2.2 Розробка структури системи інтелектуальної	
підтримки.....	241
5.2.2.1 Підсистема «База знань та даних».....	242
5.2.2.2 Підсистема «Вирішувач».....	243
5.2.2.3 Підсистема «Інтелектуальний інтерфейс»...	250
5.2.3 Огляд основних класів системи. Структура	
класів.....	250
5.2.4 Приклад реалізації кодування слуховою мода-	
льністю.....	258

5.2.5 Приклад автоматизації проектування інформаційних моделей.....	262
5.3 Практичні завдання .....	282
5.4 Контрольні запитання .....	284
<b>6 ЕРГОНОМІЧНА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОГО ТА ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....</b>	<b>286</b>
6.1 Аналіз ергономічних вимог до виробів виробничо-технічного та побутового призначення.....	286
6.2 Розробка методики виявлення інженерних помилок в конструкторській документації .....	294
6.2.1 Цілі і задачі розробки.....	294
6.2.2 Модель взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників з конструкторською документацією.....	295
6.2.3 Опис методики виявлення інженерних помилок	298
6.3 Розробка структури системи .....	299
6.4 Основні рішення по реалізації компонентів автоматизованої системи .....	301
6.5 Робота користувача з програмним комплексом .....	306
6.6 Практичні завдання .....	313
6.7 Контрольні запитання .....	315
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>317</b>
<b>АЛФАВІТНО-ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК .....</b>	<b>326</b>
<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>331</b>

*Праця буває непотрібна, метушлива,  
нетерпляча, роздратована, що зава-  
жає іншим і звертає на себе увагу. Та-  
ка праця набагато гірша неробства.  
Справжня праця завжди тиха, рівно-  
мірна, непомітна.*

*Л. М. Толстой*

## ВСТУП

Вже в минулому ХХ столітті, друга світова війна, що дала народження світовій ергономіці. Закінчилася радянська епоха, за часів якої, внаслідок протистояння в «холодній війні», за ініціативою військово-промислового комплексу СРСР, відбулося становлення ергономіки на пострадянському просторі.

Ми живемо в ХХІ столітті, в незалежній Україні з ринковою економікою. Падіння «залізної завіси» привело до імпорту широкого асортименту товарів як загально визнаних світових брендів, так і товарів, що становлять небезпеку для споживачів. Вітчизняні товаровиробники виявилися не готові до цього, оскільки в другій половині ХХ століття ставлення до ергономічності споживчих товарів на Заході дещо відрізнялося від радянського. Ергономічність товару там стала майже синонімом його конкурентоспроможності. Навіть якщо вітчизняні товари і перевершували імпортні за своїми технічними характеристиками, вони часто програвали їм в дизайні і ергономічності. Можна навести чимало прикладів, коли китайським «одноразовим» товарам для перемоги у боротьбі за українських покупців досить було лише красивої упаковки.

У зв'язку з цим, гостро постала проблема виживання національної промисловості. Тому не можна не привести Постанову Кабінету Міністрів України від 30 липня 1996 р. «Про Раду з дизайну» у відповідності з якою «З метою комплексного розв'язання проблем підвищення якості та конкурентоспромож-

ності продукції промислового комплексу, розвитку соціально-культурної сфери шляхом застосування дизайну та ергономіки, впровадження в практику виробництва системи дизайн-ергономічного проектування» була створена Рада з дизайну при Кабінеті Міністрів України, на яку було покладено розроблення і реалізація загальнодержавних проблем дизайну та ергономіки.

Незважаючи на деякі загальнодержавні заходи, «ергономічна освіта в Україні знаходиться в занепаді, фахівці з ергономіки вкрай нечисленні, а їх знання до всього не затребуються» [75]. Так, наприклад, вищезгадана постанова втратила чинність в 2005 р., а в Постанові від 13 грудня 2006 р. № 1719 «Про перелік напрямів, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра» (з урахуванням змін, внесених включно до 26.05.2010 р.) напрям підготовки та спеціальність «ергономіка» відсутні. У Росії ж спеціальність 220101 «ергономіка» введена в 2001 р., а в 2005 р. для неї розроблено державний освітній стандарт вищої професійної освіти.

За таких обставин стає актуальною задача вивчення ергономіки у вищій школі України (особливо студентами технічних спеціальностей), оволодіння прийомами і методами ергономічного забезпечення проектування (ЕЗП) технічних систем і промислових виробів.

Курс «Ергономічні питання проектування людино-машинних систем» (ЕППЛМС), було введено в учбовий план підготовки спеціальності 7.050103 «Програмне забезпечення систем» Запорізького національного технічного університету (ЗНТУ) в 1993 р. Чи потрібна ергономіка фахівцям напряму підготовки «програмна інженерія»? Відповідь очевидна. Людина є обов'язковим елементом у складі будь-якої автоматизованої системи (АС).

Як було показано в курсі «Системний аналіз та проектування комп'ютерних інформаційних систем» (САтаПКІС) підтримка осіб, що приймають рішення (ОПР) на усіх етапах життєвого циклу нових систем та виробів (від етапу наукових досліджень до етапу експлуатації) здійснюється за допомогою інтегрованих автоматизованих систем керування, до складу яких входять: АС керування технологічними процесами (АСК ТП), АС керування підприємством, АС технологічної підготовки вироб-

ництва (АСТПВ), системи автоматизованого проектування (САПР), АС наукових досліджень.

Незважаючи на широке впровадження інформаційних технологій (ІТ), засобів автоматики, телемеханіки роль людини як ланки системи керування не знижується, а зростає. Характерною особливістю названих систем є наявність інформаційних потоків в тих гілках контурів керування, які замикаються через людину, – активної ланки системи людина-техніка-середовище (СЛТС), чії психофізіологічні можливості є обмеженими і до того ж змінними величинами, на які може вплинути безліч чинників: стан здоров'я, мотивація, доля творчої складової в діяльності, умови праці, довкілля та ін.

Досвід експлуатації АСК ТП розроблених навіть за допомогою сучасних SCADA-систем (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерське керування і збір даних) показав, що кількість аварій об'єктів контролю і керування (ОКК) істотно не скоротилась. Якщо в 60-х роках помилка людини була первинною причиною лише 20 % аварій (80 %, відповідно, за технологічними несправностями і відмовами), то в 90-х роках доля людського чинника зросла до 80 % [73]. Причому, у зв'язку з постійним вдосконаленням технологій і підвищенням надійності електронного обладнання і машин, ця доля може ще зрости.

З чим це пов'язано? Якщо для модернізації (upgrade – апгрейду) техніки, в основному, досить мати достатні фінансові можливості, то апгрейд людини-оператора можливо здійснити поки що лише у фантастичних фільмах, хоча людство успішно просувається по шляху, описаному в сценаріях подібних до «Термінатора» Джеймса Кемерона або «Матриці» Ендрю і Ларрі Вачовські. Наприклад, американська компанія Cyberkinetics успішно проводить клінічні випробування на людях, які мають серйозні рухові порушення з імплантованими в мозок чіпами-імплантатами BrainGate. При спробі людини виконати який-небудь рух, чіп передає сигнали, що виникають в моторній зоні головного мозку в комп'ютер. Сигнали передаються за допомогою кабелю через рознімач, укріплений в черепній коробці. Чим не сцена з «Матриці»? За допомогою чіпа пацієнти отримали можливість керування курсором на екрані, читання електронної пошти, малювання, дистанційного керування зовнішніми пристроями (побутови-

ми приладами, електромеханічною рукою і т. ін.). Сьогодні вже нікого не здивуєш апгрейдом суглобів людини їх титановими замінниками, імплантацією кардіопротезів, експериментами з електронною сітківкою ока.

На замовлення уряду Великобританії дослідницькою компанією Fast Future були визначені професії, що можуть з'явитися в недалекому майбутньому [52]. Серед них, наприклад «виробники частин тіла» – діяльність яких буде направлена на виробування нових органів-донорів, «наномедики» – фактично фахівці з апгрейду людини. Напевно, шляхом спільних зусиль фахівців цих двох професій можливо і створення такої «людини»-оператора, можливості якої не поступатимуться технічній частині СЛТС. Але чи можна назвати таку систему «людино-машинною»? Чи стане в нагоді в даному випадку ергономіка? Залишимо ці питання для недалекого «світлого» майбутнього.

А що ж ми маємо сьогодні? Розвиток ІТ, підвищення ступеня автоматизації і перерозподіл функцій між людиною і технікою загострило проблему взаємодії людини-оператора з системою керування. Для сучасних АСК ТП характерно те, що людина все більше віддаляється від ОКК та здійснює свої керуючі функції дистанційно. Це положення повністю збігається з концепцією інформаційної моделі (ІМ) В.П. Зінченко, Д.Ю. Панова, згідно з якою оператор АСК ТП виявляється безпосередньо пов'язаним не з самим об'єктом, а з його ІМ.

*Інформаційна модель* – «це організована за певними правилами сукупність, інформації про стан і функціонування об'єкта керування і зовнішнього середовища. ІМ є для людини-оператора джерелом інформації, на підставі якої він формує образ реального стану об'єкта керування, проводить аналіз і оцінку ситуації, що склалася, приймає рішення, планує керуючі дії і оцінює результати їх реалізації» [5].

Таким чином, оптимізація інформаційного завантаження людини-оператора СЛТС є, на сьогоднішній день, однією з основних проблем ергономіки. У зв'язку з цим, її найважливішим завданням є проектування ІМ.

Метою посібника є внесення ергономічних знань в освіту студентів комп'ютерних спеціальностей. Книга також може використовуватися аспірантами, науковими та педагогічними пра-

цівниками, практичними фахівцями.

Структурно посібник містить три основні частини. Перша частина присвячена розкриттю зміста і сутності ергономіки як науки, етапам її розвитку. В ній також висвітлюється зміст стандартизації в ергономіці. Друга частина повністю присвячена питанням оцінки якості інформаційних технологій і юзабіліті програмних засобів, а також ергономічному забезпеченню проектування інформаційних моделей. У третій частині розглянуто метод інтелектуальної підтримки процесу ергономічного проектування інформаційних моделей та метод автоматизації виявлення інженерних помилок з урахування дизайн-ергономічних вимог до виробів виробничо-технічного та побутового призначення в конструкторській документації.

Поряд із описом відомих методів та моделей розглянуто оригінальні авторські розробки, що дозволяють автоматизувати процедури інтелектуальної підтримки процесу ергономічного проектування СЛТС. У книзі також наведено опис програмних засобів, що реалізують розглянуті методи та моделі.

Матеріал, наведений у посібнику, призначений для вивчення та апробований автором при читанні курсів «ЕППЛМС», «САтаПКІС», «Людино-машинний інтерфейс», та також може використовуватися при вивченні окремих розділів дисциплін «Системи штучного інтелекту», «Організація баз даних і знань», «Проектування, моделювання та аналіз інформаційних систем», «Менеджмент програмних систем», «Якість інформаційних систем», «Моделі та метрика програмних систем», «Охорона праці в галузі» та інших студентами напряму «Програмна інженерія».

Терміни, визначення яких наводяться в тексті виділено *курсивом*. Кожний розділ закінчується контрольними запитаннями та практичними завданнями, що можуть бути використані як для самоперевірки, так і при підготовці лабораторних, практичних та контрольних завдань.

*Фізична праця, за певних умов, є  
«м'язовою радістю».*  
*І. П.Павлов*

## **ЧАСТИНА 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **1 ПОДАННЯ ЕРГОНОМІКИ ЯК НАУКИ**

#### **1.1 Передумови виникнення ергономіки**

Термін «ергономіка» походить від грецьких слів «*ergon*» (праця) і «*nomos*» (закон), тобто це наука про закони трудової діяльності. Зі шкільних років ми пам'ятаємо палицю-копалку і гострі камені як перші знаряддя праці, за допомогою яких стародавні люди боролися за своє право на життя. З тих пір людство пройшло величезний шлях від використання примітивних і простих знарядь праці до символів ХХ століття – космічних кораблів (рис.1.1).

На різних історичних етапах на перший план виступають ті чи інші аспекти наукового дослідження трудової діяльності людини. Найбільш важливим для розвитку ергономіки та інших наук, які вивчають людину, став період, який Ж. Крістенсен визначив як «Промислова революція» [77]. Розглядаючи походження і розвитку ергономіки, він виділив у цьому періоді три фази.

**Перша фаза – вік машин** (з 1750 р. по 1870 р.). Відкриття і винаходи слідували одне за іншим: парова машина Уатта і перший паровий автомобіль Ніколя Жозефа Кюньо (1769 р.); механічний ткацький верстат Едмунда Картрайта (1785 р.); пароплав – Джон Фітч (1791г.); перший практичний паровий локомотив – Джордж Стефенсон (1814 р.); електромотор – Майкл Фара-

дей (1821 р.); аналітична машина (прообраз комп'ютера) Чарльза Беббіджа (1833 р.); азбука Морзе (1838 р.); ротаційна друкарська машина Річарда Хоу (1846 р.); нафтогазова бурова установка – Едвін Дрейк (1859 р.); магазинна гвинтівка – Олівер Вінчестер (1860 р.); метрополітен – Джон Фаулер (1863 р.).



**Рисунок 1.1.** Пульти космонавтів в кабіні корабля «Союз-ТМ»

У капіталістичному суспільстві на перше місце за чисельністю, витісняючи селян, поступово висуваються пролетарі. Підвищуються вимоги до кваліфікації робітників, безпеки праці, зростає напруженість праці. Ключові позиції в процесі виробництва займає інженерна робота. Саме в цей період (у 1857 р.), польським вченим В. Ястшембовським вперше було запропоновано термін *ергономія*. У тижневику «Природа та промисловість» їм була опублікована стаття під назвою «Нариси з ергономії, або науки про працю, що заснована на закономірностях науки про природу». В роботі була зроблена спроба побудувати модель трудової діяльності людини, що базується на законах природознавства.

**Друга фаза – вік енергії** (з 1870 по 1950 рр.). Ці роки «характеризуються широким і різноманітним застосуванням машинного устаткування з силовими двигунами на транспорті, в промисловості та сільському господарстві» [77]. На межі XIX–XX сто-

літь з'явилися роботи в галузі психології та керування Г. Мюнстерберга, А. Біне, Френка і Ліліан Гілберт, Г. Ганта спрямовані на вивчення керування підприємствами, профвідбору, профорієнтації, виробничого навчання, пристосування техніки до психічних можливостей людини та інших факторів підвищення продуктивності праці робітників і доходів підприємств.

На початку ХХ століття Ф. Тейлор, маючи на меті оптимізацію різних видів робочої діяльності, поклав початок науковому вивченню трудової діяльності. Він обґрунтував необхідність поділу трудових функцій працівників на елементарні операції та стандартизовані рухи. Тейлор є також автором концепції інженерного проектування методів роботи в промисловому виробництві. Ця концепція, згідно з якою трудовий процес проектується експертами (інженерами), а обов'язок робочих виконувати інструкції, отримала назву «тейлоризм». Крім того, Тейлор вважав, що підвищення продуктивності праці можна досягти шляхом стандартизації методів, знарядь і прийомів праці, а норми діяльності при цьому повинні встановлюватися примусово.

Дослідження Тейлора продовжив Ф. Гілбрет, який висунув ідею універсальних мікрорухів (терблгів – Гілбрет, прочитаний навпаки), комбінацією яких може бути представлена будь-яка операція.

Ідеї Тейлора знайшли застосування і розвиток на заводах Форда. Як відомо, Форд вперше ввів у виробництво складальний конвеєр. При цьому він прагнув до того, щоб робітники по можливості виконували одну робочу операцію за допомогою одного руху. Такий підхід дозволяв використовувати некваліфіковану працю. Внаслідок проведеної класифікації функцій, що виконувались на заводах Форда, були виявлені роботи, які можуть виконуватися безногими, безрукими, людьми з однією ногою чи рукою, сліпими, які вводилися у виробничий процес. В результаті здорові робочі вивільнялися для виконання важких робіт, що вимагають фізичної сили та нормального функціонування анатомічних органів і органів чуття. Результатом застосування ідей Форда і тейлоризму стали: «роботизація» робітників за рахунок монотонності праці та підвищення її інтенсивності, а також симпліфікація (спрощення) праці за рахунок її беззмістовності, рутинності та автоматизму.

Проте, розуміння того, що причиною гальмування виробництва є ігнорування особливостей людини, призвело до розвитку наук, що вивчають людину та її працю: фізіології; психології та гігієни праці. Наслідком цього стало поліпшення стану фізичного середовища на підприємствах (температури, вологості, шумів, вібрацій, освітленості).

У 1918 році під керівництвом відомого російського фізіолога В.М. Бехтерева було організовано Інститут вивчення мозку і психічної діяльності, з одним із відділів – професійна психологія. У 1920 році Бехтерев та Мясіщев запропонували створити нову наукову дисципліну для вивчення трудової діяльності – *ергологію*, розуміючи під цим терміном вчення про закони роботи.

У 1920 р. було створено Центральний інститут праці під керівництвом О.К. Гастєва. У 1921 році пройшла Перша Всеросійська конференція з наукової організації праці. На цій конференції з доповіддю щодо основних проблем психології, фізіології та гігієни праці виступив академік В.М. Бехтерев. Критикуючи систему Ф. Тейлора, Бехтерев сформулював принципово новий комплексний підхід до проблеми. Він зазначав, що ідеальний підхід до організації праці полягає у здійсненні такої праці, яка б давала максимум продуктивності при гарантії повного здоров'я та розвитку особистості робітників. У цьому ж році І. Танакі видав книгу «Людська інженерія» і ввів таким чином цей термін у Японії.

Істотний внесок у розвиток ергономіки в Росії в цей період був зроблений М. Бернштейном, що заклав основи біомеханіки. Саме в його працях, а також дослідженнях з психотехніки 30-х років, пов'язаних з аналізом складних видів трудової діяльності М.М. Добротворського, С.Г. Геллерштейна, І.Н. Шпільрейна були закладені передумови комплексного підходу до вивчення та оптимізації трудової діяльності, системного підходу в ергономіці. Проводилися інтенсивні дослідження в області авіаційної ергономіки, де вивчалися кабіни пілотів, приділялася увага рукояткам, приладовим панелям, кріслу пілота, робочому місцю штурмана. Було утворено Психотехнічне товариство і журнал «Радянська психотехніка». Однак у середині 1930-х років вся діяльність в області психотехніки була припинена в результаті політичної ситуації в СРСР. Спроба відродити дослідження в галузі психології праці в СРСР була здійснена вже в кінці 1950-х років. У цей

період і почали, використовуватись такі поняття як *інженерна психологія* і *ергономіка*.

У США ергономічні дослідження проводяться в рамках напрямку, що отримав назву *людський фактор*. У 1938 році компанією Bell Telephone Laboratories було створено лабораторію з вивчення людських факторів.

Цей короткий огляд показав, що в 20–30-х роках ергономіка ще не сформувалася як самостійний науковий напрямок, проте були визначені її основні проблеми, цілі і задачі.

**Третя фаза** – з 1945 р. Кінець другої світової війни визначив третю фазу промислової революції – «фазу машин для розумової праці» [77]. Розвиток космічних та ядерних досліджень та їх інтеграція в наше повсякденне життя, автоматизація технологічних процесів і розумової діяльності людини на основі комп'ютерів і технологій штучного інтелекту привели до того, що технічний прогрес з усією гостротою поставив проблему «людина-машина». З розвитком техніки виникла задача узгодження конструкції машин і умов їх функціонування з характеристиками працюючої людини. «Виникнення ергономіки пов'язано з розвитком протиріччя всередині реального об'єкта, а саме техніки, яка як явище, що має природну основу, володіє відносно самостійною логікою функціонування і розвитку, але як елемент процесу праці вона функціонує в єдиній системі з людиною і розвивається за законами її праці» [4].

Найважливішим сучасним напрямком ергономічних розробок є підвищення безпеки виробів. В якості вирішення даної проблеми Ж. Крістенсеном запропонована модель: ПРОЕКТ – ДИСТАНЦІЮВАННЯ – ЗАХИСТ – ЗАСТЕРЕЖЕННЯ – ТРЕНУВАННЯ [77]. «Проект» – має на увазі підхід до проектування, що усуває випадковості – ряд обставин, що можуть призвести до нанесення шкоди здоров'ю або смерті. Критерій «дистанціювання» – передбачає застосування дистанційного роботизованого обладнання при проведенні робіт, пов'язаних з небезпекою для людини. Передбачити можливість «захисту» розробник повинен у разі, якщо нещасний випадок можливий після дослідження факторів «проект» і «дистанціювання». Введення «застереження» означає, що незважаючи на всі вжиті заходи («проект», «дистанціювання», «захист»), зберігається можливість нещасного випадку. У цьому

випадку передбачається розробка експертних систем (ЕС), які здійснюють інтелектуальну підтримку людини-оператора при ухваленні рішення в складних ситуаціях, а також використання пристроїв застереження. Останнє поняття «тренування» – передбачає досягнення користувачем необхідного рівня навичок роботи та обслуговування.

## **1.2 Формування ергономіки як науки**

### **1.2.1 Формування ергономіки в зарубіжних країнах**

Активізація досліджень в області ергономіки сталася в роки другої світової війни. В Англії у воєнний час проводилися дослідження з вивчення можливостей військового персоналу в різних умовах навколишнього середовища, а також заходи з підвищення пристосування бойової техніки і озброєння до можливостей людини. Спільна робота англійських вчених різних напрямків призвела до створення в 1949 році «Ергономічного дослідницького товариства», в якому пізніше з'явилися колективні члени, у тому числі і закордонні (наприклад «Дженерал Моторс»). З цією подією і пов'язують формування ергономіки як самостійної дисципліни. У 1960 році було утворено факультет ергономіки і кібернетики в технологічному коледжі в Лавбро (нині факультет наук про людину), який є одним з провідних міжнародних центрів у підготовці ергономістів. У 1961 році створюється Міжнародна ергономічна асоціація (МЕА), метою якої є об'єднання та координація досліджень вчених-ергономістів різних країн, підготовка кадрів з ергономіки. Офіційним органом асоціації став журнал «Ergonomics» («Ергономіка»), що видається з 1957 року. В Англії видаються також журнали «Applied Ergonomics» («Прикладна ергономіка») і «Ergonomics Abstracts» («Реферативний журнал з ергономіки»). Раз на три роки проводяться міжнародні конгреси з ергономіки. За даними на листопад 2009 року МЕА включає 47 національних і три міжнародні асоціації (наприклад, Скандинавське ергономічне суспільство – Данія, Норвегія, Фінляндія, Швеція), а також два афілійованих товариства.

У 1945 році були організовані лабораторії інженерної психології і людської інженерії у Військово-повітряних силах і Вій-

ськово-морських силах США відповідно, а в Корнеллському університеті велися розробки по інженерно-психологічному проектуванню кабін літаків. У 1953 році було проведено перший національний симпозіум з проблем людського фактора в техніці, а в 1957 році, за участю англійських ергономістів, створено Товариство людських факторів (перейменовано в Товариство людських факторів та ергономіки (ТЛФЕ) в 1994 році), що включало 90 членів. З 1958 року видається журнал «Human factors» («Людський фактор») і щомісячний бюлетень ТЛФЕ. Починаючи з 1993 року Товариство видає журнал «Ergonomics in Design» («Ергономіка в проектуванні»), а з 2007 року – «Journal of Cognitive Engineering and Decision Making» («Журнал когнітивної інженерії та прийняття рішень»). В даний час членами ТЛФЕ є понад 4500 чоловік, діє 23 технічні групи, найбільш численними з яких є: виробнича ергономіка, комп'ютерні системи, комунікації, безпека. За кількістю і якістю підготовки фахівців з ергономіки США займає на даний момент лідируючі позиції [8].

У ряді європейських країн (Скандинавські країни, Австрія, Франція, Федеративна Республіка Німеччина, Італія, Іспанія, Нідерланди) та країнах-членах РЕВ (Болгарія, Угорщина, Польща, Югославія) у 60-х роках створюються ергономічні товариства, члени яких займаються як прикладними роботами, так і науковими дослідженнями.

У ці ж роки активізується розвиток ергономіки в Азії. У 1963 році було проведено першу національну конференцію з проблем ергономіки і створено Японське ергономічне дослідницьке товариство. До його складу увійшли 530 вчених і фахівців та 20 компаній в якості спонсорів. У 1972 році відбувся перший національний ергономічний семінар в Індії. Перші ергономічні дослідження у В'єтнамі були проведені вченими Національного інституту охорони праці, заснованого в 1971 році. У даному інституті розробляються методи ергономічної оцінки машин, робочих місць та обладнання, вивчається вплив дисплеїв на психофізіологічні характеристики людини-оператора, а також проблеми стомлення робітників. В даний час членами ергономічного суспільства Південно-Східної Азії є науковці і фахівці Австралії, Гонконгу, Індії, Індонезії, Китаю, Малайзії, Сінгапуру, Таїланду і Японії.

## 1.2.2 Формування ергономіки в СРСР і Україні

У повоєнний час у СРСР, як і в інших розвинених країнах, основним замовником робіт в області ергономіки стала оборонна промисловість. В якості предметних областей виступали авіація, військова техніка, а пізніше і космонавтика.

Дослідницькі лабораторії з інженерної психології були утворені в Ленінградському державному університеті в 1959 році (під керівництвом Б. Ф. Ломова) і в Інституті автоматичної апаратури в Москві в 1961 році (під керівництвом В. П. Зінченко). Великий внесок у розвиток дисципліни в цей період внесли відомі російські психологи Б. Г. Ананьєв, О. М. Леонтєв, П. Я. Гальперін та інші.

На початку 60-х років активізувалися роботи в області дизайну обладнання і середовища. У Москві було створено всесоюзний науково-дослідний інститут технічної естетики (ВНДІТЕ) з відділом ергономіки, що входив в структуру Держкомітету з науки і техніки СРСР. Протягом декількох років ВНДІТЕ заснував 10 регіональних філій в найбільших містах СРСР. Цей інститут виконував ергономічні проекти в цивільному секторі, при цьому просуваючи і популяризуючи ергономіку та технічну естетику. У 60-х роках професор В. М. Муніпов і його колеги видали кілька підручників, посібників та журнал з ергономіки.

У 70–80-ті роки в оборонних галузях промисловості, а також у видах збройних сил були створені Головні організації з ергономіки, які координували роботу всередині і між галузями. Було створено Міжвідомчу координаційну Раду з ергономіки. Під керівництвом П.Я. Шласна розроблена серія стандартів з ЕЗП і розробки військової техніки. Пізніше було створено центр ергономічних досліджень і розробок у військовій техніці (м. Твер), який і сьогодні залишається лідируючою ергономічною організацією Росії. Широке дослідження і розробки, спрямовані на теорію людино-машинних систем (у військово-морському флоті, космонавтиці, авіації) були зроблені професорами А. І. Губинським та В. Г. Євграфовим.

Губинський А. І. систематизував основні поняття в ергономіці (оператор, помилка, надійність, ефективність тощо) і запропонував теорію для комплексного аналізу людино-машинних си-

стем (ЛМС), що включає в себе аналіз і оцінку надійності та ефективності ЛМС і оператора [3]. На початку 70-х років він розробив узагальнений структурний метод (УЗМ), що дав основу для функціонально-структурного аналізу задач і розрахунку ймовірності помилки і часу відгуку оператора. Цей метод дотепер застосовується для аналізу надійності операторів.

У 1978 році А. І. Губинський переходить в Ленінградський електротехнічний інститут (ЛЕТІ) ім. В. І. Ульянова (Леніна) (нині Санкт-Петербурзький державний електротехнічний університет – СПбДЕТУ), де пізніше, ним була створена міжвузівська ергономічна лабораторія, яка об'єднала зусилля вчених промислових підприємств, організацій Академії наук і навчальних вузів, спрямовані на дослідження в області ергономіки, підвищення якості викладання та адаптації навчального процесу до сучасних умов реальної дійсності. У 1982 році в ЛЕТІ, вперше в СРСР, починається перепідготовка фахівців (у рамках спецфакультету перепідготовки кадрів) за новим перспективним напрямком науки і техніки – «Ергономіка в АС». З слухачів, які закінчили факультет, вийшло понад 20 кандидатів і три доктори наук, у тому числі і тих, хто нині працює в Україні (наприклад, д.т.н. Є. А. Лавров та к.т.н. Сердюк С. М. – автор даного навчального посібника).

У 1986 році було утворено Радянську ергономічну асоціацію (РЕА) першим президентом якої був обраний А. І. Губинський. Членами РЕА були понад 100 практиків і дослідників в області ергономіки з усіх радянських республік. РЕА проводила щорічні всесоюзні конференції, в області проектування, оцінки та оптимізації функціонування систем, міжрегіональні семінари з ергономіки та ефективності ЛМС, симпозіуми по ефективності, якості і надійності ЛМС. РЕА стала федеративним товариством, зареєстрованим МЕА. У 1993 році РЕА організувала першу міжнародну конференцію «Ергономіка в Росії, СНД та світі» (м. Санкт-Петербург). Після розпаду СРСР правонаступником РЕА стала Міжрегіональна ергономічна асоціація (МРЕА), заснована 7 серпня 1995 року.

Кожні два роки МРЕА проводить у Твері міжнародну конференцію «Психологія та ергономіка: єдність теорії і практики». Шоста конференція пройшла у 2009 році. МРЕА є засновником і видавцем журналу «Людський фактор: проблеми психології та

ергономіки», який публікується з 1999 року. Журнал публікує статті про результати наукових досліджень і прикладних робіт з ергономіки, інженерії професійної та соціальної психології. У 2006 році МРЕА запустила офіційний сайт [www.ergo-org.ru](http://www.ergo-org.ru).

У той час як позитивний вплив ергономіки у військовій та промисловій областях був очевидний, який-небудь істотний прогрес в області споживчих товарів був відсутній. Економічний спад 80–90-х років посилив цю ситуацію. Значну частину дослідницьких і прикладних робіт в області ергономіки було зупинено.

На початку XXI століття економічна ситуація в Росії та Україні почала змінюватися. Активізували свою діяльність ергономічні інститути та організації, серед яких Центр ергономічних досліджень і розробок (Ерго-центр), Російський інститут захисту і економіки праці, ВНДІТЕ, Лабораторія біомеханічних досліджень і розробок в ядерній енергетиці (Ерголаб), Московський вертолітний завод ім. Міля та ін.

В даний час підготовка фахівців з ергономіки здійснюється в трьох російських університетах (дані на 2007 р.) – Московському державному авіаційно-технологічному університеті, СПбДЕТУ та Інституті ергономіки і соціально-економічних технологій (м. Твер).

До проголошення незалежності України в 1991 році дослідження та розробки у сфері ЕЗП було організовано як структуру з галузевою ієрархічною системою керування в основних виробничих міністерствах. Значення міжгалузевого центру ергономіки відігравав ВНДІТЕ. Вирішенням ергономічних проблем займалися: Інститут кібернетики академії наук УРСР, Київський та Харківський філіали ВНДІТЕ, Харківський державний університет (ХНУ з 1999 року), Харківський автодорожній інститут (ХНАДУ з 2001 року), Київський інститут інженерів цивільної авіації (НАУ з 2000 року), Харківський авіаційний інститут (НАУ ім. М. Є. Жуковського з 2000 року) та інші.

Українські фахівці приймали активну участь у виконанні багатьох фундаментальних та цільових комплексних науково-дослідницьких програмах, таких як: ергономічне забезпечення створення та функціонування атомних електростанцій; розробка тренажерної техніки для підготовки космонавтів з метою посадки на Луну, а також імітаторів та тренажерів повітряних суден; роз-

робка автоматизованого диспетчерського центру керування роботою залізниці СРСР; ергономічне проектування робочих місць машиністів магістральних тепловозів та водіїв перспективних трамваїв; ергономічні дослідження та дизайнерська розробка станків з ЧПУ, міні-ЕОМ, та комплексного обладнання для гнучких виробничих систем; розробка ергономічних вимог до інформаційних систем, які оснащувалися відеотерміналами; розробка основних принципів створення та функціонування банку ергономічних даних тощо.

В умовах переходу до децентралізованого управління і формування ринку товарів і послуг єдиною організацією, що об'єднує фахівців в області ергономіки в Україні, є Всеукраїнська ергономічна асоціація (ВЕА) яка була створена в листопаді 1992 року. ВЕА стала членом МЕА на правах федерального члена в жовтні 1995 року.

Ергономістами ВЕА запропоновано проект заходів щодо створення національної системи ергономічного забезпечення, основними елементами якої є ергономічні служби – внутрішні (в структурі міністерств і відомств, а також підприємств) і зовнішні (центри підготовки ергономістів, науково-дослідні підприємства, служби інформаційного сервісу, сертифікаційні служби). У 1997 році за ініціативи ВЕА при Держстандарті України створено Технічний комітет ТК 121 «Дизайн і ергономіка».

За останні роки фахівцями з ергономіки та дизайну виконано роботи з дослідження та розробки: нормативної бази дизайн-ергономічного забезпечення промислового комплексу України; методології дизайн-ергономічної експертизи якості промислових виробів; засобів ергодизайнерського забезпечення господарського комплексу та заходів з їх реалізації відповідно до вимог євроінтеграції України тощо.

За даними МЕА в розвинених країнах, один дизайнер припадає на 10 000 чоловік населення, один ергономіст-дизайнер – на 10 дизайнерів. Отже, потребу України в ергономістах-дизайнерах можна оцінити приблизно в 450 фахівців. У міжнародній практиці прийняті такі співвідношення: на одного ергономіста-дизайнера припадає не менше одного ергономіста-проектувальника та 3–5 ергономістів-експлуатаційників (практиків). Чисельність ергономістів-системотехніків і ергономістів-

дослідників становить 7–10 % від загальної кількості ергономістів. Таким чином, загальна потреба господарського комплексу України у фахівцях з ергономіки різного спрямування оцінюється в межах від 2440 до 3470 чоловік.

Починаючи з 2000 року, необхідно було щорічно випускати не менше 90–100 магістрів з ергономіки, що, через індивідуальність їх підготовки, є непростим завданням. На цьому фоні як досягнення сприймається те, що ергономіка як окрема наукова спеціальність включена ВАК України в «Перелік спеціальностей науковців» під номером 05.01.04 (біологічні, психологічні і технічні науки).

### **1.3 Методологічні основи ергономіки**

#### **1.3.1 Основні поняття. Об'єкт і предмет ергономіки**

Динамічність розвитку, широке розповсюдження та наявність великої кількості наукових шкіл привели до того, що в даний час не існує загальновизнаного у світі визначення ергономіки. Для того щоб не надавати стримуючого впливу на розвиток ергономіки, асамблея МЕА спеціально прийняла рішення не вводити уніфікованого визначення.

В Україні в державному стандарті (ДСТУ) 3899-99 [42] закріплено наступне визначення: «ергономіка – це науково-практична дисципліна, що вивчає діяльність людини, знаряддя і засоби його діяльності, навколишнє середовище в процесі їх взаємодії з метою забезпечення ефективності, безпеки та комфортності життєдіяльності людини» [1, 42]. Однак аналіз наукових праць відомих в області ергономіки та інженерної психології вчених [4, 5, 7, 8, 12,] показує, що створення нової техніки і розробка нових технологічних процесів призводить до утворення нового середовища для людини. Це середовище може являти собою поєднання природних і штучних умов, а іноді повністю є штучним. Таким чином при створенні нової техніки, мова повинна йти не тільки про техніку, а й про СЛТС, що свідчить про неточність наведеного вище визначення. Про це, зокрема, говорить і А.Т. Ашеров [75], який стверджує, що з визначення ергономіки випала важлива системоутворююча, генетична ознака –

наявність СЛТС. Він вважає точнішим наступне визначення, прийняте в СРСР, а потім і в Росії: «ергономіка – це наука, що займається комплексним вивченням діяльності людини в СЛТС, що відрізняється міждисциплінарною спрямованістю досліджень процесів, засобів і умов діяльності людини в інтересах розробки теоретичних і методичних основ створення високоефективних СЛТС».

З цього визначення виходить, що *об'єктом дослідження* ергономіки є СЛТС. У близькій до ергономіки дисципліні – інженерній психології, вивчають ЛМС, тобто систему, що складається з людини-оператора і машини, за допомогою якої оператор здійснює трудову діяльність. На відміну від інженерної психології ергономіка досліджує ще і фактори зовнішнього середовища (фізичні, соціальні, хімічні), які мають вплив на ефективність і якість роботи СЛТС.

*Предметом дослідження* ергономіки є конкретна діяльність людини (групи людей), що взаємодіє з технічними засобами, предметом діяльності і середовищем в процесі досягнення мети діяльності або при професійній підготовці до її виконання.

*Основною метою* ергономіки є підвищення ефективності та якості діяльності людини в СЛТС при одночасній організації системи заходів, спрямованих на забезпечення збереження здоров'я людини, безпеки його праці та створення передумов для розвитку його особистості [4, 63, 68, 77].

Залежно від особливостей предмета дослідження ряд авторів виділяє в ергономіці кілька областей розвитку. В роботах [8, 77] виділяють дві під-області – *мікроергономіку* і *макроергономіку*. В роботах [12, 26, 63] до них додано *мідіергономіку*. Причиною їх формування стали проблеми, що виникають при проектуванні складних соціотехнічних систем, в яких соціальні і технологічні процеси перебувають у нерозривному зв'язку. Основні ідеї та принципи проектування складних систем виражені в системному підході, який є базою для узагальнюючої дисципліни *теорія систем*. Як відомо з курсу «САтаПКІС», одним з її центральних понять є *ієрархічність* – властивість складної системи, що виражає можливість і доцільність її ієрархічного опису, тобто подання у вигляді декількох рівнів, між компонентами яких є відносини «частина-ціле». При використанні блочно-

ієрархічного підходу до проектування систем, уявлення про систему, що проектується розбивають на ряд рівнів ієрархії. На верхньому рівні використовують найменш деталізований опис, що відображає лише загальні риси і особливості системи. На кожному наступному рівні ступінь деталізації опису зростає. Для кожного рівня існують характерні особливості, закони і принципи, за допомогою яких описується поведінка системи на цьому рівні.

У відповідності із цим підходом у системотехніці для більшості розробок характерно наступне виділення рівнів [62]:

– системний, на якому вирішують найбільш загальні задачі проектування систем, машин і процесів; результати проектування представляють у вигляді структурних схем, генеральних планів, діаграм потоків даних і т. ін.;

– макрорівень, на якому проектують окремі пристрої, вузли машин і приладів; результати представляють у вигляді функціональних, принципівих і кінематичних схем, складальних креслень тощо;

– мікрорівень, на якому проектують окремі деталі й елементи машин і приладів.

У різних наукових і практичних дисциплінах число виділених рівнів та їх найменування можуть відрізнятися. Наприклад, у радіоелектроніці мікрорівень часто називають компонентним, а макрорівень – схемотехнічним. При цьому між ними вводять так званий функціонально-логічний рівень.

Таким чином, згадані вище три галузі розвитку ергономіки, є результатом використання принципу ієрархічності в практиці проектування соціотехнічних систем.

*Макроергономіка* займається дослідженням і проектуванням структури організацій, що забезпечує досягнення цілей які стоять перед організацією і включає в себе [77]: «1) визначення задач або призначення системи, 2) визначення заходів організаційної ефективності і використання цих заходів у якості критеріїв для оцінки можливих альтернативних структур, 3) систематичну оптимізацію основних параметрів структури організації – складності, формалізації і централізації; 4) систематичний облік впливу системних технічних, психологічних характеристик і показників навколишнього середовища на структуру організації; 5) прийняття рішення про тип структури для даної організації».

Згідно з [26, 63, 68] задачі макроергономіки ще ширше – дослідження та проектування систем «людина-соціум, суспільство, держава», «організація – система організацій – ринок».

*Мідіергономіка*, згідно з [26, 63, 68], займається дослідженням і проектуванням систем «людина – робоча група, колектив, організація», «колектив - машина», «людина – мережеве співтовариство», «колектив-організація». Сюди входить проектування організацій, планування робіт, населеність робочих приміщень, гігієна праці, проектування інтерфейсів мережних програмних продуктів (ПП). Таким чином на рівні мідіергономіки вивчається взаємодія на рівні робочих місць і виробничих задач. Очевидно, що в даній інтерпретації частина задач, що вирішується мідіергономікою, збігається із задачами, що розв'язуються макроергономікою в трактуванні авторів [8, 77].

Тільки після оптимального проектування на вищому рівні (макро-, міді-) слід переходити до проектування функцій, робочих задач, типів робіт, видів діяльності тощо на основі вивчення можливостей і особливостей людини, на індивідуальному, груповому або підсистемному рівні, що в [8] і називають *мікроергономікою*. У такій інтерпретації задачі, що вирішуються мікроергономікою на груповому або підсистемному рівні, збігаються із задачами які розв'язуються мідіергономікою у трактуванні Горюнової Л. М., Поплавської О. М., Сергеева С. Ф. [26, 63, 68]. Даними авторами поняття *мікроергономіка* трактується більш вузько, як дослідження та проектування ЛМС, тобто моносистем в яких людина працює з певним пристроєм. У ці системи включаються і інтерфейси «людина – комп'ютер», причому – як апаратні інтерфейси, так і програмні. Відповідно, – «ергономіка програмного забезпечення (ПЗ)» – вважається підрозділом мікроергономіки. Сюди ж відносяться системи «людина-комп'ютер-людина», «людина-комп'ютер-процес», «людина-програма», «людина-ПЗ». Ергономічні принципи проектування людино-машинних інтерфейсів, за навчальним планом для студентів спеціальності 7.05010301 «Програмне забезпечення систем» ЗНТУ, викладаються у навчальній дисципліні «Людино-машинний інтерфейс».

### 1.3.2 Задачі ергономіки

Основна мета ергономіки визначає сім її теоретичних задач [12].

**1. Розробка теоретичних основ і методів проектування діяльності людини-оператора в СЛТС.** Розвиток ергономіки забезпечує проектувальників СЛТС відповідним комплексом підходів, методів і методик з урахування людського фактора. На ранніх етапах переважав *машиноцентричний підхід* до проектування, при якому основна роль в системі відводилася технічним засобам. В даний час розвивається *антропоцентричний підхід*, при якому головним елементом щодо поняття *система* є людина-оператор і його діяльність, а техніка – підпорядкований йому засіб праці.

**2. Дослідження закономірностей взаємодії людини з технічними системами і навколишнім середовищем, що визначають якість його діяльності.** Людину, що працює за допомогою машини, будемо називати оператором. Характерною рисою діяльності оператора є те, що він часто віддалений від об'єктів якими він керує і змушений користуватися інформацією, яка надходить до нього по каналам зв'язку і пред'являється за допомогою різних засобів відображення інформації (ЗВІ). Діяльність людини, яка здійснюється не з реальними об'єктами, а з їх заміниками або імітаторами, називають діяльністю з ІМ реальних об'єктів. Тому важливим елементом інформаційних процесів в СЛТС є система переробки інформації людиною. Повнота вилучення інформації з сигналу визначається багатьма як об'єктивними, так і суб'єктивними особистісними факторами.

Наприклад, в [45] наведено залежність продуктивності пам'яті від імовірності появи символів, а в [50]: залежності точності розпізнання слухових сигналів від числа і характеру ознак слухового сигналу. Завданням ергономістів є систематизація цих закономірностей.

**3. Формулювання принципів створення СЛТС та алгоритмів діяльності в ній людини-оператора.** СЛТС є складними системами, тому їх проектування має проводитися з позицій системного підходу. Необхідними і достатніми компонентами сис-

темного підходу як цілого визнані наступні аспекти [10]: предметний, функціональний і еволюційний. Дослідження в *предметній* площині дозволяють з'ясувати склад елементів, з яких складається система, що досліджується (компонентний аналіз) і їх взаємозв'язки (структурний аналіз). *Функціональний* аспект системного дослідження передбачає аналіз процесу взаємодії елементів системи (аналіз внутрішнього функціонування) і процесу взаємодії системи з навколишнім середовищем (аналіз зовнішнього функціонування). *Еволюційний* аспект має два фактори: генетичний і прогностичний. Перший визначає необхідність дослідження походження системи та її розвитку до того моменту, коли вона стала предметом досліджень. Другий фактор включає прогнозування подальшого розвитку системи, її очікуваної поведінки.

До загальних принципів ергономічного проектування відносять наступні [39]:

- *системної ергономічності*, яка полягає в тому, що ергономічне проектування має бути націлене на досягнення найвищих показників ефективності СЛТС при одночасному дотриманні допустимих або оптимальних умов діяльності людини по соціальним, психологічним, фізіологічним і медико-гігієнічним критеріям;

- *адаптивної ергономічності*, що полягає в тому, що в міру розвитку і вдосконалення інформаційно-програмно-технічних засобів СЛТС ергономічні вимоги повинні переглядатися в напрямку поліпшення їх від допустимих до оптимальних;

- *наукової ергономічності*, що полягає в тому, що питання ергономічного проектування повинні вирішуватися на основі об'єктивних кількісних оцінок;

- *інформаційної ергономічності* СЛТС, що вимагає, щоб інформація про об'єкт, що обслуговується СЛТС, не тільки була повною, достовірною, актуальною, але і представлялася у вигляді, зручному для прийняття рішення людиною;

- *програмно-інтелектуальної ергономічності*, що забезпечує стійку тенденцію розумного звільнення людини від рутинних функцій і створення умов для найбільшої реалізації творчого потенціалу людини, посиленого інтелектуальними можливостями ПЗ, і тим самим сприяючи розвитку особистості оператора.

**4. Висування і перевірка гіпотез про перспективи розвитку праці людини і пов'язаних з нею технічних систем, факторів зовнішнього середовища.** Завдяки науково-технічному прогресу поступово зникає важка фізична праця, з'являються нові професії. Проте автоматизація та впровадження нових ІТ може призвести до симпліфікації (спрощення) праці чи недопустимим психофізіологічним і нервово-психічним витратам людини. У цих умовах актуальною стає розробка ергономічних заходів та рекомендацій щодо: проектування діяльності людини в сучасних технічних системах; подолання психологічного бар'єру при освоєнні нової техніки; підвищення кваліфікації користувачів і забезпечення розвитку їх творчих потреб.

**5. Створення методів дослідження, проектування і експлуатації СЛТС, що забезпечують її безпеку, ефективність і задоволеність працею людини, що в ній працює.** Створення СЛТС відповідним заданим ергономічним вимогам, гарантує досягнення в ході їх експлуатації заданого замовником рівня функціонального комфорту, надійності і безпеки. В Україні з ергономічних причин відбувається близько 80 % від нещасних випадків у виробничих СЛТС, або 20 % від нещасних випадків на виробництві [75]. Дана ситуація склалася внаслідок того, що людина в сучасних СЛТС є найслабшою ланкою, значно поступаючись за своїми можливостями технічній складовій.

Для вирішення задач дослідження, проектування і випробувань СЛТС потрібна розробка моделей їх процесів функціонування (ПФ). При антропоцентричному підході до розгляду СЛТС дані моделі являють собою функціонально-поведінкові моделі, що відображають процес функціонування СЛТС.

Усі відомі методи формалізації даних про процеси функціонування СЛТС можна розділити на три групи. Першу складають методи орієнтовані на формалізацію СЛТС в цілому, тобто як дій людини, так і операцій технічної складової:

– *узagalьнений структурний метод*, заснований на апараті функціональних мереж [10]. Метод дозволяє оцінити такі показники ефективності, якості та надійності функціонування СЛТС як імовірність отримання бездефектного продукту праці, імовірність

виконання процесу функціонування з дефектом, середній час отримання продукту праці, дисперсія часу виконання ПФ та ін.;

– розвиток УСМ на основі алгоритмічних алгебр Глушкова [66].

Другу групу методів становлять методи орієнтовані на формалізацію лише дій людини:

– *операційно-психофізіологічний метод* [46]. Процес функціонування розбивається на окремі операції, що виконуються оператором при взаємодії зі ЗВІ і органами керування (ОК). Для формалізації ПФ використовуються графічні схеми і таблиці, що дозволяють перейти до розрахунку кількісних оцінок функціонування за швидкістю і безпомилковістю з одночасною оцінкою надійності;

– *структурно-алгоритмічний метод* [76]. Моделювання діяльності оператора на основі графа Берже дозволяє вирішувати завдання раціоналізації компонування ЗВІ і органів керування на постах централізованого контролю та керування.

До третьої групи відноситься *логіко-комбінаторний метод* [20], орієнтований на формалізацію алгоритмів функціонування тільки технічних систем. Алгоритм представляється у вигляді схеми з'єднання так званих типових функціональних елементів. Формально алгоритм представляється у вигляді І-АБО графа, або у вигляді морфологічної таблиці, або за допомогою плексограматики. Реалізація методу на ЕОМ дозволяє вирішувати задачі генерації множини альтернативних варіантів алгоритму, з подальшою оптимізацією варіанту його структури по елементному складу, критеріям безпомилковості і швидкодії.

**6. Розробка специфічних категорій ергономіки, що відображають особливості її предмета, змісту і методу.** Розробка, обговорення та прийняття основних категорій ергономіки здійснюється у формі створення ДСТУ. Наприклад, вище було наведено визначення поняття «ергономіка» згідно ДСТУ 3899-99. Ергономіка є молодією наукою, що швидко розвивається, тому для вирішення задач, що виникають у зв'язку з ускладненням технічної сфери і появою складних ерготехнічних (ергатичних) систем (ЕТС), потрібні зміни та доповнення до методологічного і понятійного базису ергономіки.

Наприклад, пост-класична ергономіка розглядає людину як систему, що самоорганізується і відноситься до особливого класу систем, які мають назву *аутопоетичні системи*. Цей термін було введено в працях чилійських вчених У. Матурано і Ф. Варела [58]. Він означає системи, основна мета яких – самовідтворення. Відповідно до біологічної теорії аутопоезіса мозок людини є операціонально-замкнутою аутопоетичною системою, що діє в рамках свого досвіду. До аутопоетичних систем відносяться всі живі організми і соціальні комунікації.

В роботах [69, 70] зазначається, що сучасні досягнення науки і техніки, використання нових технологій, їх безперервне функціональне і якісне ускладнення, перехід до нанотехнологій, призводить до нового розуміння терміну *технічні системи*. Вони розглядаються як системи, що породжують складно організовані технічні середовища. Включення до них людини-оператора призводить до появи у його психіці особливого утворення у вигляді ерготехнічного середовища. *Ерготехнічні середовища* – це новий об'єкт проектування в інженерній психології та ергономіці.

Прикладами ерготехнічних середовищ є середовища, що виникають при роботі операторів з інтерфейсами керування технічними комплексами, що містять системи віртуальної реальності. У них оператор занурюється в штучний світ, життєдіяльність в якому веде до вирішення професійного завдання.

**7. Пошук, виявлення та опис фактів, що демонструють зв'язок якості праці людини з ергономічними параметрами технічних систем і зовнішнього середовища.** З метою підвищення продуктивності праці проектувальників СЛТС, зниження витрат на проведення ергономічних досліджень, підвищення якості виробів що проектуються, поліпшення їх експлуатаційних властивостей використовуються *банки ергономічних даних* (БЕД). Сучасні БЕД виконані з використанням новітніх технічних засобів і технологій систем управління базами даних (СУБД) і містять ергономічну інформацію (дані, знання, процедури), що використовуються в галузі при проектуванні та оцінці СЛТС. Існує велика кількість різних довідників (наприклад [5]) які містять дані про антропометричні, біомеханічні, фізіологічні, психологічні, психофізіологічні та інші характеристики (можливості) людини, ор-

ганізацію його праці, параметрів засобів що проектуються і умов діяльності.

До перелічених наукових напрямків слід додати і такі практичні задачі як проведення комплексної ергономічної експертизи та проектування середовища заселеності.

### **1.3.3 Зв'язок ергономіки з іншими науковими дисциплінами**

Ергономіка займається комплексним вивченням і проектуванням трудової діяльності з метою оптимізації знарядь, умов і процесу праці, а також професійної майстерності. Її об'єктом дослідження є СЛТС, що поєднують в собі властивості біологічних і технічних систем. Тому, для вирішення своїх задач ергономіка використовує методи досліджень, що склалися в інших науках, пов'язаних з людиною та її діяльністю. Процес такої міждисциплінарної взаємодії призводить до створення нових методів досліджень в ергономіці і суміжних дисциплінах.

Зв'язок ергономіки з іншими науками та галузі використання ергономіки наведено в табл. 1.1.

Найбільш тісно ергономіка пов'язана з такою галуззю психології як *інженерна психологія*, предметом якої є процеси інформаційної взаємодії людини і техніки. Ці науки часто ліквідують відмінності між собою в процесі досліджень людино-машинних взаємодій, що призводять до різного трактування їх співвіднесення в науковій літературі. Наприклад, стверджується, що критерієм відмінності між ергономікою та інженерною психологією є їх орієнтація – або на людину (інженерна психологія), або на урахування особливостей людини при проектуванні техніки (ергономіка) [79]. Вважається, що інженерна психологія займається системами – «людина-техніка», а ергономіка – «людина-техніка – середовище».

Більш збалансованим вважаємо трактування згідно [4], у відповідність з яким інженерна психологія розглядає тільки певні аспекти взаємодії людини і машини, у той час як задача ергономіки – комплексне вивчення різних аспектів взаємодії людини і машини, ЛМС і середовища. У цьому відношенні інженерна пси-

хологія, будучи галуззю психології, одночасно виступає і як розділ ергономіки.

**Таблиця 1.1.** Зв'язок ергономіки з іншими науками та галузі використання ергономіки

Ергономіка		
Суміжні дисципліни	Базові дисципліни	Галузі використання (науки, які використовують результати ергономіки)
Інженерна психологія	Психологія Соціологія Економіка Медицина	Дизайн Наукова організація праці
Психологія праці		
Когнітивна психологія		
Соціальна психологія		
Соціологія праці		
Економіка праці		
Фізіологія праці	Технічні науки Педагогіка Математика	Охорона праці Управління якістю
Гігієна праці		
Анатомія		
Теорія систем		
Кібернетика		
Дослідження операцій		
Системотехніка		
Кваліметрія		
Технічна естетика		

Інженерна психологія історично пов'язана з *психологією праці* яка вивчає взаємозв'язок особи з умовами, процесом і знаряддями праці. Фахівцями в даній області накопичено знання з проблем працездатності і стомлюваності, впливу на людину умов праці, характеру операцій, що виконуються, незвичайних і екстремальних умов роботи, трудової мотивації, розвитку потреб і здібностей людини в процесі колективної праці тощо.

Одним з нових напрямків психології, пов'язаного з вивченням процесів придбання, перетворення, подання, зберігання і вилучення з пам'яті знань, а також того, як ці знання потім впливають на нашу увагу і поведінку, стала *когнітивна психологія*.

Ергономіка також взаємодіє з *соціологією* та її галузями *соціологією праці*, *соціальною психологією* та іншими суспільними науками. Без урахування цих зв'язків ергономістами, неможливо правильно прогнозувати соціальний ефект від впровадження розроблених ними рекомендацій.

Ця група соціальних наук в певному відношенні встановлює взаємозв'язок ергономіки з *економікою*, яка також відносить до об'єкта свого дослідження працю. Такі поняття як якість життя, потреби та потенціал людини, ефективність, мотиви, умови праці, розподіл доходів є основоположними для економіки і соціології праці. Сферою збігу інтересів економіки з ергономікою стає підвищення соціально-економічної ефективності нової техніки. Така галузь економіки як *економіка праці* займається докладним аналізом ринку праці, трудових ресурсів та зайнятості, довгостроковим аналізом трудових відносин, досліджує доходи працівників та оплату праці, вивчає проблеми продуктивності та ефективності праці, розробляє методи обґрунтування чисельності працівників. Останні дві задачі безпосередньо пов'язані із задачами ЕЗП, які викладені в п. 2.1.

Ергономіка спільно з *педагогікою* та *педагогічною психологією* покликана сприяти розвитку політехнічної освіти в школах для того щоб закласти фундамент для роботи з новими зразками техніки. Предметом педагогічної психології є факти, механізми і закономірності освоєння соціокультурного досвіду людиною, закономірності інтелектуального і особистісного розвитку учня як суб'єкта

навчальної діяльності, яка організовується і керується педагогом в різних умовах освітнього процесу [47]. За предметом і методом вона приймає до соціальної психології та когнітивної психології.

Ергономіка тісно пов'язана з *фізіологією праці*, яка є спеціальним розділом фізіології, присвяченим вивченню закономірностей протікання фізіологічних процесів людини та особливості їх регулювання під впливом його робочої діяльності. Фізіологія праці обґрунтовує режими праці та відпочинку в залежності від інтенсивності, екстенсивності, складності і значущості трудової діяльності; з'ясовує оптимальні і граничні можливості людини по прийому, переробці і видачі інформації; визначає оптимальні види робочих рухів.

Ергономіка використовує дані *гігієни праці*, яка є розділом гігієни, що вивчає вплив виробничого середовища і трудової діяльності на організм людини і розробляє санітарно-гігієнічні заходи щодо створення здорових умов праці.

Ергономічне проектування СЛТС неможливе без урахування анатомічної будови людини. Предметом вивчення *анатомії людини* як науки, є форма і будова, походження і розвиток людського організму. Однією з наук, на «перетині» яких виникла ергономіка, є *функціональна анатомія*, яка з'ясовує взаємозв'язки особливостей будови органів і систем людського організму з характером їх функціонування, досліджує процеси становлення форми і структури органів в ході індивідуального розвитку.

Одним з нових напрямків досліджень в області синтезу ергономічних знань є *ергономічна антропологія* [81]. Вона відображає одну зі сторін морфо-психологічних досліджень системного характеру, що склалися на стику *антропології* і психології в рамках ергономіки. Предметом її дослідження є морфо-психологічний статус працюючої людини і його роль при вирішенні задач проектування та оцінки предметно-просторової організації робочих місць.

Розвиток ергономіки тісно пов'язаний з технічними і математичними науками: *теорією систем*, *кібернетикою*, *системною технікою*, *дослідженням операцій* та ін. У СЛТС оператор, який представляє специфічну складну систему, функціонує у більш

складній системі, що складається з ряду підсистем зі складними взаємозв'язками між ними. Тому дослідження та проектування СЛТС неможливо без застосування методів теорії систем, яка інтегрує найбільш узагальнене знання про системи різної природи, пояснює їхнє походження, будову та функціонування. В теорії систем виділяють наступні області [72]:

- системотехніка (Systems Engineering), тобто наукове планування, проектування, оцінка та конструювання ЛМС;
- дослідження операцій (Operations research), тобто наукове управління існуючими системами людей, машин, матеріалів, грошей і т. ін.;
- інженерна психологія.

Необхідно відзначити неоднозначність трактування даних напрямків в науковій літературі. Наприклад, *дослідження операцій* в США по предмету досліджень фактично збігається з напрямком *системний аналіз*, який у трактуванні, прийнятому в країнах колишнього СРСР, займається проблемами прийняття рішення в умовах аналізу великої кількості інформації різної природи. У радянській науковій літературі дослідження операцій традиційно означало відокремлену математичну дисципліну, що охоплює дослідження математичних моделей для вибору величин (чисел, функцій), що оптимізують заданий математичний критерій.

Ергономіка вирішує також ряд проблем, поставлених в системотехніці: оцінка надійності, точності і стабільності роботи оператора, дослідження впливу психологічної напруженості, втоми, емоційних факторів і особливостей нервово-психічної організації оператора на ефективність його діяльності в СЛТС, вивчення пристосувальних і творчих можливостей людини.

В міру ускладнення виробничо-технічних процесів виникла суперечність між потребами поліпшення керування, яке повинно було ставати все більш оперативним, заснованим на достатності і своєчасності інформації що надходить, і реальними можливостями такого поліпшення. Міждисциплінарні дослідження питання про підвищення якості керування призвели до виникнення *кібернетики* (від грец. *kybernetike* – мистецтво керування) – науки про керування, зв'язок та переробку інформації. У зарубіжній літера-

турі цей термін більше пов'язаний з розробками технічних аналогів живих організмів.

Областю практичної та наукової діяльності, пов'язаної з розробкою теоретичних основ і методів вимірювання і кількісної оцінки якості (якості керування в тому числі) є *кваліметрія*. Кінцевою метою кваліметрії є розробка і вдосконалення методик, за допомогою яких якість конкретного об'єкта, що оцінюється можна виразити одним числом, що характеризує ступінь задоволення даним об'єктом громадської чи особистої потреби [18].

Для створення оптимальних умов у СЛТС, підвищення продуктивності праці і рівня задоволеності нею, створення найкращих умов праці, побуту і відпочинку людей, підвищення якості продукції ергономіка взаємодіє з *технічною естетикою* – науковою дисципліною, що вивчає соціально-культурні, технічні та естетичні проблеми формування гармонійного предметного середовища, що створюється для життя і діяльності людини засобами промислового виробництва. Технічна естетика і ергономіка складають теоретичну основу *дизайну* [4]. В умовах жорсткої конкурентної боротьби дизайнерське проектування, нарівні з технічним та ергономічним стало обов'язковим видом проектування. У свою чергу, дизайн збагачує ергономічну проблематику шляхом включення її в більш широкий контекст розвитку культури [13].

Для цілеспрямованого вирішення проблеми підвищення якості продукції і процесів її проектування, виробництва і реалізації широко використовуються ідеологія і положення міжнародної організації зі стандартизації (ISO) серії ISO 9000. Впровадження стандартів даної серії в Україні створює базу для незалежної сертифікації продукції, орієнтовану на підтвердження відповідного рівня її якості. Вивчення параметрів, що визначають споживчі властивості продукції, соціально-економічні та організаційно-технічні характеристики процесів її створення, споживання (експлуатації) та утилізації, а також діяльність щодо вдосконалення таких властивостей і процесів є предметом наукового напрямку *управління якістю*.

Ергономіка займається профілактикою *охорони праці*, яка являє собою комплекс правових, організаційних, технічних, еко-

номічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці та збереження здоров'я працюючих.

Комплексний підхід, характерний для ергономіки, дозволяє одержати всебічне уявлення про трудовий процес і тим самим відкриває широкі можливості його вдосконалення. Саме ця сторона ергономічних досліджень представляє особливу цінність для *наукової організації праці*. При цьому практичному впровадженню конкретних заходів передують ретельний науковий аналіз трудових процесів і умов їх виконання, а самі практичні заходи базуються на досягненнях сучасної науки і передової практики.

Завершуючи розгляд міждисциплінарних зв'язків ергономіки, необхідно висвітлити її місце в системі підготовки інженерів-програмістів. Вивчення ергономіки базується на деяких розділах ряду учбових дисциплін. Знання з області фізики потрібні для проведення інженерно-ергономічних вимірів і експериментів, при вивченні характеристик аналізаторів людини. Математичні знання потрібні при вивченні кількісних характеристик діяльності оператора. Економіка сприяє правильному розумінню ролі і місця людини при різних способах виробництва. Без опори на загальну теорію систем неможливо вивчення СЛТС. Знання можливостей і принципів побудови ЕОМ допомагає у вивченні питань розподілу функцій між людиною і машиною та моделювання діяльності оператора.

Окрім цього ергономіка є базою для вивчення таких дисциплін за профілем підготовки студента, як «Проектування, моделювання та аналіз інформаційних систем», «Менеджмент програмних систем», «Якість інформаційних систем», «Моделі та метрика програмних систем», «Охорона праці в галузі» та ін. Для вивчення цих дисциплін потрібні знання характеристик і можливостей людини, його властивостей і станів в процесі праці.

#### **1.4 Класифікація людино-машинних систем**

Класифікації завжди відносні і залежать від обраної класифікаційної ознаки. Наприклад, одна й та ж комп'ютерна система, з точки зору програмного та технічного забезпечення, що в

ній використовується може бути віднесена користувачами до класу сучасних систем (тобто мати від них оцінку «відмінно»), а з точки зору дизайнерських та ергономічних рішень її зовнішніх елементів (корпус системного блоку, дисплей, клавіатура, миша тощо) – до застарілих (тобто мати оцінку «задовільно», або нижче).

Але відносність класифікацій не повинна зупиняти дослідників, проектувальників та експлуатаційників. Мета будь-якої класифікації – обмежити вибір підходів до відображення системи, зіставити виділеним класам необхідні прийоми і засоби, і дати рекомендації по вибору методів (дослідження, проектування тощо) для відповідного класу систем.

Стосовно питань урахування «людського фактору» у системах різного призначення, в науково-технічній літературі, існує багато термінів: *система «людина-машина»* (СЛМ), *людина-техніка*, *організаційні*, *ергатичні*, *гуманістичні*, *інтерактивні* та ін. Таке розмаїття визначень пов'язано передусім із тим, що людино-машинні комплекси є новим, нетрадиційним об'єктом дослідження. Крім того ергономіка є наукою, яка виникла на стику багатьох наук (див. п. 1.3.3), предметом дослідження яких є людина. Тому спеціалісти з цих наукових напрямків можуть використовувати свої, звичні їм терміни та поняття.

Найбільш поширеним у ергономіці та інженерній психології є термін *СЛМ* (man machine system – MMS), при цьому поняття *машина* трактується авторами достатньо широко. Однак в СРСР, згідно ГОСТ 26387-84 [34], а потім в Україні, згідно ДСТУ 2429-94 [41], за цим терміном закріплено наступне поняття: СЛМ – це система, що містить у собі людину-оператора, машину, за допомогою якої вона здійснює трудову діяльність, і середовище на робочому місці.

Таким чином, в сучасних умовах між людиною і об'єктом праці поміщаються складні *технічні засоби*, за допомогою яких вона, виконуючи складні моторні та уявні операції, слідуючи запропонованому алгоритму діяльності, впливає на об'єкт. При цьому технічні засоби, як правило, виконані у вигляді робочих місць і містять пульт керування, ІМ, ЗВІ та органи керування.

Людина, що виконує функції керування в СЛМ, називається *оператором*. В ергономіці [41], під цим терміном розуміють людину, яка здійснює трудову діяльність, основу якої складає взаємодія з машиною та середовищем на робочому місці з використанням ІМ та органів керування. Розглянемо визначення складових термінів цього поняття згідно [34, 41].

*Діяльність оператора* – процес, що складається з окремих дій, які здійснює оператор для досягнення мети, поставленої перед СЛМ.

*Машина* у СЛМ – пристрій, механізм, комплекс, інформаційна система, система керування, з якою взаємодіє оператор у процесі трудової діяльності.

*Середовище робочого місця оператора СЛМ* – сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціально-психологічних і естетичних факторів навколишнього середовища, що впливають на людину на робочому місці.

*Робоче місце оператора СЛМ* – частина простору в СЛМ, обладнана ЗВІ, органами керування та допоміжним устаткуванням, яка допомагає оператору СЛМ здійснювати свою діяльність.

*ІМ діяльності оператора СЛМ* [41] – установлення виду (модальності), складу, обсягу, форми, організації відображення інформації, що подається в процесі діяльності оператора СЛМ, на основі якої оператор формує оперативний образ, аналізує та синтезує інформацію, приймає рішення та контролює хід його виконання. Згідно [34], *інформаційна модель СЛМ* – умовне відображення інформації про стан об'єкта впливу, СЛМ і способів керування ними.

*Засоби відображення інформації* – пристрій в СЛМ, який призначений для сприймання оператором сигналів про стан об'єкта дії, системи «людина-машина» і способи керування ними (індикатори, дисплеї, табло, мнемосхеми, сигналізатори тощо). Тобто за допомогою ЗВІ реалізується той чи інший спосіб відображення ІМ оператору.

*Орган керування СЛМ* – технічний засіб у СЛМ для пересилання керівної дії від оператора до машини (вимикачі, перемикачі, тумблери, маховики, штурвали, важелі, педалі тощо).

Визначення терміну *оператор* згідно діючого стандарту для СЛМ, приводить до протиріч при дослідженні реальних систем. Згідно з цим документом, обов'язковою ознакою для правомірного застосування терміну *оператор* є вимога наявності ІМ. Проте машиніст локомотива (оператор), наприклад, користується не тільки інформацією про стан відповідних систем локомотиву, швидкість і т.д., одержаної через панель приладів в кабіні (ІМ), а і візуальною інформацією про ситуацію на дорозі, одержаної безпосередньо, а не через ІМ. В той же час у нього є ОК локомотивом і він має право називатися оператором.

При всій важливості задач дослідження операторської діяльності ними не вичерпується вся номенклатура видів діяльності людини на виробництві. Більш широким терміном що охоплює діяльність і оператора, і спеціалістів, які обслуговують знаряддя праці оператора, є термін *система «людина-техніка»*, що включає в себе СЛМ як одну з складових частин [10]. Але в багатьох наукових і адміністративних сферах наукової діяльності вид компонента «техніка» грає не саму визначену роль, а на перше місце виходять взаємовідносини членів трудового колективу. В зв'язку з цим з'явився термін *організаційні системи*, яким користуються, коли потрібно підкреслити взаємодію членів колективу, або членів колективу та керівників.

Аналіз систем, що були перераховані вище, показав, що вони мають такі спільні риси: наявність в них людини, тобто гуманістичність систем; по-друге, цілеспрямованість поведінки систем. *Гуманістичні системи* – будь-які системи у складі яких є людина. Істотною ознакою для класифікації гуманістичних систем є вид мети, що визначає поведінку системи. Одним із їх класів є *ергатичні системи*, в яких ціллю діяльності спеціаліста (трудового колективу) є утворення нового продукту праці.

Виділяють наступні підкласи ергатичних систем [1, 10]:

- *виробничі*, результатом функціонування яких є новий матеріальний продукт праці: технічний – в системах промислового виробництва, природний – в системах виробничо-природних;
- *інформаційні*, результатом функціонування яких є продукт праці у вигляді нової інформації;

– *експлуатаційні*, результатом функціонування яких є новий стан матеріального об'єкту.

*Ергатичний елемент* – суб'єкт праці (спеціаліст), що знаходиться на робочому місці з конкретною функцією і необхідним для виконання її ергономічним забезпеченням діяльності, тобто сукупністю алгоритмічних та інформаційних засобів, що забезпечують взаємодію суб'єктів праці між собою, зі знаряддями праці і предметами праці.

*Неергатичний елемент* – узагальнене найменування знаряддя праці, продукту праці, предмета праці (або їх поєднань), що входять в ергатичну систему, тобто це її «неживі» елементи.

З урахуванням введених вище визначень під ЕТС будемо розуміти клас гуманістичних систем «людина-техніка», що складаються з сукупності ергатичних і неергатичних елементів, взаємодія яких завдяки діяльності ергатичних елементів об'єднується в єдиний цілеспрямований процес функціонування, цілями якого є отримання конкретного продукту (продуктів) праці із заданою якістю.

Проектування та побудова складних ЕТС вимагає великих затрат сили і часу в проектно-конструкторських розробках. В останні 50 років продуктивність праці в промисловості збільшилась в десятки разів, а в області проектування – лише у два рази. Тому автоматизація праці ергономіста-проектувальника ЕТС (ЛМС зокрема) є актуальною проблемою.

## 1.5 Приклади та ілюстрації

### *Приклад 1. Класифікація ЕТС.*

*Завдання:* Продовжити класифікацію ЕТС згідно табл. 1.2 за видом продукту праці для підкласу інформаційних ЕТС.

**Таблиця 1.2.** Приклад класифікації ЕТС

Підклас ЕТС	Тип ЕТС	Вид ЕТС	Ергатичний елемент	Неергатичний елемент		
				Знаряддя праці	Предмет праці	Продукт праці

*Розв'язок:*

*Тип інформаційних ЕТС.* Одним із типів інформаційних ЕТС є ЕТС які виробляють інформацію.

*Вид ЕТС:* Різновидом виробляючих інформацію ЕТС є дослідницькі ЕТС.

*Ергатичний елемент.* Очевидно, що основним ергатичним елементом (спеціалістом) в дослідницьких ЕТС є дослідник (інженер, науковець).

*Знаряддя праці.* Прикладом знаряддям праці дослідника може бути АСНД.

*Предмет праці.* Предметом праці дослідника може бути об'єкт, що досліджується, або його модель.

*Продукт праці.* Продуктом праці дослідників є здобута нова інформація про об'єкт, що досліджується

### ***Приклад 2. Формалізація процесу функціонування СЛТС.***

*Завдання:* Скласти функціональну структуру процесу обслуговування одного клієнта при купівлі кофе в автоматі. Опис зробити за допомогою УЗМ (див. п. 1.3.2). При описі слід виходити з наступного.

Технічну частину СЛТС складає кавовий апарат (КА) із програмним забезпеченням. Суб'єктом СЛТС є покупець. Процес обслуговування має опис у вигляді компонентно-функціональної структури наданої в табл.1.3.

*Розв'язок.* Процесу функціонування системи «покупець – КА» включає наступні типові функціональні одиниці (ТФО):

- P1 – вибір напою з асортименту;
- P2 – внесення грошей;
- P3 – вибір кількості цукру;
- P4 – повернути внесені гроші;
- P5 – забрати здачу;
- K1 – контроль обраного напою;
- K2 – контроль терміну внесення оплати;
- K3 – контроль внесеної суми;
- K4 – контроль вибору кількості цукру;
- K5 – контроль повернення грошей;
- K6 – контроль операції повернення здачі;
- A1 – підтвердити оплату, або повернути гроші;

- A2 – забрати здачу, або завершити роботу;  
 3 – затримка на час, необхідний КА для виконання підготовчих дій;  
 1 – завершення роботи з апаратом при поверненні грошей;  
 2 – завершення роботи з апаратом.

**Таблиця 1.3.** Компонентно-функціональна структура для покущів

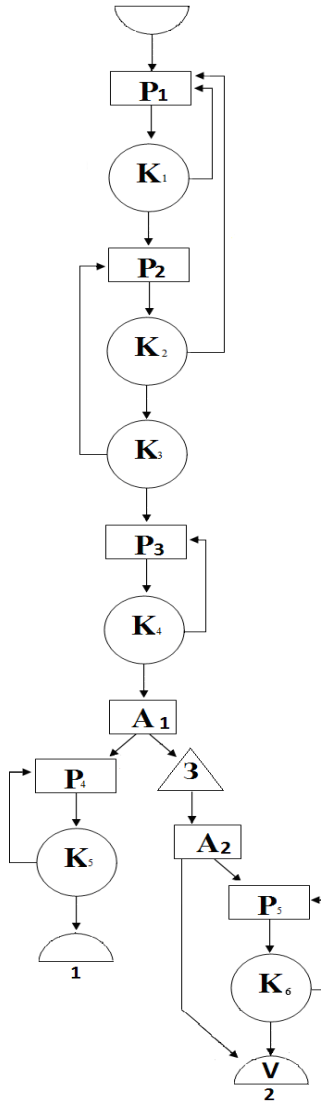
Задачі	Процедури	Дії покупця та КА
		Отримати необхідний напій
1		Вибрати і сплатити напій
	1.1.	Вибрати напій із запропонованого списку, якщо напій закінчився, то видати відповідне повідомлення
	1.2	Вибрати кількість цукру
	1.3	Внести потрібну суму грошей упродовж 10 секунд, інакше автомат переходить в початковий стан
	1.4	Сплатити вартість напою або повернути внесені гроші. У разі повернення грошей повернутися в початковий стан
	1.5	Якщо внесена сума перевищує вартість напою, то видати здачу; якщо менше – то видати відповідне повідомлення «Недостатньо коштів» і повернутися в пункт 1.1.4
	1.6	Отримати готовий напій

Функціональна структура процесу обслуговування одного клієнта представлена на рис. 1.2.

**Приклад 3. Розрахунок показників якості функціонування СЛТС.**

*Завдання:* Для процесу функціонування СЛТС описаного у попередньому прикладі мовою УСМ (див. рис. 1.2) вирахувати наступні показники якості реалізації усього ПФ:

- імовірність безпомилкового виконання  $B^I$ ;
- математичне очікування часу виконання  $M$ ;
- дисперсію часу виконання  $D$ .



**Рисунок 1.2.** Функціональна структура процесу покупки напою в КА

*Вихідні дані.* В табл. 1.4 наведено показники безпомилково-го виконання робочих операцій.

**Таблиця 1.4.** Показники безпомилкового виконання робочих операцій

Показник		Операція						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Імовірність $B^I$		0,9998	0,9975	0,9979	0,98	0,98	0,97	0,96
Часовий	$M, c$	0,3	0,18	0,18	0,268	0,268	0,258	0,238
	$D, c^2$	0,19	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,11

В таблиці 1.5 наведено показники безпомилкового виконання контрольних операцій.

**Таблиця 1.5.** Показники безпомилкового виконання контрольних операцій

Показник		Операція					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
Імовірність	$K^{I1}$	0,995	0,994	0,998	0,995	0,998	0,994
	$K^{00}$	0,975	0,970	0,985	0,975	0,985	0,970
Часовий	$M, c$	1,5	0,4	1,6	0,5	0,8	0,8
	$D, c^2$	0,7	0,5	0,6	0,8	1	0,7

В таблиці 1.6 наведено показники безпомилкового виконання альтернативних операцій.

**Таблиця 1.6.** Показники безпомилкового виконання альтернативних операцій

Показник		Операція	
		A1	A2
Імовірність, $B^I$		0,6	0,6
Імовірність	$A^{I1}$	0,6	0,6
	$A^{22}$	0,4	0,4
Часовий	$M, c$	9,8	9,8
	$D, c^2$	1,0	1,0

У табл. 1.5, 1.6 наведено наступні показники:

$K^{00}$  – імовірність виявлення помилки при її наявності;

$K^{I1}$  – імовірність виявлення відсутності помилки при її відсутності ( $K^{I0} + K^{I1} = 1$ ).

$A^{I1}$  – імовірність того, що при необхідності першої альтернативи вибрана перша альтернатива;

$A^{22}$  – імовірність того, що при необхідності другої альтернативи вибрана друга альтернатива.

Показники ТФО «Затримка» наступні:  $M = 4,12c$ ;  $D = 0,62c$ .

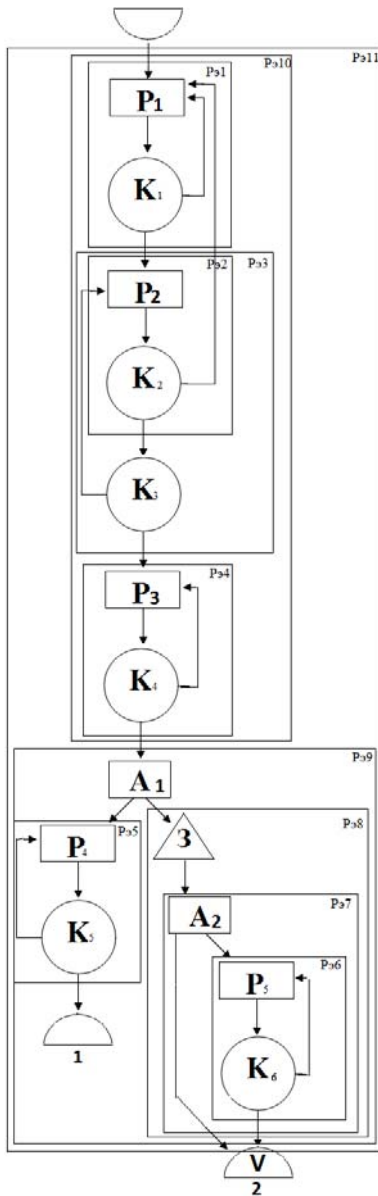
*Розв'язок.* Поетапне згорання типових функціональних структур (ТФС) необхідно виконувати згідно рекомендацій та формул згорання [5]. Схема згорання наведена на рис. 1.3. Результати згорання представимо у вигляді табличного протоколу згортки наведеного в табл. 1.7.

**Таблиця 1.7.** Протокол згортки функціональної структури

№	Згортались ТФС	Еквівалентні	Тип	$B$	$M$	$D$
1	P1 K1	Pe1	PK	1,0000	1,81	0,91
2	P2 K2	Pe2	PK	0,9999	0,58	0,54
3	Pe2 K3	Pe3	PK	1,0000	2,18	1,15
4	P3 K4	Pe4	PK	0,9999	0,68	0,83
5	P4 K5	Pe5	PK	0,9997	1,09	1,08
6	P5 K6	Pe6	PK	0,9994	1,11	0,78
7	Pe6 A2	Pe7	AL	0,9994	10,91	1,78
8	Pe7 3	Pe8	ЗР	0,9994	15,03	2,4
9	Pe5 Pe8 A1	Pe9	AL	0,9991	26,19	4,48
10	Pe1 Pe3 Pe4	Pe10	PP	0,9999	4,67	2,89
11	Pe10 Pe9	Pe11	PP	0,9990	30,86	7,37

Остаточні результати розрахунків наступні:

- імовірність безпомилкового виконання: 0,9990;
- математичне очікування часу виконання: 30,86 с;
- дисперсія часу виконання: 7,37 с<sup>2</sup>.



**Рисунок 1.3.** Схема згорання функціональної структури процесу покупки напою в КА

## 1.6 Практичні завдання

*Завдання 1.* Напишіть реферат на одну із тем:

1. Узагальнений структурний метод формалізації СЛТС.
2. Операційно-психофізіологічний метод формалізації дій людини.
3. Структурно-алгоритмічний метод формалізації дій людини.
4. Логіко-комбінаторний метод формалізації алгоритмів функціонування технічних систем.
5. Людина, як аутопоетична система.

*Завдання 2.* Продовжити класифікацію ЕТС за видом одержуваного продукту праці згідно табл. 1.2 для наступних підкласів ЕТС:

- виробничі ЕТС;
- обслуговуючі ЕТС;
- експлуатаційні ЕТС.

*Завдання 3.* Вирахувати наступні показники якості реалізації ПФ:

- імовірність безпомилкового виконання  $B^I$ ;
- математичне очікування часу виконання  $M$ ;
- дисперсію часу виконання  $D$ .

Для варіантів функціональних структур процесів (рис. 1.4), у якості вихідних даних необхідно використовувати табл. 1.4, 1.5. При обчисленні використовуйте значення показників тільки для тих операцій, що належать до обраного варіанту.

*Завдання 4.* Наведіть приклади неергономічності навколо нас в наступних сферах: побутовій, на виробництві, в навчальному закладі, в сфері обслуговування, на транспорті.

## 1.7 Контрольні запитання

1. Що таке ергономіка?

2. Який період був найбільш важливим для розвитку ергономіки та інших наук, що вивчають людину? Охарактеризуйте його фази.

3. Які провідні вчені та наукові напрямки сприяли розвитку ергономіки в кінці XIX початку XX сторіччя?

4. Який сучасний напрямок ергономічних розробок є найважливішим?

5. Які ви знаєте основні етапи формування ергономіки в Європі?

6. Які ви знаєте основні етапи формування ергономіки в США?

7. Які ви знаєте основні етапи формування ергономіки в Азії?

8. Які ви знаєте основні етапи формування ергономіки в СРСР у повосенний час?

9. Назвіть провідних вчених СРСР та їх наукові напрямки, що сприяли розвитку ергономіки в другій половині XX сторіччя.

10. Які функції виконувала Радянська ергономічна асоціація, а потім Міжрегіональна ергономічна асоціація?

11. У яких навчальних закладах Росії та України здійснюється підготовка фахівців з ергономіки?

12. У виконанні яких фундаментальних та цільових комплексних науково-дослідницьких програмах приймали участь українські фахівці в радянські часи?

13. Яка організація об'єднує фахівців в області ергономіки в сучасній Україні?

14. Яка загальна потреба господарського комплексу України у фахівцях з ергономіки різного спрямування?

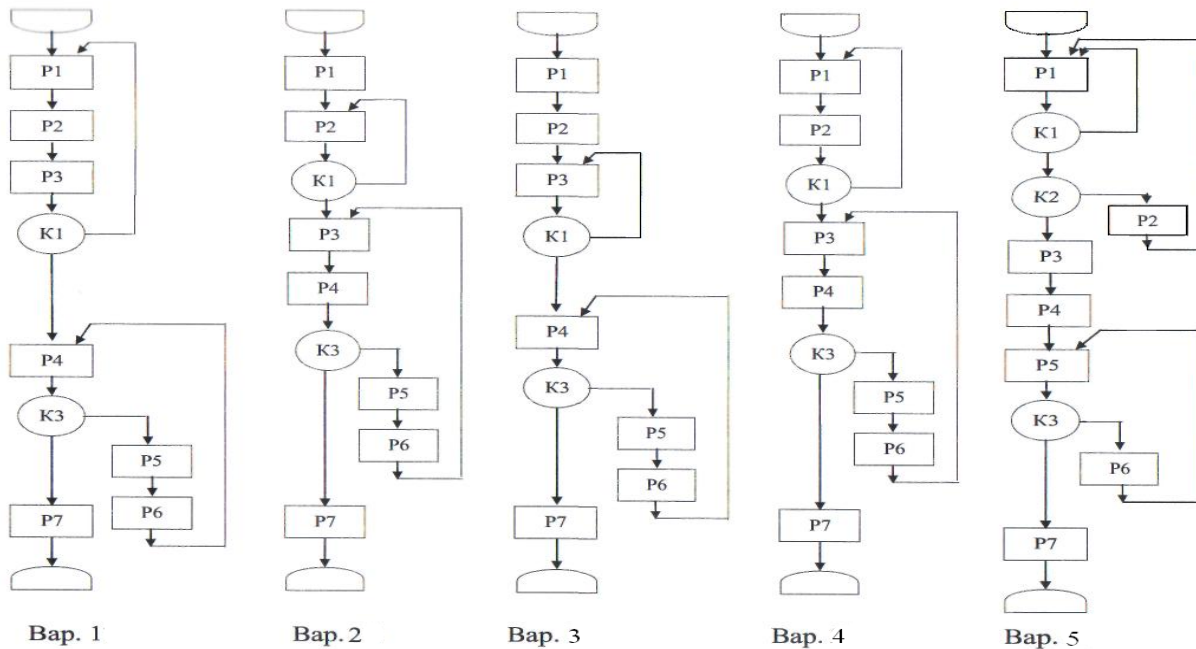
15. Який об'єкт дослідження ергономіки?

16. Який предмет дослідження ергономіки?

17. Яка основна мета ергономіки?

18. Які області розвитку залежно від особливостей предмета дослідження виділяють в ергономіці?

19. Чим займається макроергономіка? Наведіть приклад.
20. Чим займається мідіергономіка? Наведіть приклад.
21. Чим займається мікроергономіка? Наведіть приклад.
22. Які основні теоретичні задачі ергономіки?
23. У чому різниця між машиноцентричним та антропоцентричним підходами?
24. Які загальні принципи ергономічного проектування?
25. Порівняйте можливості узагальненого структурного та операційно-психофізіологічного методів формалізації даних про процеси функціонування СЛТС.
26. Що таке аутопоетична система? Наведіть приклад.
27. Що таке банки ергономічних даних?
28. З яким науковим напрямком найбільш тісно пов'язана ергономіка?
29. Без урахування чого неможливо правильно прогнозувати соціальний ефект від впровадження розроблених ергономістами рекомендацій?
30. З якими технічними науками пов'язана ергономіка?
31. З якими математичними науками пов'язана ергономіка?
32. Який предмет дослідження наукового напрямку управління якістю?
33. Чим Ви поясните зміну пріоритетів ергономіки?
34. Яка мета будь-якої класифікації?
35. В чому різниця між термінами *система «людина-машина»* та *система «людина-техніка»*?
36. В чому особливості ЕТС?
37. В чому різниця між ергатичним та неергатичним елементами?



**Рисунок. 1.4.** Варіанти функціональних структур

*Повеліваю хазяїна Тульської фабрики Корнилу Білоглазова бити батогом і заслати на роботу в монастирі, тому що він, підлотник, насмілився війську Государеву продавати негодящі пищали і фузеї.*

*Петро І.*

*Указ Царя від 11 січня 1723 року*

## **2 ЕРГОНОМІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЛЮДИНА-ТЕХНІКА-СЕРЕДОВИЩЕ**

### **2.1 Ергономічне забезпечення проектування систем «людина-техніка-середовище»**

Проектування СЛТС необхідно вести з позицій системного підходу, тобто процес проектування повинен складатися з трьох основних частин [9, 13, 74]: технічного, художнього і ергономічного. Технічне проектування полягає в розробці машинної частини системи. Цей вид проектування є традиційним. Художнє (дизайнерське) проектування виконується для забезпечення необхідних споживчих властивостей системи. Його ціллю є відображення властивостей емоційно-мотиваційної сфери людини, створення в неї певного естетичного відношення до продукту проектування.

СЛТС створюються в результаті спільної діяльності колективів, що складаються з фахівців різного профілю. Процес створення включає етапи розробки технічного проекту, конструювання, створення і випробувань дослідного зразка, розробки технічної та технологічної документації, проведення державних випробувань і впровадження у виробництво. На кожному етапі вирішуються специфічні задачі, в тому числі – урахування людського фактора. Система урахування особливостей людини в процесі

розробки людино-машинних комплексів називається *системою ергономічного забезпечення розробки та експлуатації*.

Під системою *ергономічного забезпечення проектування* СЛТС прийнято розуміти сукупність методів і засобів, що використовуються на всіх стадіях розробки, функціонування СЛТС та її компонентів і призначених для формування заданого рівня ергономічних властивостей, ергономічної якості системи шляхом обґрунтування та вибору організаційно-проектних рішень, що створюють оптимальні умови для високоефективної діяльності людини в усіх компонентах СЛТС для найшвидшого освоєння можливостей, що закладені в них, в тому числі автоматизованих системах, та для постійного вдосконалення методів їх використання.

В ДСТУ 2429-94 під системою ергономічного забезпечення СЛМ розуміють «сукупність взаємопов'язаних організаційних заходів, науково-дослідних і проектних робіт, які реалізують ергономічне забезпечення СЛМ». Взаємозв'язок конструкторських, дизайнерських і ергономічних робіт в процесі проектування виробів докладно розглянуто в [13].

Термін *ергономічне проектування* до його закріплення в ДСТУ 3899-99 [42] не був загальноприйнятим. ДСТУ 3899-99 визначає цей термін як «вид проектної діяльності, яка спрямована на формування ергономічних властивостей СЛТС, що забезпечують задані умови її функціонування за оптимальних або допустимих навантажень людини».

Відмінними рисами ЕЗП від інших підходів до проектування СЛТС є [5], по-перше, принципіальна орієнтація на проектування ієрархічних СЛТС, по друге, виділення та розглядання конкретного числа проектних задач, що вирішуються. В число таких задач входять п'ять головних задач та одна допоміжна, що направлена на експертизу одного або декілька конкуруючих варіантів проектних ергономічних рішень, що висовуються в процесі рішення головних задач ЕЗП.

В склад головних задач входять:

– вибір чисельності персоналу СЛТС і розподіл функцій між персоналом системи, тобто розробка загальної організації системи;

- вибір ступеня автоматизації управління та контролю, тобто розподіл функцій між людиною і автоматизованими приладами (машиною) на кожному індивідуальному робочому місці;
- розробка ІМ і алгоритмів функціонування СЛТС;
- проектування індивідуального (колективного) робочого місця;
- проектування умов праці на робочому місці.

Вирішення цих задач здійснюється на відповідних стадіях проектування СЛТС.

Підсумковим результатом ЕЗП є ергономічний проект, тобто сукупність документів та зразків, що відображають і узагальнюють кінцеві результати ергономічного проектування СЛТС, з додаванням матеріалів, які містять постановку, обґрунтування та рішення задач ергономічного проектування, а також результати контролю досягнутої якості.

Таким чином, специфічною функцією ЕЗП, як невід’ємної частини системного проектування СЛТС є забезпечення придбання системою та її окремими складовими (людиною, машиною, середовищем) необхідного рівня ергономічної якості. Ергономічна оцінка якості проводиться на основі номенклатури ергономічних вимог і показників, відносини яких характеризуються певною ієрархічною залежністю.

Відповідно до [5] проектування СЛТС повинно базуватися на виконанні загальних ергономічних вимог (ЗЕВ), що відносяться до ЛМС будь-якого класу і її елементів, і окремих ергономічних вимог (ОЕВ), яким повинні задовольняти конкретна ЛМС та її елементи або конкретний клас систем.

Номенклатура, суть і порядок вибору ЗЕВ встановлені стандартом СРСР – ГОСТ 20.39.108-85 [30]. У цьому документі визначені основні групи ЗЕВ до організації ЛМС, організації діяльності оператора, технічних засобів діяльності (машинної частини системи), формування і підтримки працездатності оператора, жилим приміщенням, факторам зовнішнього середовища.

ГОСТом 20.39.108-85 встановлена така ергономічна складова якості, як *ергономічність*. Згідно ДСТУ 3899-99 ергономічність СЛТС це «комплексний показник, що характеризує сукупність її ергономічних властивостей». Ергономічність СЛТС згід-

но ГОСТ 20.39.108-85 визначається такими властивостями, як *керованість*, *обслугованість* і *опанованість*, які можуть бути прийняті у вигляді найбільш загальних критеріїв цілей ергономічного забезпечення.

*Зручність керування і контролю (керованість)* – відповідність алгоритмів керування СЛТС (маніпулювання органами керування), можливостей контролювання цих алгоритмів антропометричним, біомеханічним, психофізіологічним характеристикам людини.

*Обслугованість* – сукупність властивостей СЛТС та її елементів, що визначають комфортність та швидкість проведення технічного обслуговування, ремонту, підготовки СЛТС до експлуатації; складність алгоритму обслуговування і ремонту, якість технічних засобів діагностування несправностей і зручність їхнього усунування, якість технічної документації; зручність доступу до регульованих і замінюваних елементів системи.

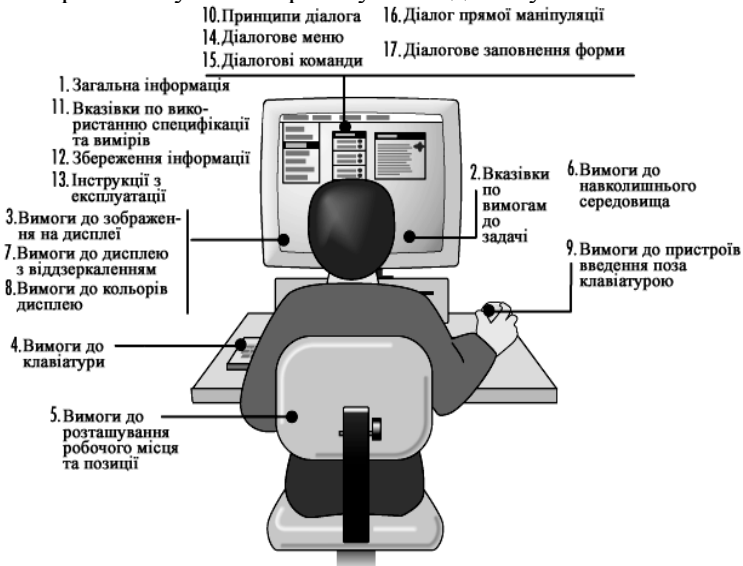
*Опанованість* – сукупність властивостей СЛТС та її елементів, що визначають рівень пристосованості до швидкого і ефективного опанування СЛТС людиною.

Вищезазвані властивості ергономічності СЛТС, виконання яких гарантує оптимальне поєднання машинної частини з психофізіологічними особливостями діяльності людини з управління, обслуговування та освоєння СЛТС відносяться до основних. В деяких джерелах до основних властивостей відносять і *заселеність (inhabitanсe)* [4, 63]. Під заселеністю розуміють ергономічну властивість техніки, за якої умови її функціонування наближаються до оптимальних з точки зору життєдіяльності працюючої людини, а також забезпечується зменшення чи ліквідація впливу шкідливих чинників роботи машини на навколишнє середовище. Ця властивість в ГОСТ 20.39.108-85 виділена в окрему групу.

Порядок формування ПЕВ визначається документами, які розробляються на основі сформованої системи ЗЕВ. Прикладом такого документа може служити стандарт ISO 9241 під загальною назвою «Ергономічні вимоги до офісної роботи з візуальними дисплейними терміналами (VDT)», що складається з 17 частин, кожна з яких несе відповідальність за різні позиції (рис. 2.1).

Кожна частина орієнтована на різні аспекти роботи з VDT, включаючи робочий простір і навколишнє середовище і встановлює ОЕВ, що відображають специфіку цього класу ЛМС. Наприклад, вимоги до дисплеїв, клавіатур, до віддзеркалення, до кольору, до компоновання елементів на екрані, до діалогів і повідомлень про помилки. Стандарт забезпечує докладний опис ергономічних характеристик продуктів і оцінку ергономічних властивостей системи.

Розглянемо більш детально ті частини стандарту, які визначають ергономіку ПЗ та проектування діалогу.



**Рисунок 2.1.** Відповідність між 17 частинами стандарту і різними аспектами робочого місця

**Стандарт ISO 9241-10** «Принципи ведення діалогу», представляє наступні ергономічні принципи (ЗЕВ), які рекомендують застосовувати для конструювання діалогу між користувачем і програмним забезпеченням інтерфейсу:

- придатність для задачі, що виконується;
- самодокументованість;
- керованість;

- відповідність очікуванням користувача;
- стійкість по відношенню до помилок;
- придатність для індивідуалізації;
- придатність для вивчання.

Дані принципи формують основу для розуміння будь-яких специфічних ергономічних рекомендацій (ОЕВ), пов'язаних з ПЗ, і викладених в інших частинах ISO 9241. Ці принципи не дозволяють забезпечувати строгу перевірку відповідності, хоча можна перевірити, чи можуть вони бути придатними до застосування.

**Стандарт ISO 9241-11** «Керівництво щодо забезпечення юзабіліті» (Guidance on usability) забезпечує інструкції з приводу визначення і вимірювання ергономічної придатності (*юзабіліті*) продукції до використання. Відповідно до даного стандарту «юзабіліті – це ступінь ефективності, продуктивності та задоволеності, з якими продукт може бути використаний певними користувачами в певному контексті використання для досягнення певних цілей». Більш детально поняття юзабіліті розглянуто в п. 3.2.

В ISO 9241-11 міститься концепція юзабіліті, яку допускається використовувати як частину специфікації вимог ергономіки. Вона включає в себе описи контексту використання, процедури оцінки, які слід проводити, і заходи, пов'язані з критеріями, котрі необхідно дотримуватися при оцінці придатності системи.

**Стандарт ISO 9241-12** «Подання інформації», забезпечує керівництво по специфічним питанням ергономіки, які використовуються при поданні та наданні інформації у візуальній формі. Він включає керівництво по способам представлення складної інформації, конструкції і розташуванню екрану, а також використанню вікон. Тут викладені відповідні матеріали, взяті з існуючих збірників керівництв і рекомендацій без конкретних вказівок щодо проведення формальних випробувань на відповідність. Однак навіть у такому вигляді ці рекомендації можуть використовуватися розробниками.

**Стандарт ISO 9241-13** «Керівництво користувача». Інструкції для користувача, визначені стандартом, є інформацією, яка надається користувачеві за межами звичайного діалогу користувач-комп'ютер за запитом користувача або автоматично системою. Наприклад, інформацію про стан, інформацію, пов'язану

зі зворотним зв'язком або допомога в режимі онлайн, шляхом підсвічування вибраного об'єкту меню або шляхом підкреслення ярлика поля у необхідного поля введення. Інструкції включають документацію, допоміжні екрани, системи для обробки помилок, які завжди повинні бути доступні і допомагати користувачеві при досягненні цілей.

**Стандарти ISO 9241-14 — ISO 9241-17** є більш специфічними, ніж рекомендації в ISO 9241 — ISO 9241-13, оскільки в них містяться рекомендації для специфічних методик діалогу. Часто в інтерфейсі для забезпечення відповідності різним рівням навичок користувача, а також різним характеристикам завдання використовується більше однієї методики діалогу. Розрізняють наступні методики діалогу:

- «Діалоги типу вибору меню» (ISO 9241-14);
- «Командні діалоги» (ISO 9241-15);
- «Діалоги простих маніпуляцій» (ISO 9241-16);
- «Діалоги для заповнення форми» (ISO 9241-17).

**Стандарт ISO 9241-14** являє собою керівництво по проектуванню систем на основі меню (наприклад, спадаючих і спливаючих меню). Стандарт містить значну кількість керівництв, розроблених на основі опублікованих джерел. Для кожного керівництва існують критерії, які допомагають встановити, можна його застосувати для системи чи ні.

**Стандарт ISO 9241-15** являє собою керівництво для конструювання командних діалогів, що базуються на застосуванні тексту. У діалогах команд користувачі вводять повні або скорочені команди у відповідності з синтаксисом мови команд, а комп'ютер виконує дії, пов'язані з командами та їх параметрами.

**Стандарт ISO 9241-16** являє собою керівництво по проектуванню діалогів безпосереднього управління, де користувачі виконують операції на висвітлених об'єктах, способом аналогічним маніпулюванню фізичними об'єктами.

**Стандарт ISO 9241-17** являє собою керівництво по проектуванню діалогових вікон, пов'язаних із заповненням бланків. У відповідних діалогах, користувачі вставляють вибрані об'єкти або модифікують поля, які помічені ярликами на дисплеї.

При використанні ергономічних VDT-стандартів, важливо розуміння того, що їхня можлива область застосування є досить широкою. Тому ці стандарти часто мають форму рекомендацій або вимог, у яких чітко обумовлено умови їх застосування.

Структура ергономічних властивостей ЛМС різного роду розглядається в розділах 3 і 6.

## 2.2 Стандартизація в ергономії

Номенклатура характеристик ергономічної якості виробів встановлюється відповідними стандартами. Ергономічні стандарти існують в різних формах, наприклад, у вигляді правил, які опубліковані на державному рівні, або у вигляді керівництв і стандартів, встановлених міжнародними організаціями. Експлуатаційні і проектні стандарти забезпечують користувачів еталонами для оцінки ефективності, безпеки і комфорту у використанні систем, які були придбані (спроєктовані) і умов на власних робочих місцях.

Нормативні документи зі стандартизації в Україні діляться на наступні категорії:

- державні стандарти України (ДСТУ);
- галузеві стандарти України (ГСТУ);
- стандарти науково-технічних і інженерних товариств і союзів України (СТТУ);
- технічні умови України (ТУ У);
- стандарти організації (СОУ).

Окрім вищевикладених стандартів, в Україні знаходять застосування стандарти наведені в табл. 2.1.

**Таблиця 2.1.** Категорії стандартів України

№	Категорія стандарту	Приклад індексу
1	2	3
1	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені стандарти ISO	ДСТУ ISO, ДСТУ ISO/IEC, ДСТУ ISO/IEC TR
2	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені стандарти IEC	ДСТУ IEC, ДСТУ IEC QC

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3
3	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені європейські стандарти	EN, prEN, ENV
4	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені стандарти UN/ECE	UN/ECE
5	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені стандарти ANSI	ANSI
6	Державні стандарти України, за допомогою яких впроваджені стандарти IEEE	IEEE
7	Державний стандарт України у галузі будівництва	ДСТУ Б
8	Республіканські стандарти колишнього СРСР, що вживаються в якості стандартів України до їх заміни або відміни	СТ УРСР, СТ УССР
9	Міждержавні стандарти	ГОСТ
10	Галузеві стандарти колишнього СРСР	ОСТ
11	Керівні нормативні документи	КНД
12	Рекомендації	Р
13	Державні класифікатори	ДК

**Примітки.**

- IEC – Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК);
- ISO/IEC – спільний комітет міжнародних організацій ISO і IEC;
- ISO/TR, ISO/IEC TR – технічний звіт ISO або ISO/IEC;
- EN – європейський стандарт;
- ENV – експериментальний європейський стандарт;
- prEN – проект європейського стандарту;
- ANSI – Американський національний інститут стандартів;
- IEEE – Інститут інженерів електротехнічної і електронної промисловості США;
- UN/ECE – правила Європейського Економічного комітету.

Для забезпечення доступу продукції вітчизняного виробництва на світовий ринок, їх участі в міжнародній виробничій кооперації в Україні існує практика *гармонізації* національних стандартів з міжнародними. Національний стандарт, гармонізований з міжнародним, є ідентичним перекладом міжнародного стандарту.

Для будь-якої системи (у тому числі СЛТС) важливими є поширені у всьому світі стандарти якості ISO серії 9000. Вони створили передумови для формування єдиного підходу, єдиної мови при замовленні, постачанні і експлуатації продукції, її оцінці і сертифікації. Впровадження цих стандартів гарантує найвищу акредитацію підприємства-виробника на світовому ринку [60]. Стандарти якості вважаються базовими ергономічними стандартами.

Впливаючи на функціональні, конструктивні та технологічні характеристики виробу з метою реалізації певних потреб людини, ергономіст під час проектування повинен враховувати багато стандартизованих чинників. Відповідно до загальноновизнаних пріоритетів стандартизації у першу чергу розробляються дизайн-ергономічні нормативи, що забезпечують термінологічну єдність, безпечність, екологічність і якість продукції, захист прав споживачів в цілому. Для цього система ергономічних стандартів будується по аналогії з принципами розробки багаторівневих ієрархічних систем.

Верхній рівень складається з комплексу основоположних документів, що встановлюють умови і принципи функціонування цієї системи документів, основні терміни і визначення, класифікацію об'єктів стандартизації в ергономіці і інші положення, які визначають розробку нормативних документів нижніх рівнів. Прикладом такого документу є ГОСТ 20.39.108-85, розглянутий в п. 2.1.

Наступним рівнем є стандарти на ергономічні норми, вимоги і показники, що утворюють дві самостійні підсистеми. Перша з них, передбачає розробку групи ергономічних вимог, які, як правило, використовуються при проектуванні і виготовленні виробів і їх комплексів. Друга підсистема складається з документів, які визначають номенклатуру ергономічних показників якості, а також нормуючих процедур, критерії і методи оцінки якості продукції з позицій ергономіки. Обидві підсистеми також будуються за ієрархічним принципом: від загальних ергономічних вимог і від

групових ергономічних показників якості для видів об'єктів стандартизації до конкретних вимог і одиничних показників якості для окремих груп цих об'єктів. Слід зазначити, що рівні ієрархії підсистем одночасно є і рівнями ієрархії усєї системи нормативно-технічної документації по ергономіці.

Кінцева мета стандартів цього напрямку – впровадження ергономічних норм, вимог і показників (окремими підрозділами або розділами) в масив стандартів на атестовану продукцію, на типові технологічні процеси, конструкторську документацію і т. д.

У наслідок цього розробляються стандарти, що забезпечують, насамперед, дизайн-ергономічне проектування промислових виробів і оцінювання (експертування) якості продукції. Здійснюється також великий обсяг робіт з розроблення національних дизайн-ергономічних стандартів, гармонізованих зі стандартами ISO, ІЕС та EN.

В Україні на сьогодні, наприклад, гармонізовані дев'ять стандартів серії ISO 9241 «Ергономічні вимоги до роботи з відео-терміналами в офісі» (ДСТУ ISO 9241 ч.1–3, ч.5–9, ч.11).

Міждержавний стандарт (ГОСТ) – стандарт, прийнятий Міждержавною радою зі стандартизації, метрології та сертифікації або Міждержавною науково-технічною комісією зі стандартизації. У цю раду входять: Азербайджан, Вірменія, Білорусь, Грузія, Казахстан, Киргизія, Молдова, Росія, Таджикистан, Туркменістан, Узбекистан і Україна.

Основоположними і широко використовуваними в країнах СНД при розробці конструкторської, технологічної і програмної документації являються комплекси міждержавних стандартів ЄСКД, ЄСТД, і ЄСПД. Вони відповідають усім потребам в нормативній базі при розробці документації і містять єдині вимоги і правила, що дозволяє досягти одноманітності в зображеннях, поняттях, термінології тощо. У процесі виконання курсового проекту по дисципліні «Системне програмування та операційні системи» студенти спеціальності «Програмне забезпечення систем» використовували, наприклад, наступні стандарти ЄСПД:

– ГОСТ 19.003-80 Схеми алгоритмів і програм. Позначення умовні графічні;

– ГОСТ 19.201-78 Технічне завдання. Вимоги до змісту і оформлення;

– ГОСТ 19.503-79 Керівництво програміста;

– ГОСТ 19.504-79 Керівництво системного програміста;

– ГОСТ 19.505-78 Керівництво оператора.

У міждержавних стандартах і стандартах України ергономічні вимоги враховуються в різних системах стандартів: СЛМ, системі стандартів безпеки праці (ССБП), комплексній системі загальних технічних вимог, системі стандартів ергономічних вимог і ергономічного забезпечення (ССЕВЗ), у ряді стандартів єдиної системи стандартів приладобудування. Організацію і порядок ергономічного забезпечення проектування СЛТС і її елементів в загальному вигляді визначають стандарти системи розробки і постановки продукції на виробництво (СРПВ) і стандарти ЄСКД [12].

Комплекс стандартів для СЛМ можна розділити на декілька груп за тими об'єктами, які вони регламентують. Найбільш загальним є стандарт ДСТУ 2429–94, який встановлює терміни і визначення для СЛМ, оператора, його робочого місця, робочого середовища на робочому місці оператора, системи ергономічного забезпечення СЛМ, діяльності оператора. Наступну групу складають стандарти, які регламентують ЗЕВ до окремих технічних засобів діяльності: мнемосхем, звукових сигналізаторів, табло колективного користування, кріслам людини-оператора, взаємного розташування робочих місць і елементів робочого місця оператора, вимикачам і перемикачам, маховикам керування і штурвалам, важелям тощо.

ССЕВЗ забезпечує урахування вимог ергономіки при розробці продукції для різних галузей господарства. До теперішнього часу в цій системі введені в дію стандарти ГОСТ 29.05.002-82 «Индикаторы цифровые знаковинтезирующие. Общие эргономические требования», ГОСТ 29.05.006-85 «Трубки электронно-лучевые приемные. Общие эргономические требования». У Росії діють також ГОСТ Р 29.05.008-96 «Рабочее место диспетчера служб управления воздушным движением. Общие эргономические требования» і ГОСТ Р 29.08.004-96 «Рабочее место диспетче-

ра служб управління воздушним движением. Методы оценки соответствия общим эргономическим требованиям».

У особливу систему стандартів виділені стандарти ергономіки і технічної естетики (ССЕТЕ), основні положення якої визначені ГОСТ 30.001-83 «Система стандартов эргономики и технической эстетики. Основные положения».

СРПВ – комплекс взаємозв'язаних основоположних організаційно-методичних і загальнотехнічних державних стандартів, що встановлюють основні положення, правила і вимоги, що забезпечують технічну і організаційну єдність виконуваних робіт на стадіях життєвого циклу продукції, включаючи дослідження і обґрунтування розробки, розробку, виробництво, експлуатацію продукції і ремонт, а також взаємодію зацікавлених сторін.

ГОСТ Р 15.000-94 «Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения» визначає, що СРПВ взаємозв'язана з ССЕВЗ і іншими загальнотехнічними системами і комплексами стандартів (ЕСПД, ЄСКД, ССБП і т. ін.). Згідно з Додатком В цього стандарту, для підвищення науково-технічного рівня і якості продукції ергономічне забезпечення повинне проводитися на всіх стадіях життєвого циклу продукції, починаючи з технічного завдання на дослідження.

У таких ГОСТах системи ЄСКД як ГОСТ 2.118-73 «Техническое предложение», ГОСТ 2.119-73 «Эскизный проект», ГОСТ 2.120-73 «Технический проект» вказано на необхідність порівняльної оцінки розроблених на цих стадіях варіантів, у тому числі і за ергономічними показниками якості виробів.

ССБП виконує важливу соціальну функцію по попередженню аварій і нещасних випадків з метою забезпечення охорони здоров'я людей на виробництві і в побуті. Вона налічує більше 350 стандартів. На основі стандартів ССБП розробляються стандарти підприємств по безпеці праці, які встановлюють порядок організації робіт, впровадження і контролю за впровадженням і дотриманням стандартів ССБП і іншої нормативної документації по безпеці праці, порядок організації робіт по забезпеченню пожежо- і вибухобезпечності та інші положення.

ГОСТАми ССБП регламентовані загальні ергономічні вимоги до просторових параметрів робочої зони при роботі сидячи

[28] та стоячі [29]. ССБП встановлює також загальні заходи безпеки щодо ультразвуку, повітря робочої зони, шуму, вібрації, вентиляційних систем, електромагнітних полів радіочастот, біологічної безпеки, шкідливих речовин.

В різних галузях промисловості діють галузеві стандарти і керівні документи, які визначають порядок і зміст організації урахування ергономічних вимог при проектуванні відповідних видів техніки, що випускаються галузями. Як приклад розглянемо ОСТ 4 Г0.010.236-85 «Аппаратура радиоэлектронная. Статические надписи на изделиях. Общие эргономические требования».

ЗЕВ до статичних написів на панелях керування радіоелектронної апаратури (РЕА) і їх розташування наступні:

- написи і символи, нанесені на панелях РЕА, рекомендується розташовувати по горизонталі і вони повинні сприйматися миттєво і однозначно;

- при компонованні зовнішніх установчих елементів (ЗУЕ) на панелях для додаткового кодування можуть використовуватися графічні елементи (сполучні та об'єднуючі лінії), сітка (у таблицях) і колір;

- ЗУЕ що виконують однакові функції, але розміщені в різних місцях виробу, повинні мати однотипні написи;

- написи, що означають групу, виконуються більшим шрифтом, ніж написи, що означають один ЗУЕ;

- мінімальний міжрядковий інтервал між написами дорівнює 0,5 висоти шрифту;

- розміри буквено-цифрових знаків встановлюються в діапазоні від 20' до 40' і визначаються по формулі

$$S = 2l \times \operatorname{tg} \alpha / 2, \quad (2.1)$$

де  $S$  – висота знаку, м;  $l$  – відстань від знаку до очей оператора, м;  $\alpha$  – кут спостереження знаку, рад.;

- читаність і розмір написів залежить від освітленості, місця їх розташування, яскравості і коефіцієнта відбиття фону, а також контрасту за яскравістю написів з фоном. Взаємозв'язок цих характеристик наведено в табл. 2.2;

- контраст за яскравістю напису і фону не може бути менше 0,65.

**Таблиця 2.2.** Взаємообумовленість просторових характеристик і характеристик яскравості

Характеристики яскравості	Розміри буквено-цифрових знаків, кутові хвилини			
	10–25		25–40	
Яскравість фону, кд/м <sup>2</sup>	30		Не менше 10	
Коефіцієнт відбиття фону	Більш 0,4	0,2–0,4	Більш 0,4	0,2–0,4
Освітленість місць розташування написів, лк	200–400	Більш 400	100–200	Більш 200

Керуючі документи поділяються на документи в сфері стандартизації, уніфікації, метрології, управління якістю і атестації якості [12]. Ергономічні документи відносяться до двох останніх груп. За видами розрізняють наступні керівні документи: методичні вказівки, що визначають порядок організації і проведення робіт, рішення завдань, розробки документів, аналізу результатів діяльності; методики, що встановлюють правила досліджень, виконання розрахунків, обробки даних; положення, що визначають структуру управління підприємством, функції, права, обов'язки структурних підрозділів; інструкції, що визначають спосіб і послідовність дій при проведенні робіт; правила проведення робіт, розробки документації. Заходи ергономічного забезпечення розробок регламентуються положеннями, методичними вказівками, методиками.

В процесі проектування ергономіст також може використати стандарти підприємства (СТП), що базуються на державних і галузевих стандартах. СТП регламентують положення про службу ергономічного забезпечення на підприємстві, порядок ергономічного забезпечення розробок підприємства, типові ергономічні вимоги, що підлягають обліку, вимогах до внутрішньої документації. Наприклад, в учбовому процесі ЗНТУ студенти використовують стандарт СТП 15-96 «Пояснювальна записка до курсових і дипломних проєктів. Вимоги і правила оформлення».

Характеризуючи науково-технічний рівень промислових стандартів, слід зазначити, що на національному рівні переважають міждержавні і галузеві стандарти колишнього СРСР, основна

частина яких не переглядалася впродовж 10–20 років, а розробники, у своїй більшості, знаходяться за межами України.

### 2.3 Операторська діяльність в системах «людина-техніка-середовище»

В останні десятиліття в якості знарядь праці людина все частіше використовує різні АС. Незалежно від ступеня автоматизації СЛТС, людина залишається головною її ланкою. Тому діяльність оператора є вихідним пунктом інженерно-ергономічного аналізу і вивчення СЛТС.

Діяльність може бути описана як система дій, що змінюють одна одну. *Дія* – це елемент діяльності, в результаті якого досягається конкретна, усвідомлена мета, яка не розкладається на простіші складові частки. Дії оператора можуть бути *практичними* і *розумовими*. У інженерній психології широко вивчаються окремі види розумових і практичних дій. До розумових дій відносяться *перцептивні* (чуттєві), за допомогою яких формується цілісний образ предметів (сприйняття); *мнемонічні*, які входять до складу діяльності запам'ятовування і відтворення якого-небудь матеріалу; *розумові*, з яких складається рішення окремих розумових завдань. До практичних дій відносяться: *рухові* (моторні) і *мовні*. За допомогою цих дій оператор реалізує прийняті рішення по керуванню процесом, що протікає.

Співвідношення між розумовими і практичними діями в діяльності оператора в значній мірі залежить від ступеня автоматизації процесу управління. Чим більше ступінь автоматизації, тим більше питома вага розумових дій і менше – практичних. Залежно від ступеня ієрархії, на якій знаходиться людина-оператор, і виду АС, розрізняють наступні класи операторської діяльності [4, 5, 8, 49].

*Оператор-технолог*. Оператор безпосередньо включений в технологічний процес і працює в основному в режимі негайного обслуговування. В його діяльності переважають виконавчі дії. Виконання дій регламентується зазвичай інструкціями, які містять, як правило, повний набір ситуацій і рішень. До цього класу відносяться оператори технологічних процесів, автоматичних ліній, оператори по прийому і переробці інформації.

*Оператор-маніпулятор.* Для його діяльності велике значення має сенсомоторна координація (наприклад, безперервне стеження за об'єктом, що рухається) і моторні (рухові) навички, а також, хоч і у меншій мірі, механізми образного і понятійного мислення. Функції оператора-маніпулятора: управління роботами, маніпуляторами, машинами-підсилювачами м'язової енергії людини (верстати, екскаватори, транспортні засоби тощо).

*Оператор-спостерігач (контролер).* Для його діяльності важливе значення мають інформаційні і концептуальні моделі, а також процеси прийняття рішень. Дії контролера (в порівнянні з першими двома типами діяльності оператора) дещо спрощені. Оператор-спостерігач може працювати в режимі відстроченого обслуговування. Такий тип діяльності є масовим для систем, що працюють в реальному масштабі часу (оператори радіолокаційних станцій, диспетчери на різних видах транспорту і т. ін.).

*Оператор-дослідник.* Для діяльності такого оператора важливе значення мають процеси оцінки інформації. Базуючись на своєму досвіді, закладеним в концептуальну модель (урахування усіх чинників, що можуть вплинути на результат дослідження) об'єкту, що досліджується, використовуючи апарат понятійного мислення, дослідник має набір алгоритмів, вибір одного з яких залежить від ідентифікації отриманої інформації. Якщо ця інформація не має аналога серед його концептуальних моделей, оператор-дослідник розробляє новий алгоритм. Часто він змушений приймати рішення тільки на основі свого суб'єктивного досвіду з використанням евристичних міркувань. Органи керування відіграють для нього не головну роль. Головною стає ІМ. До таких операторів відносяться дослідники будь-якого профілю – користувачі обчислювальних систем, дешифрувальники об'єктів (зображень) і т. ін.

*Оператор-керівник.* На відміну від інших видів операторів, оператор-керівник здійснює безпосереднє або опосередковане (через технічні засоби і канали зв'язку) управління підлеглими йому людьми. Основний режим діяльності оператора-керівника – оперативне мислення.

Нині загально визнаним фактом є неможливість виготовлення складної наукомісткої продукції (кораблів, літаків, автомобілів, різних видів промислового обладнання тощо) без застосування *CAD/CAM/CAE-систем*.

*CAD-системи* (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування) призначені для вирішення конструкторських задач і оформлення конструкторської документації (КД). У сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі), оформлення креслень і текстової КД (специфікацій, відомостей і т. ін.). Провідні тривимірні CAD-системи дозволяють реалізувати ідею наскрізного циклу підготовки і виробництва складних промислових виробів.

*CAM-системи* (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) призначені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) і видачі програм для цих верстатів (фрезерних, свердлувальних, пробивних, токарних тощо). CAM-системи ще називають АСПВ. Нині вони являються практично єдиним способом для виготовлення складнопрофільних деталей і скорочення циклу їх виробництва. У CAM-системах використовуються 3D моделі деталей, створених в CAD-системах.

*CAE-системи* (computer-aided engineering – підтримка інженерних розрахунків) є великим класом систем, кожна з яких дозволяє вирішувати певну розрахункову задачу (групу задач), починаючи з розрахунків на міцність до розрахунків гідравлічних систем і машин, розрахунків процесів лиття. У CAE-системах також використовуються 3D моделі виробів, створені в CAD-системах. CAE-системи також називають системами інженерного аналізу.

Останнім часом з'явилися системи, що підтримують концепцію повного електронного опису об'єкту (EPD – Electronic Product Definition). EPD технологія забезпечує розробку і підтримку електронної ІМ упродовж усього життєвого циклу виробу. При застосуванні EPD-концепції передбачається виробничий процес, що виконується проектно-виробничими командами, працюючими колективно. Розробка EPD-концепції при-

звела до перетворення автономних CAD-, CAM- і CAE-систем в інтегровані CAD/CAM/CAE-системи.

*Оператор-проектувальник* є новим типом оператора, який зустрічається, в основному в CAD/CAM/CAE-системах [5]. Його робота з моделями відбувається в режимі активного або пасивного діалогу. У першому випадку оператор робить різні модифікації моделі (її поглиблення, деталізація тощо), а технічні засоби проводять оцінку моделі, що модифікується (покрокова діалогова ітерація). У режимі пасивного діалогу оператор робить вибір необхідної моделі з бази даних системи і переходить до наступного етапу, одночасно звужуючи клас моделей і деталізуючи їх.

Діяльність оператора в СЛТС, незважаючи на різноманітний характер, складається з чотирьох основних етапів [45], наведених в табл. 2.3.

**Таблиця 2.3.** Етапи діяльності людини-оператора

Етапи	Зміст етапу	Виконуємі дії	Фактори впливу
1	2	3	4
Прийом інформації	Формування перцептивного образу	<i>Виявлення</i> – виділяється об’єкт з фону. <i>Розрізнення</i> – роздільне сприйняття двох об’єктів, розташованих поряд, або виділення деталей. <i>Розпізнання</i> – виділення і класифікація істотних ознак об’єкту. <i>Декодування</i> - перехід від образу сигналу до образу об’єкта.	Складність отриманого сигналу, вид і кількість індикаторів, організація інформаційного поля, розміри зображень, їх світлотехнічні характеристики, наявність шумів.
Оцінка і переробка інформації		Зіставлення заданих і поточних параметрів (режимів) СЛМ. Аналіз і узагальнення інформації.	Способи кодування, ступінь складності ІМ, об’єм відображення, динаміка зміни інформації.

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4
Прийняття рішень	Формування послідовності доцільних дій для досягнення мети на основі перетворення початкових даних	Пошук, виділення, класифікація і узагальнення інформації про проблемну ситуацію. Побудова поточних образів з рядом оперативних концептуальних моделей. Зіставлення поточних образів з рядом еталонів і оцінка схожості між ними. Корекція моделей. Вибір еталонної гіпотези або її побудова. Прийняття принципу і програми дій.	Тип задачі, що вирішується, число і складність логічних умов, які перевіряються, складність алгоритму і кількість можливих варіантів рішення.
Реалізація прийнятого рішення	Використання вихідних «каналів» людини: рухового (моторного) або мовного	Перекодування прийнятого рішення в машинний код. Пошук потрібного ОК. Рух руки до ОК і маніпуляції з ним.	Число і тип ОК, їх характеристики (розмір, форма і т. ін.), сумісність рухових операцій, компонування робочого місця, характеристики навколишнього середовища, індивідуальні характеристики операторів.

*Прийом інформації.* На цьому етапі здійснюється сприйняття інформації про ОКК і тих властивостях довкілля і СЛМ в цілому, яка поступає від ЗВІ на робочому місці оператора. В сучасних АС 88–89 % інформації призначено для прийому зоровим, 9–10 % слуховим і 1–3 % – вібротактильним (шкірним) аналізаторами оператора. Операція прийому інформації включає наступні сенсорні процеси: виявлення (детекція); розрізнення (дискримінація); розпізнання (ідентифікація) і декодування (інтерпретація). В результаті у оператора складається попереднє уявлення про стан ОКК, а інформація приводиться до виду, придатного для

оцінки і прийняття рішення.

*Оцінка і переробка інформації.* На цьому етапі оператор повинен виявити усі зміни, що відбуваються в ОКК, шляхом аналізу показань різних ЗВІ, а також за рахунок безпосереднього спостереження за роботою об'єкту. Серед множини сигналів оператор повинен відмітити нові сигнали і визначити, чи є вони відхиленнями параметра від норми, який їх фізичний сенс, до якого агрегату, ділянки і т. д. вони належать, які з них мають більший пріоритет.

Будь-які зміни нормального функціонування ОКК, є порушеннями, що підлягають контролю та вимагають розпізнавання для вироблення відповідних керуючих дій, з метою змусити об'єкт знову функціонувати в допустимих діапазонах зміни параметрів.

Якість виконання цього етапу залежить від прийнятих способів кодування інформації і можливостей оператора по її декодуванню. На цьому етапі оператор може виконувати такі дії, як запам'ятовування інформації, здобування її з пам'яті, декодування і т. ін.

*Прийняття рішення.* Виявивши порушення і його причину, оператор повинен прийняти оптимальне для цієї ситуації рішення. При цьому йому необхідно відтворити в пам'яті усі можливі рішення, їх пріоритетність в конкретній ситуації, оцінити ситуацію, запросивши ряд параметрів, даних з лабораторій, цехів, від своїх підлеглих, згадати інструкції, запросити розпорядження або пораду вищого за рангом персоналу і т. п. Час прийняття рішення залежить від ентропії множини рішень (див. п. 2.4.1).

*Реалізація прийнятого рішення.* При здійсненні керуючих дій, операторові доводиться відтворювати в пам'яті можливі схеми керуючих впливів, за допомогою яких можна виконати прийняте ним рішення, їх пріоритетність в різних окремих випадках і конкретних обставинах. Для кожної такої схеми він повинен знати: вид операцій керування та їх послідовність; знати, за якими сигналами треба почати і закінчити кожну з них; які ОК призначені для виконання кожної операції керування, де вони розміщені. Крім того, оператор повинен також виконати відповідну керуючу операцію (включення, перемикання, регулювання і т. ін.). Він повинен згадати, де і як відшукати сигнал про початок і закінчення операції, як перевірити виконання операції керування.

На кожному з цих етапів існує самоконтроль оператором своїх дій. На якість і ефективність виконання кожного з розглянутих етапів впливає цілий ряд чинників. Наприклад, якість прийому інформації залежить від організації інформаційного поля, психофізичних характеристик пред'явленої інформації (розмірів зображень, їх світлотехнічних характеристик, колірного тону і колірного контрасту, наявності шумів тощо).

Незважаючи на недосконалість приведеної класифікації операторської діяльності, вона дозволяє вирішувати задачі узгодження зовнішніх засобів і способів діяльності, оптимального вибору напрямів дослідницьких і практичних робіт в області ергономіки.

## 2.4 Кількісна оцінка діяльності оператора

### 2.4.1 Оцінка кількості інформації, яка переробляється оператором

Для оцінки кількості інформації, яка міститься в повідомленні, в теорії інформації розроблений простий формальний апарат. При такому підході кількість інформації визначається величиною зменшення ентропії (невизначеності ситуації) після отримання оператором яких-небудь даних. Ентропія і кількість інформації вимірюються в двійкових одиницях, інформації, або *бітах*. Біт – це ентропія системи, яка має два рівноімовірні стани. Величина ентропії фізичної системи  $X$ , що приймає стани  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  розраховується за формулою

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i, \quad (2.1)$$

де  $P_i$  – імовірність надходження  $i$ -го сигналу (знаходження системи в  $i$ -му стані);  $n$  - загальне число різних сигналів (станів системи).

При рівноімовірній появі різних станів ( $P_i = P = 1/n$ ) ентропія максимальна і, виходячи з формули (2.1)

$$H(X) = - \log_2 P = \log_2 n \quad (2.2)$$

Чим більше об'єм отриманих даних і чим вони змістовніші, тим більша інформація є у оператора про систему. Тому природно кількість інформації вимірювати зменшенням ентропії тієї системи, для уточнення станів якої призначені ці дані. Якщо в результаті отримання даних стан системи став повністю визначеним, то кількість отриманої інформації чисельно дорівнює апріорній ентропії системи.

Кількість інформації, переробленої людиною-оператором, може істотно відрізнятись від кількості інформації (ентропії джерела повідомлень), що надійшла, – частина інформації може бути втрачена за рахунок впливу перешкод, а деяка кількість інформації може збільшитися за рахунок використання додаткової інформації.

Загальна кількість інформації, котра переробляється оператором

$$I = H(X) + H_{\text{доп}} - H_{\text{пер}} \quad (2.3)$$

де  $H(X)$  – ентропія джерела повідомлень (кількість інформації, що отримується оператором від ІМ);  $H_{\text{доп}}$  – додаткова кількість інформації, яка використовується оператором при вирішенні задачі;  $H_{\text{пер}}$  – ентропія джерела перешкод, або кількість втраченої при передачі інформації.

**Ентропія джерела повідомлень.** Вона може бути двох видів: ентропія вибору потрібного сигналу і ентропія вимірювального приладу. Якщо операторові треба вибрати один сигнал (чи один стан складного сигналу) з  $n$  можливих, то кількість отриманої при цьому інформації можна визначити за формулою (2.1) при нерівномірній, або за формулою (2.2) при рівномірній появі сигналів. Ці формули оцінюють ентропію незалежних повідомлень.

Як правило, при роботі оператора пред'явлена послідовність сигналів має логічну надмірність, тобто поява певного сигналу змінює імовірність появи наступного сигналу. Це рівносильно зменшенню ентропії, оскільки поява певного сигналу  $x_i$  зменшує невизначеність чергового стану ІМ.

В цьому випадку необхідно користуватися формулами умовної ентропії. Наприклад, ентропія другого і третього порядків визначається по формулах

$$H_2 = -\sum_{ij}^{A_n^2} P_{ij} \log_2 P_{ij} - H_1; \quad (2.4)$$

$$H_3 = -\sum_{ijk}^{A_n^3} P_{ijk} \log_2 P_{ijk} - H_2, \quad (2.5)$$

де  $P_{ij}$  і  $P_{ijk}$  – імовірність появи усіх можливих диграм і триграм сигналів (спільної появи двох і трьох сигналів);  $H_i$  – ентропія першого порядку, яка визначається по формулі (2.1);  $A_n^2$  і  $A_n^3$  – максимально можлива кількість диграм і триграм сигналів, рівна кількості розміщень по два і по три із загальної кількості  $n$  сигналів.

Формула (2.4) виражає середню ентропію сигналу за умови, що вже відомий попередній, формула (2.5) – ентропію сигналу, якщо відомі два попередніх. Аналогічно можна вичислити і ентропію вищих порядків. Формули (2.4) і (2.5) використовують тільки тоді, коли оператор повністю зрозумів статистичну структуру послідовності сигналів.

На основі аналізу ентропії можна оцінити і складність роботи оператора зі стрілковими приладами, розташованими на інформаційній панелі. Ентропія повідомлення від приладу визначається за формулою [63]

$$H = \log_2 \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2\delta}, \quad (2.6)$$

де  $x_{\max}$  і  $x_{\min}$  – максимальне і мінімальне значення шкали приладу;  $\delta$  – абсолютна погрішність зчитування показань з приладу, рівна зазвичай половині ціни ділення шкали приладу.

**Додаткова інформація**, що переробляється при логічній обробці може бути трьох видів: інформація, яка підлягає запам'ятовуванню; інформація, яка використовується при обчисленнях і інформація, яка використовується при перевірці логічних умов. Якщо оператор повинен запам'ятати в порядку надходження  $m$  символів (знаків, сигналів) із загальної кількості  $K$  символів, то кількість запам'ятовувань інформації

$$H_{zan} = \log_2 K^m = m \log_2 K \quad (2.7)$$

Якщо ж операторові необхідно пам'ятати тільки самі сигнали, то кількість інформації оцінюється по формулі

$$H_{\text{зан}} = \log_2 C_K^m = \log_2 \frac{K!}{m!(K-m)!} \quad (2.8)$$

Формули (2.6) – (2.8) справедливі тільки при рівноімовірному надходженні сигналів. При нерівноімовірній появі сигналів розрахунки кількості інформації значно ускладнюються.

Кількість інформації, яка використовується при простих обчислювальних операціях (складанні, множенні, діленні)

$$H_{\text{оби}} = \sum_{i=1}^k \log_2 N_i + \log_2 R_i, \quad (2.9)$$

де  $k$  – кількість чисел, що використовуються для отримання  $R$ ;  $N_i$  – максимально можливі значення чисел, які використовуються при обчисленні;  $R_i$  – максимально можливе значення результату обчислення.

При перевірці логічних умов кількість інформації

$$H_{\text{лог}} = \sum_{i=1}^l \log_2 n_i, \quad (2.10)$$

де  $l$  – кількість логічних умов, що перевіряються;  $n_i$  – кількість можливих альтернатив (результатів), що виникають при перевірці  $i$ -ої умови.

**Додаткова інформація**, яка переробляється при керуючих діях. На цьому етапі ентропія може бути двох видів: ентропія вибору потрібного ОК (вибору необхідного положення ОК) і ентропія руху руки до ОК.

Ентропію першого виду визначають по формулі (2.1) або (2.2). Ентропія другого виду

$$H_{\text{рух}} = \log_2 \frac{2A}{W}, \quad (2.11)$$

де  $A$  – амплітуда руху руки, тобто відстань, на яку переміщається рука;  $W$  – ширина мети руху, тобто органу керування.

Формули (2.6) – (2.11) отримані на основі двох основних правил. Перше правило враховує те, що величина ентропії оцінює складність вибору одного стану з декількох можливих. Тому при знаходженні ентропії у будь-якому випадку спочатку треба визначити загальну кількість станів, а потім застосувати формулу (2.1) при нерівноімовірних станах або формулу (2.2), якщо усі варіанти рівноімовірні. Друге правило, яке використовується при визначенні ентропії, полягає у властивості її адитивності. Це означає, що ентропія складної системи дорівнює сумі ентропії окремих підсистем.

**Ентропія джерела перешкод.** Третя складова, яка входить до виразу (2.3), – ентропія втрат, зазвичай не визначається, оскільки для кваліфікованого оператора, котрий робить мінімальну кількість помилок, вона дуже мала –  $H_{nep} = 0$ .

Кількість інформації, що переробляється людиною, необхідно знати, щоб вирішити три основні задачі:

- кількість інформації, що переробляється, – міра складності вирішуваної задачі. На її основі можна порівнювати між собою різні види операторської діяльності;

- знання кількості інформації дозволяє вирішувати задачу узгодження швидкості надходження інформації з психофізіологічними можливостями оператора по її прийому і переробці, тобто з його пропускнуною спроможністю;

- знаючи кількість інформації, можна визначити час який витрачає оператор на її переробку, тобто нормувати операторську діяльність.

Час, необхідний операторові для вирішення задачі, пропорційний кількості інформації, що переробляється. Різні види інформації переробляються оператором з різною швидкістю

$$\tau_{on.} = \alpha + \sum_{i=1}^k \frac{H_i}{v_i}, \quad (2.12)$$

де  $H_i$  – кількість інформації  $i$ -го виду, що переробляється оператором;  $v_i$  – швидкість переробки інформації  $i$ -го виду.

Приклади швидкості переробки інформації подано в табл. 2.4.

**Таблиця 2.4.** Швидкість переробки інформації

<b>Дія оператора</b>	<b>Швидкість <math>v_i</math> біт/с, переробки інформації оператором</b>
Вибір одного сигналу з декількох можливих, пошук органу керування, перевірка логічної умови (типу «АБО»)	3,5 – 5,5
Обчислення Запам'ятовування інформації Рішення рухових завдань Зняття показань із стрілкових приладів, встановлення органу керування в необхідне положення	4,0 – 8,0 10,4 – 14,4 6,5 – 9,5 2,0 – 3,0

Застосування теорії інформації для вирішення перелічених вище ергономічних задач пов'язане з деякими труднощами.

1. Величина ентропії в теорії інформації залежить від довжини фізичного алфавіту сигналів і ймовірності їх появи. Ці ж показники використовуються для оцінки кількості інформації, що переробляється оператором. Насправді людина користується власним, внутрішнім алфавітом, відмінним від фізичного, а суб'єктивна ймовірність сигналів для людини не завжди співпадає з об'єктивною. Проте принципи формування внутрішнього алфавіту сигналів і ймовірність їх появи для людини ще до кінця не розкриті.

2. Теорія інформації займається лише стаціонарними процесами, статистичні характеристики яких не змінюються з часом. Характеристики ж оператора зважаючи на його кваліфікацію, стомлюваність, дії різних чинників безперервно змінюються з часом.

3. Теорія інформації не враховує смислову сторону інформації, її цінність і значущість. На діяльність же оператора чинять вплив не лише статистичні характеристики сигналів, але і їх сенс і значення для оператора.

4. Різні види інформації не є рівноцінними для оператора. Тому при розрахунках необхідно враховувати їх значущість, неоднаковий вплив на результати діяльності оператора. Прикладом такого урахування є формула (2.12).

Незважаючи на ці труднощі, інформаційні методи мають велике значення для ергономіки, оскільки в деяких випадках, особливо на ранніх етапах проектування СЛТС, тільки з їх допомогою можна кількісно оцінити діяльність оператора.

#### 2.4.2 Гранично допустимі норми діяльності оператора

Під гранично допустимими нормами діяльності оператора розуміються максимальні значення деяких параметрів, перевищення яких може привести до небажаних наслідків в роботі оператора. Найбільше значення для ергономіки мають гранично допустимі норми, що характеризують значення інформаційного навантаження оператора.

Одним з показників інформаційного навантаження є *коефіцієнт завантаженості* оператора

$$z = 1 - \frac{t_{роб}}{T}, \quad (2.13)$$

де  $t_{роб}$  – загальний час, впродовж якого оператор не зайнятий обробкою інформації, що надходить;  $T$  – загальний час знаходження оператора на робочому місці. З фізіології праці відомо [54], що для операторської діяльності, близько 25 % робочого часу має бути надане операторові для відпочинку, отже,  $z_{max} = 0,75$ .

Для операторської діяльності повинно бути забезпечено також і певне чергування періодів роботи і відпочинку (оперативного спокою). Для врахування цього положення, вводиться поняття *періоду зайнятості*  $T_{зайн.}$ , тобто час безперервної роботи. Рекомендується [24], щоб для діяльності оператора цей час не перевищував 15–20 хвилин.

Ще одним показником інформаційного навантаження є черга в обробці інформації. Часта поява черги викликає напруженість в роботі оператора і призводить до збільшення кількості помилок, що допускаються ним. Черга кількісно оцінюється *коефіцієнтом черги*

$$\rho = \frac{N_q}{n}, \quad (2.14)$$

де  $N_q$  – кількість сигналів, оброблених в умовах черги на обслуговування;  $n$  – загальна кількість сигналів, що надійшли.

Коефіцієнт черги фактично є ймовірністю обробки інформації в умовах черги. Експериментальні дослідження показують, що величина  $\rho$  не повинна перевищувати 0,4.

На діяльність оператора великий вплив має і *довжина черги*  $K$ . Якщо  $K$  перевищує об'єм оперативної пам'яті, то можливі випадки пропуску сигналів, виникнення помилок і т. д. Об'єм оперативної пам'яті людини складає 5–9 сигналів. Цими значеннями і визначається максимально допустима довжина черги. Середнє ж значення довжини черги  $K_{don}$  не повинне перевищувати трьох сигналів.

Час перебування інформації на обробці у оператора не повинен перевищувати деяке значення, яке визначається допустимою тривалістю циклу керування, тобто

$$t_{nep} = t_{оч} + t_{он} < t_{nep.don}, \quad (2.15)$$

де  $t_{nep}$  – час перебування інформації на обслуговуванні;  $t_{оч}$  – час очікування інформації в черзі;  $t_{он}$  – час обробки інформації оператором;  $t_{nep.don}$  – допустимий час перебування інформації на обслуговуванні, визначаємий особливостями протікання виробничого процесу.

З формули (2.15) маємо

$$t_{оч} \leq t_{оч.don} = t_{nep.don} - t_{он},$$

де  $t_{оч.don}$  – допустимий час очікування інформації в черзі.

На діяльність оператора великий вплив має швидкість надходження інформації. Вона не повинна перевищувати пропускну спроможність оператора  $v_{он}$ , яка в середньому дорівнює 2–4 біт/с.

На підставі викладеного вище гранично допустимі норми діяльності оператора мають наступні значення:

$$\begin{aligned} z_{max} &= 0,75; \rho_{don} = 0,4; t_{оч.don} = t_{nep.don} - t_{он}; \\ T_{зайн} &= 20 \text{ хв.}; K_{don} = 3; v_{он} = 2 - 4 \text{ біт/с.} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Перші п'ять з них визначаємо методами теорії масового обслуговування, останню – методами теорії інформації.

Імітаційне моделювання систем масового обслуговування (СМО) дозволяє вирішувати багато питань аналізу і організації діяльності оператора. До них відносяться: визначення необхідної кількості операторів; вимоги до рівня підготовленості оператора (кваліфікації, швидкості реакцій, об'єму пам'яті і т. д.); допустимій щільності потоків сигналів, що поступають до оператора; рішення деяких задач організації взаємодії операторів. Існує можливість обчислення ймовірності різних станів СЛМ, у тому числі і різних небажаних станів. Наприклад, в учбовому процесі підготовки інженерів-програмістів у рамках курсу «САтаПКІС» використовується система імітаційного моделювання SIMC, розроблена на кафедрі програмних засобів ЗНТУ під керівництвом автора цього навчального посібника. На рис. 2.2 подані результати моделювання СМО, описаної в наступному прикладі.

**Приклад.** Скласти модель роботи оператора за наступних умов. Надходження сигналів на інформаційну панель відбувається згідно нормального закону з математичним сподіванням  $\mu=25$  с та дисперсією  $\sigma^2=3$  с. 55 % сигналів належать до типу 1, 30 % – до типу 2, а інші 15 % – до типу 3. Розподіл часу обробки сигналів типів 1, 2 і 3 – експоненціальний, з середніми значеннями відповідно 20, 30 і 40 с.

Для визначення дисципліни обслуговування сигналів оператором використовується наступне правило – спочатку обслуговуються сигнали, що прочекали 60 с і більше. Серед цих сигналів діє критерій динамічного пріоритету (першим обслуговується сигнал, що має менший час обслуговування оператором). Якщо сигнали, що прочекали 60 с і більше відсутні, то сигнали, що чекають обслуговування (якщо вони є), обслуговуються згідно динамічного пріоритету.

Необхідно визначити розподіл випадкової величини «час повної обробки сигналу», яка є сумою часу очікування (якщо воно було) і часу обслуговування. Імітацію слід припинити після обробки оператором 100 сигналів. На підставі отриманих результатів моделювання зробити висновок щодо інформаційного навантаження оператора.

*Розв'язок.* Програмний код імітаційної моделі

```
#include «simc.h»
#include «conio.h»
void main()
{
    pfacility f;
    initlist(100);
    pqueue q;
    phistogram h;
    newhist(h,0,2500,20,true,»Histogr»);
    newqueue(q, _A(«Ochered»));
    newfac(f, _A(«Operator»));
    initcreate(1,0);
    while(f->ci<100)
    {
        plan(); switch(sysevent)
        {
        case 1: if (randab(0,100,v0)<55)
                {
                    create(randnorm(25,3,v1)); trans->pi[0]=1;
                    trans->pr[1]=systime; trans->prty=2;
                }
                else if (randab(0,100,v0)<85)
                {
                    create(randnorm(25,3,v1));
                    trans->pi[0]=2; trans->pr[1]=systime;
                    trans->prty=1;
                }
                else {
                    create(randnorm(25,3,v1));
                    trans->pr[1]=systime;
                    trans->prty=0;
                } break;
        case 2: if ((systime-trans->pr[1])>60) trans-
>prty=3;
                else if (trans->pi[0]==1 | trans->prty!=3)
trans->prty=2;
                else if (trans->pi[0]==2 | trans->prty!=3)
trans->prty=1;
        }
```

```

    else if (trans->prty!=3) trans->prty=0; break;
case 3:  inqueue(q); break;
case 4:  seize(f); break;
case 5:  outqueue(q); break;
case 6:  trans->pr[3]=systime;
        trans->pr[2]=(systime-trans->pr[1]); break;
case 7:  if (trans->pi[0]==1)
delayt(randexp(20,v4));
    else if (trans->pi[0]==2) delayt(randexp(30,v5));
    else delayt(randexp(40,v6)); break;
case 8:  outfacs(f); trans->pr[4]=(systime-
trans->pr[3]);
    trans->pr[5]=(trans->pr[4]+trans->pr[2]); break;
case 9:  tabulate(h,systime-trans->pr[5]); break;
case 10: destroy(); break;
    }
}
printall(); outfile.close();
}

```

Результати імітаційного моделювання з використанням системи SIMC (рис. 2.2).

Общие параметры среды:	
Текущее время	2605.307
Текущее событие	4
Текущий транзакт	9
Всего событий	1092.000
Время моделирования	0.00 сек.
Среднее время выполнения события	0.00000 сек/событие

СОБЫТИЕ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ВСЕГО</b>	105	105	105	183	99	99	99	99	99	99

Рисунок 2.2. Результаты імітаційного моделювання. Лист 1

Очереди					
Очередь	Число входов	Макс. длина	Ср. вр. ож.	Средняя длина	% вх. в пустую оч.
	С 0 вр. ож.	Текущ.длина	Без уч. 0 вх.		
Ochered	105	8	70.197	2.817	20.952
	22	6	88.799		

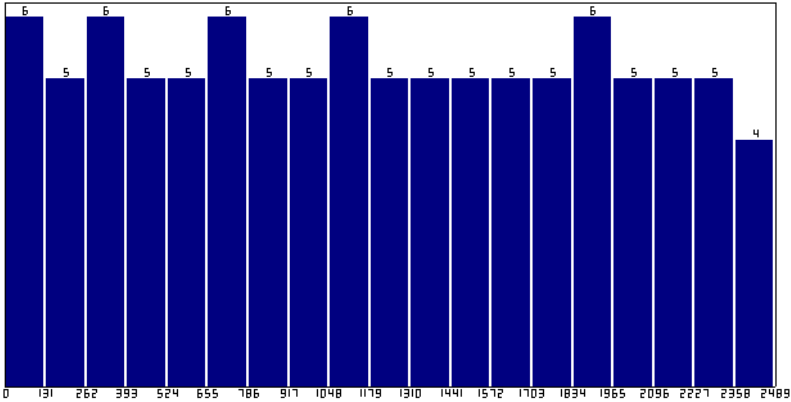
Приборы					
Прибор	Число входов	Ср. время обработки	Загрузка	Число захватов	Состояние
Operator	100	23.546	0.895	0	SEIZED

### Гистограмма Histogram

Диапазон измерений	0.000 .. 2500.000
Общее число входов	99
Среднее значение	1213.64348
Дисперсия	516377.82995
Число выходов за интервал слева	0
Число выходов за интервал справа	0

Таблица наблюдений					
0.0000 .. 131.5789	6	131.5789 .. 263.1579	5	263.1579 .. 394.7368	6
394.7368 .. 526.3158	5	526.3158 .. 657.8947	5	657.8947 .. 789.4737	6
789.4737 .. 921.0526	5	921.0526 .. 1052.6316	5	1052.6316 .. 1184.2105	6
1184.2105..1315.7895	5	1315.7895..1447.3684	5	1447.3684 .. 1578.9474	5
1578.9474..1710.5263	5	1710.5263..1842.1053	5	1842.1053 .. 1973.6842	6
1973.6842..2105.2632	5	2105.2632..2236.8421	5	2236.8421 .. 2368.4211	5
2368.4211..2500.0000	4				

Рисунок 2.2. Результаты імітаційного моделювання. Лист 2



**Рисунок 2.2.** Результати імітаційного моделювання. Лист 3

Згідно рис. 2.2 отримані наступні статистичні дані: середня довжина черги сигналів, очікуючих обробки – 2,817; середній час очікування  $t_{oc} = 70,197$ ; максимальна довжина черги складала 8 сигналів; без затримок було обслуговано 20,952 % сигналів (тобто коефіцієнт черги  $\rho \approx 0,79$ ); середній час обробки сигналів оператором  $t_{on} = 23,546$  с, і коефіцієнт завантаження оператора  $z = 0,895$ . За даними гістограми максимальне число сигналів – 6, було оброблено оператором в наступні діапазони його робочого часу : 0 – 131 с, 262 – 393 с, 655 – 786 с, 1049 – 1179 с та 1834 – 1965 с.

Аналіз даних показує, що оператор працює в умовах інформаційного перевантаження – коефіцієнт черги перевищує гранично допустимий  $\rho_{don}$  майже в два рази, а коефіцієнт завантаження оператора  $z > z_{max}$ .

При найпростішому потоці подій (пуассонівському) і показниковому законі розподілу часу обслуговування можна отримати аналітичні залежності імовірнісних характеристик часу очікування і довжини черги від параметрів вхідного потоку і обслуговуючого приладу (оператора). Наприклад, якщо діяльність оператора організована таким чином, що вимоги не можуть покинути систему без обслуговування, то необхідно розглядати СМО з очі-

куванням. Основні характеристики такої одноканальної системи наступні.

Імовірність того, що оператор не зайнятий обслуговуванням інформації, що надійшла

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \beta, \quad (2.17)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку;  $\mu$  – інтенсивність обслуговування;  $\beta = \lambda / \mu$  – приведена щільність вхідного потоку.

Імовірність того, що довжина черги дорівнює  $k$

$$P_k = \beta^k (1 - \beta), \quad (2.18)$$

Імовірність того, що час очікування в черзі перевищує деяку величину  $\tau$

$$P_\tau = P\{\tau_{оч} > \tau\} = \beta e^{-(\mu - \lambda)\tau}. \quad (2.19)$$

Математичне очікування періоду зайнятості

$$\bar{T}_{зайн} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \beta)}. \quad (2.20)$$

Методи теорії масового обслуговування широко застосовуються для вирішення ще одного важливого завдання – контролю станів СЛТС. Розглянемо лише один стан – виникнення інформаційного перевантаження. Візьмемо два найбільш важливих прояви перевантаження: переповнювання оперативної пам'яті і дефіцит часу.

Для вирішення поставленого завдання спочатку користуючись відомими формулами (2.17) і (2.19) знайдемо ймовірність  $P_k$  і  $P_\tau$ . Імовірності станів СЛТС приблизно визначимо наступним чином. Імовірність переповнювання оперативної пам'яті

$$P_1 = p\{k > k_0\} = \sum_{k=k_0+1}^{\infty} P_k = 1 - \sum_{k=0}^{k_0} P_k. \quad (2.21)$$

## 2.5 Приклади та ілюстрації

*Завдання:* Визначити до якого типу операторів належить оператор автозаправної станції. Класифікацію провести згідно даних п. 2.3 та ознак, наведених в [1].

Його діяльність характеризується таким чином:

1. За характером протікання процесу керування в СЛТС: детермінована діяльність, яка підпорядкована жорстким інструкціям оскільки протікає згідно наперед заданого алгоритму.

2. За ступенем безперервності участі людини в процесі керування: дискретно – безперервна діяльність, оскільки, хоча процес керування носить безперервний характер, проте діяльність оператора полягає в періодичному рішенні ряду задач, які безперервно слідують одна за одною. У проміжках між рішеннями задач у оператора наступає так звана оперативна пауза.

3. За способом переробки інформації: дедуктивна діяльність, оскільки визначається формулою  $y = F(x)$ , де  $x$  – відомий вхідний сигнал (марка і кількість пального),  $y$  – відомий вихідний сигнал (ціна і кількість пального),  $F$  – відоме логічне правило перетворення вхідного сигналу у вихідний. Переробка інформації полягає в утворенні вихідного сигналу по відомому вхідному сигналу і правилам його перетворення.

4. За переважанням психічного процесу: сенсорно-перцептивна діяльність, оскільки «центр тяжіння» припадає на отримання інформації і її первинну оцінку. Основна задача розв'язується у сфері сприйняття; логічна обробка інформації і прийняття рішення протікають як би усередині сприйняття, а виконавчі дії максимально спрощені.

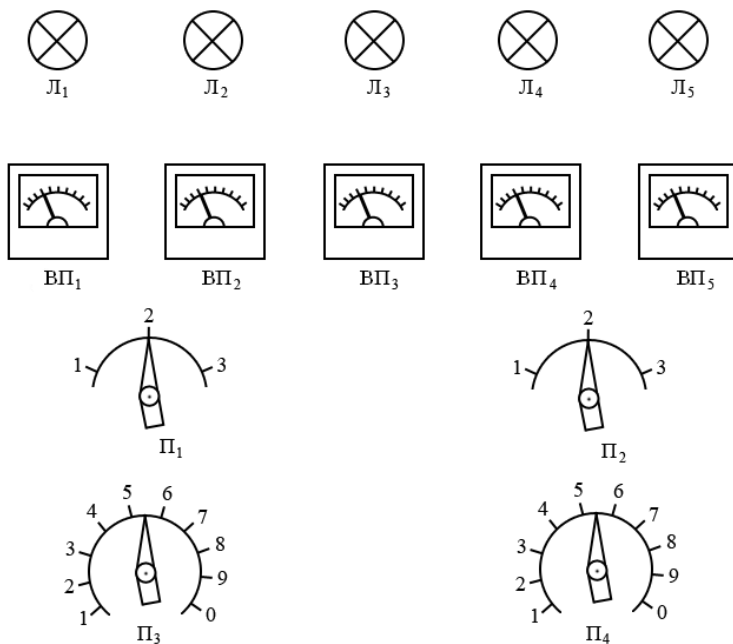
5. За часом між отриманням інформації і виконанням відповідної керуючої дії: діяльність з негайним обслуговуванням, оскільки має місце пред'явлення невеликого числа порівняно простих сигналів, що забезпечує одномоментне сприйняття інформації і негайну виконавчу дію. При цьому є жорсткий однозначний зв'язок між сигналами і можливими відповідними діями. Оператор фактично переходить від прийому інформації відразу до дії.

Таким чином, оператор автозаправної станції безпосередньо включений в технологічний процес, працює в основному в

режимі негайного обслуговування, здійснює переважно виконавчі дії, керуючись інструкціями які чітко регламентують його дії та містять повний набір ситуацій і рішень. Отже, він може бути віднесений до *операторів-технологів*.

**Приклад 2. Розрахунок загальної кількості інформації, яку переробляє оператор.**

*Завдання:* Оператор працює з інформаційною панеллю на якій розташовано п'ять індикаторних лампочок  $L_1-L_5$ , п'ять вимірювальних приладів  $ВП_1-ВП_5$  з діапазоном виміру 0–10 умовних одиниць, два трьохпозиційних  $П_1$  і  $П_2$  і два десятипозиційних  $П_3$  і  $П_4$  перемикача (рис. 2.3).



**Рисунок 2.3.** Інформаційна панель

При надходженні сигналу спалахує одна з лампочок  $L_1-L_5$ . Після загоряння будь-якої з лампочок  $L_1-L_4$  (їх імовірність одна-

кова) черговий сигнал обов'язково поступає на  $L_5$ . Виявивши лампочку, що спалахнула, оператор прочитає показання відповідного приладу в умовних одиницях. Для їх перекладу в істинні значення, показання приладу необхідно збільшити в три рази. Ціна ділення шкали – одиниця. Залежно від знайденого значення оператор повинен встановити одну з пар перемикачів ( $P_1$  і  $P_3$  або  $P_2$  і  $P_4$ ) в положення, що відповідатиме істинному значенню вимірюваного параметра. Щоб вибрати пару перемикачів, оператор повинен пам'ятати номер попереднього сигналу, що викликав загоряння індикаторної лампочки. Якщо горіла лампочка з непарним номером ( $L_1, L_3, L_5$ ), то включається пара перемикачів  $P_1$  і  $P_3$ . Якщо горіла лампочка з парним номером ( $L_2, L_4$ ), то включається пара перемикачів  $P_2$  і  $P_4$ .

Початкова відстань оператора від панелі  $A = 64$  см, діаметр перемикача  $W = 4$  см, відстань між ними  $L = 6$  см.

Знайти загальну кількість інформації, що переробляється оператором, при обробці одного сигналу, якщо в середньому пропускна спроможність оператора  $v_{on} = 3$  біт/с.

*Розв'язок:* Ентропію джерела повідомлень знаходимо за формулою (2.4), так як загорання  $L_5$  не несе ніякої інформації. Безумовні ймовірності сигналів наступні:  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 0,125$ ;  $P_5 = 0,5$

За формулою (2.1) ентропія першого порядку (без врахування логічної надмірності)

$$H_1(x) = -\sum_{i=1}^5 P_i \log_2 P_i = 2 \text{ біт/с}$$

Оскільки для розрахунку використовується формула (2.4), необхідно знати ймовірність появи диграм сигналів:  $P_{15} = P_{25} = P_{35} = P_{45} = P_{51} = P_{52} = P_{53} = P_{54} = 0,125$ . Ймовірність появи інших диграм дорівнює нулю. Ентропія другого порядку

$$\begin{aligned} H_2(x) &= -\sum_{ij=1}^8 P_{ij} \log_2 P_{ij} - H_1(x) = \\ &= -\sum_1^8 0,125 \log_2 0,125 - H_1(x) = 3 - 2 = 1 \text{ біт/с} \end{aligned}$$

Ентропія вимірювального приладу

$$H_{np}(x) = \log_2 \frac{x_{\max} - x_{\min}}{28} = \log_2 \frac{10 - 0}{2 \cdot 0,5} = 3,32 \text{ біта}$$

Загальна кількість інформації, що надійшла від ІМ

$$H(x) = H_2(x) + H_{np}(x) = 1 + 3,32 = 4,32 \text{ біта}$$

Тепер знаходимо кількість додаткової інформації, що використовується оператором для обслуговування вхідного сигналу. При переводі показань приладу в істинні значення кількість інформації, що переробляється, згідно з формулою (2.9)

$$H_{обч} = \log_2 10 + \log_2 3 + \log_2 30 = 3,32 + 1,58 + 4,91 = 9,81 \text{ біта}$$

Щоб вибрати потрібну пару перемикачів, оператор повинен запам'ятати номер попереднього сигналу і перевірити логічну умову – чи був цей номер парним або непарним, тобто вибрати одну з двох можливих умов. Згідно з формулами (2.8) і (2.10) при цьому переробляється наступна кількість інформації

$$H_{зан}(x) = \log_2 C_k^m = \log_2 C_4^1 = 2 \text{ біта}$$

$$H_{лог} = \log_2 2 = 1 \text{ біт}$$

Згідно з формулою (2.2) за умови рівноімовірного вибору різних положень перемикачів  $\Pi_1$  і  $\Pi_3$  або  $\Pi_2$  і  $\Pi_4$  ентропія органів керування

$$H_{о.к} = \log_2 3 + \log_2 10 = 1,58 + 3,32 = 4,9 \text{ біта}$$

На підставі формули (2.12) ентропія рухових задач

$$H_{о.к} = \log_2 \frac{2A}{W} + \log_2 \frac{2L}{W} = 6,58 \text{ біта}$$

Загальна кількість додаткової інформації

$$H_{доод} = 9,81 + 2,0 + 1,0 + 4,9 + 6,58 = 24,29 \text{ біта}$$

Згідно з формулою (2.5) загальна кількість інформації, що переробляється, при  $H_{nep} = 0$

$$I = H(x) + H_{доод} = 4,32 + 24,29 = 28,61 \text{ біта}$$

### **Приклад 3. Розрахунок гранично допустимих норм діяльності оператора.**

*Завдання:* Задача оператора АС – прийом, обробка і подальша передача повідомлень. Повідомлення поступають у випадкові моменти часу, джерелами повідомлень є декілька об'єктів керування. Інтенсивність потоку повідомлень від одного об'єкту складає п'ять повідомлень за годину. На обробку одного повідомлення оператор витрачає в середньому час  $\bar{\tau}_{on}=1,5$  хвилини. З умов протікання процесу керування відомо, що інформація втрачає актуальність («старіє») через 5,5 хвилини після надходження до оператора.

Визначити кількість об'єктів, якими може керувати оператор виходячи з того, що при цьому будуть забезпечені нормальні умови його діяльності.

*Розв'язок:* Щоб вирішити поставлене завдання, необхідно задатися рядом значень інтенсивності вхідного потоку  $\lambda$  і вибрати з них той, при якому гранично допустимі норми виконуються. Нехай  $\lambda=30$  повідомлень за годину. Знайдемо інтенсивність обслуговування повідомлень за годину

$$\mu = \frac{1}{\bar{\tau}_{on}} = \frac{1 \cdot 60}{1,5} = 40$$

Приведена щільність вхідного потоку

$$\beta = \lambda / \mu = 30 / 40 = 0,75.$$

Тепер знайдемо коефіцієнт завантаженості

$$\eta = 1 - P_0 = \beta = 0,75.$$

Математичне очікування періоду зайнятості знайдемо за формулою

$$\bar{T}_{зан} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{60}{40 - 30} = 6 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт черги є ймовірністю того, що на обробці одночасно знаходиться  $k > 1$  повідомлень. Отже, з урахуванням формули (2.7) для випадків  $k=0$  и  $k=1$

$$\rho = 1 - P_0 - P_1 = 1 - (1 - \beta) - \beta(1 - \beta) = \beta^2 \approx 0,56$$

За загальними правилами знаходження математичного очікування дискретної випадкової величини середнє значення довжини черги повідомлень

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k = \sum_{k=0}^{\infty} k \beta^k (1 - \beta) = \frac{\beta}{1 - \beta} = \frac{0,75}{1 - 0,75} = 3.$$

За загальними правилами знаходження математичного очікування безперервної випадкової величини середнє значення часу очікування

$$\bar{\tau}_{оч} = \int_0^{\infty} \tau \beta e^{-(\mu - \lambda)\tau} d\tau = \frac{\beta}{\mu - \lambda} = \frac{0,75 \cdot 60}{40 - 30} = 4,5 \text{ хв.}$$

Допустимий час очікування

$$\bar{\tau}_{оч.дон} = \bar{\tau}_{нер.дон} - \bar{\tau}_{он} = 5,5 - 1,5 = 4 \text{ хв.}$$

Аналіз отриманих результатів показує, що такі норми, як коефіцієнт черги і час очікування, не виконуються, вимоги по коефіцієнту завантаженості і довжині черги виконуються на межі. Отже, для забезпечення нормальних умов роботи оператора, необхідно зменшити кількість об'єктів керування.

## 2.6 Практичні завдання

*Завдання 1.* На пульті керування розташовано вісім індикаторних лампочок. При надходженні сигналу спалахує одна з них. Визначити кількість інформації, що отримується оператором при надходженні сигналу, для випадків рівноімовірних та нерівноімо-

вірних сигналів. Імовірність їх появи відповідно  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 1/32$ ,  $P_5 = P_6 = 1/16$ ,  $P_7 = 1/4$ ,  $P_8 = 1/2$ .

*Завдання 2.* Операторові необхідно натиснути три кнопки з 15, наявних на пульті. Звернення до різних кнопок рівномірні. Відстань від оператора до пульта  $A = 60$  см, діаметр кнопки  $W = 8$  мм, середня відстань між кнопками  $L = 2$  см.

Визначити, чи встигне виконати оператор необхідні дії, якщо їх необхідно здійснити в середньому один раз в 4 с.

*Завдання 3.* Вимірювальний прилад має три діапазони вимірів 0 – 50 В, 0 – 100 В, 0 – 500 В (рис. 2.4). Яку кількість інформації переробляє оператор, проводячи один вимір в кожному з діапазонів?

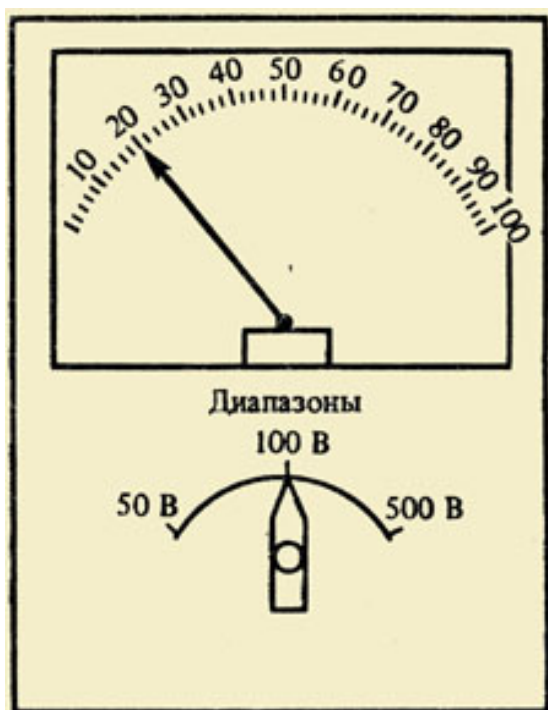


Рисунок 2.4. Панель вимірювального приладу

*Завдання 4.* Операторові пред'являються для запам'ятовування будь-які чотири десяткові цифри. Визначити загальну кількість інформації, що запам'ятовується, в усій послідовності і кількість інформації на один символ (цифру), якщо:

– оператор повинен запам'ятати цифри в порядку їх пред'явлення;

– треба запам'ятати тільки самі цифри (байдуже в якому порядку).

У якому випадку кількість інформації, що запам'ятовується, буде більше?

*Завдання 5.* Гранична кількість розрізняємих людиною градацій безперервних одновимірних стимулів (розміру, місця розташування, яскравості і т. п.) не перевищує 9, а двовимірних – 24.

Яку кількість інформації максимально може отримати людина, визначаючи стан одновимірного і двовимірного стимулів?

*Завдання 6.* Операторам візуально пред'являються тризначні цифрові сигнали (повідомлення), а видають вони їх за допомогою кнопкової клавіатури (три ряди по 10 кнопок на кожен ряд числа). Час ретрансляції одного повідомлення складає в середньому 2,45 с.

Яка пропускна спроможність оператора по ретрансляції таких повідомлень?

*Завдання 7.* Перевірити виконання загальних ергономічних вимог до виконання статичних написів на виробках РЕА. Для панелей приладів наведених на рис. 2.5 – 2.7 розглянути декілька варіантів їх габаритних розмірів (задати самостійно). Перевірку провести згідно інформації п. 2.2 і з урахуванням наступних початкових даних: відстань від оператора до панелей приладів  $A = 60$  см; коефіцієнт відбиття фону – 0,3; освітленість місць розташування написів – 150 лк; яскравість фону – 15 кд/м<sup>2</sup>.

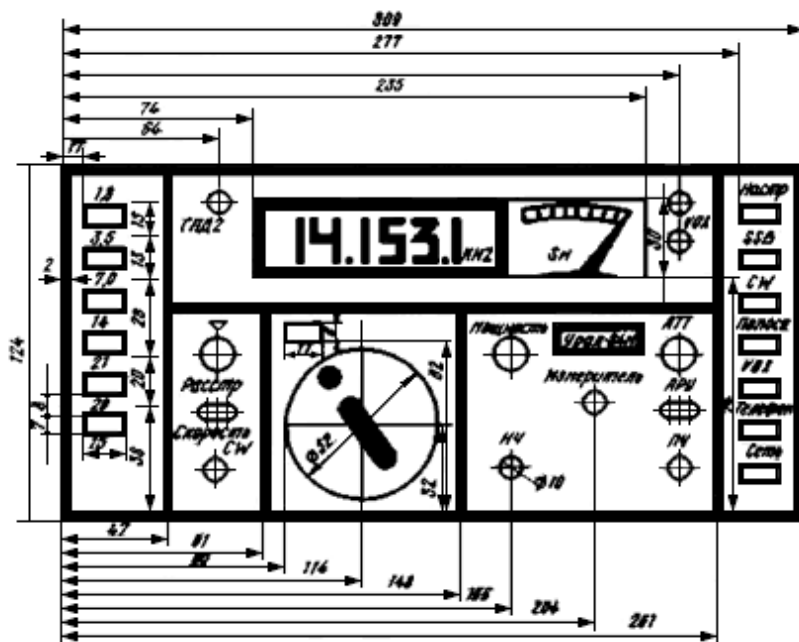


Рисунок 2.5. Передняя панель приладу. Варіант 1

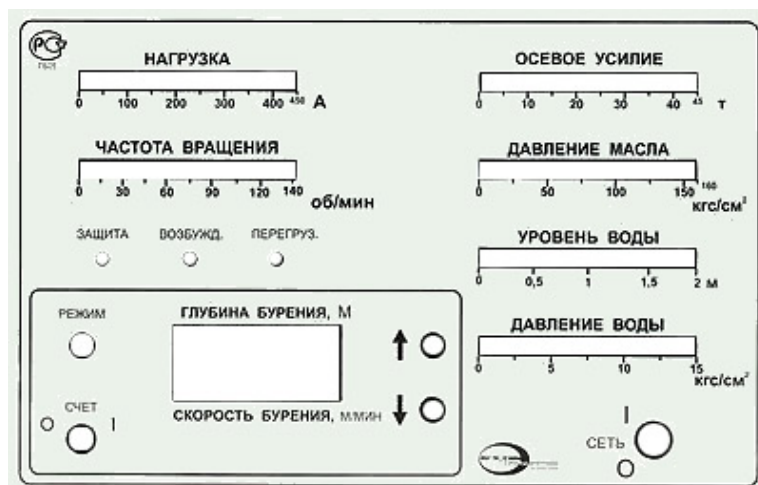


Рисунок 2.6. Передняя панель приладу. Варіант 2

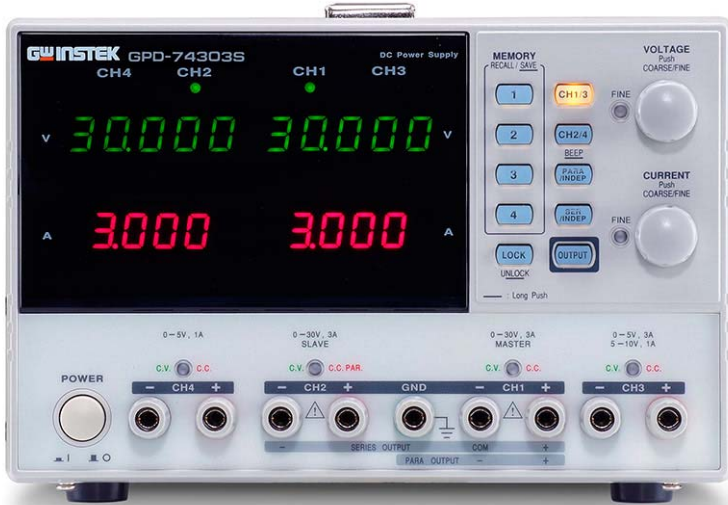


Рисунок 2.7. Передня панель приладу. Варіант 3

*Завдання 8.* За допомогою системи імітаційного моделювання SIMC побудувати модель трьохканальної (для трьох операторів) СМО з обмеженням на довжину черги сигналів  $3 \pm 1$ , та з неоднорідними замовленнями чотирьох типів. Потік замовлень найпростіший з інтенсивністю  $\lambda=1/2$ . Імовірності надходження замовлень  $i$ -го типу  $P_i=0,1$  ( $i=1,4$ ) відповідно, а середній час обслуговування відповідно становить 10, 20, 30 і 40 хвилин. Час обслуговування розподілений за показниковим законом. Передбачити:

- пріоритетне обслуговування замовлень за принципом: чим менший середній час обслуговування, тим вищий пріоритет замовлення;

- обчислення середнього часу очікування в черзі та імовірностей обслуговування для замовлень кожного типу.

Порівняти результати моделювання для випадків:

- пріоритетного обслуговування за принципом 1: чим менший середній час обслуговування, тим вищий пріоритет замовлення;

- пріоритетного обслуговування за протилежним принципом (принципом 2);
- безпріоритетного обслуговування.

## **2.7 Контрольні запитання**

1. У чому сутність системного підходу до проектування СЛТС?
2. Що таке ергономічне забезпечення проектування СЛТС?
3. Які головні задачі ергономічного забезпечення проектування?
4. На чому повинно базуватися проектування СЛТС?
5. Якими властивостями визначається ергономічність СЛТС?
6. У якому документі висвітлено концепцію юзабіліті?
7. Яке призначення стандарту ISO 9241?
8. Які категорії нормативних документів існують в Україні?
9. Що таке гармонізовані стандарти?
10. Яку роль відіграють стандарти серії ISO 9000?
11. На яких принципах будується система ергономічних стандартів?
12. Стандартами яких категорій Ви користувались під час свого навчання?
13. Яке основне призначення системи стандартів безпеки праці?
14. Якими бувають типи дій оператора?
15. Які існують класи операторської діяльності?
16. Чим оператор-спостерігач відрізняється від оператора-маніпулятора?
17. Який тип операторів зустрічається в CAD/CAM/CAE-системах?
18. З яких етапів складається діяльність оператора в СЛМС?
19. Які особливості етапу оцінки і переробки інформації?
20. Від чого залежить час прийняття рішення оператором?
21. Що таке ентропія системи?
22. Як пов'язані поняття кількість інформації і ентропія?

23. Від чого залежить загальна кількість інформації, що переробляється оператором?
24. Які існують види ентропії джерела повідомлень?
25. У яких випадках необхідно користуватися формулами умовної ентропії?
26. Як можна оцінити складність роботи оператора із стрілковими приладами?
27. Які існують види додаткової інформації, що переробляється оператором при логічній обробці?
28. Як оцінити кількість інформації, яка використовується оператором при операціях складання, множення, ділення?
29. Які існують види додаткової інформації, що переробляється оператором при керуючих діях?
30. Як визначити ентропію складної системи?
31. Для вирішення яких завдань необхідно знати кількість інформації, що переробляється людиною?
32. Від чого залежить швидкість переробки інформації оператором?
33. Які з дій з переробки інформації оператор виконує найшвидше?
35. Які труднощі застосування теорії інформації для вирішення ергономічних задач переробки інформації оператором?
36. З якою метою застосовуються гранично допустимі норми діяльності оператора?
37. Що таке коефіцієнт завантаженості оператора?
38. Який максимальний період зайнятості оператора?
39. Як впливає на діяльність оператора коефіцієнт черги?
40. Від чого залежить максимально допустима довжина черги обслуговування?
41. Як розрахувати допустиму тривалість циклу керування?
42. За допомогою яких методів можна визначити гранично допустимі норми діяльності оператора?
43. Які питання аналізу і організації діяльності оператора можна вирішити методами імітаційного моделювання?
44. Що таке система масового обслуговування?
45. Які методи теорії масового обслуговування застосовуються для контролю станів СЛТС?

*Якщо двоє їдуть на одному коні,  
хтось із них повинен їхати позаду.  
Вільям Шекспір*

## ЧАСТИНА 2. ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 3 ЕРГОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

#### 3.1 Оцінка якості інформаційних технологій

Для майбутніх інженерів-програмістів важливим є отримання знань та вмінь з ергономічної оцінки якості ІТ, що розроблюються чи використовуються ними. Вище були викладені критерії оцінки якості до довільних СЛТС (див. п. 2.1). Проте специфіка СЛТС, що використовують комп'ютерні технології обробки інформації, вимагає визначення такого поняття як *ергономічність ІТ*, яка є складовою частиною їх якості.

Розглянемо основні групи показників якості [5]. Під якістю ІТ будемо розуміти комплекс властивостей ІТ, що визначає її здатність задовольняти інформаційні потреби системи відповідно з її призначенням. ІТ умовно можна розглядати як «продукцію», що використовує свій ресурс при функціонуванні та за рахунок морального старіння. За аналогією з видами промислової продукції, із запропонованої для цього випадку номенклатури показників якості, для ІТ можна запозичувати показники призначення, надійності, технологічності, стандартизації та уніфікації, ергономічні та економічні показники. Як було зазначено в п. 2.1, ергономічною складовою якості є *ергономічність*, яка визначається такими властивостями, як *керованість*, *обслугованість* і *опановність*.

Ергономічністю ІТ – сукупністю властивостей ергатичних і неергатичних елементів ІТ, які обумовлюють їх пристосованість до керування, експлуатації, освоєння та пристосування вихідної

інформації ІТ за змістом та формою (тобто, у вигляді ІМ) та строками представлення для підвищення інформованості ОПР.

Оцінка значущості для ІТ різноманітних показників ергономічності СЛМ, з урахуванням того, що ІТ формується компонентами СЛМ (персонал, знаряддя праці, предмети праці, інтерфейси), наведена в табл. 3.1

**Таблиця 3.1.** Оцінка значущості для ІТ різноманітних показників ергономічності СЛМ

Показник	Оцінка			
	1	2	3	4
Антропометричність				+
Видимість інформаційного поля				+
Досяжність органів керування				+
Впорядкованість розміщення ЗВІ та ОК				+
Необхідний час виконання	+			
Логічна важкість		+		
Стереотипність		+		
Необхідна сумарна швидкість переробки інформації		+		
Інформативність	+			
Стереотипність повідомлень		+		
Достатність	+			
Збитковість		+		
Вимірюваність		+		
Населеність			+	
Працездатність оператора	+			
Профілактичність		+		
Відновлюваність (ремонтпридатність)	+			
Показники: комплектуємості груп операторським і обслуговуючим персоналом; психофізіологічного відбору; системи навчання й тренування; технічних засобів підготовки			+	+
				+
				+

**Примітки:** 1 – основні показники, актуальні для ІТ; 2 – додаткові показники, актуальні для ІТ; 3 – показники для ІТ не актуальні; 4 – показники готового виробу, що постачається в ІТ

Наведені в табл. 3.1 показники можна розділити на три групи: призначення; пристосованості до експлуатації й збереженню працездатності; раціональності техніко-економічних рішень.

**Показники призначення** характеризують функціональні властивості ІТ і визначають область застосування ІТ. Виходячи з основної мети ІТ – підвищення інформованості ОПР за рахунок автоматизації, корисний ефект застосування ІТ за призначенням повинен вимірятися ступенем автоматизації задач, розв'язуваних ОПР.

**Показники пристосованості до експлуатації.** Дані показники нерозривно пов'язані з такою групою основних показників якості як надійність. Перелік показників надійності елементів технічного забезпечення ІТ визначений ГОСТ 27.002 – 89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения». Для інших складових ІТ поняття надійності і її показники мають свою особливість. Для ергатичного елемента ІТ до показників надійності належить працездатність оператора, хоча для СЛМ, що не використовують ІТ цей показник належить до керованості. Показники *профілактичність* і *відновлюваність* СЛМ, які належать в ергономіці до показників обслугованості, в ІТ одночасно є й показниками надійності.

У розглянуту групу показників входять і показники ергономічності ІТ.

**Показники керованості** визначають ступінь пристосованості ІТ до виконання поставленого завдання й ступінь пристосованості її технічних і програмних засобів до керування персоналом. Деякі із цих показників повинні відображати ступінь пристосованості вихідної інформації (ІМ) за змістом, формою представлення (*показники інформованості* ОПР) та строкам представлення (*показники своєчасності* рішення задачі) для підвищення інформованості ОПР.

Для персоналу ЛМС у якості ІМ часто виступають інформаційні продукти, які орієнтовані для представлення людині: документи й документація, відеограми, аудіовідеограми і т.д. Тому поінформованість ОПР діалектично пов'язана з *релевантністю ІМ*. Поняття релевантність ІМ представимо багаторівневою структурою

суб'єктивних і об'єктивних властивостей інформації (рис. 3.1) [5].

Бінарні відносини між структурою цілей, інформаційними потребами й поточною інформацією формують показники інформованості ОПР. Відносини між елементами поточної інформації й інформаційними потребами ОПР включають повноту, стислість, видимість, релевантність ІМ. Наприклад, повнота – це властивість поточної інформації відповідати за різноманітність об'єктивним інформаційним потребам ОПР. Показники повноти мають вигляд  $M_1 = I_a / I_o$  ( $0 \leq M_1 \leq 1$ ), де  $I_a$  – число абсолютних інформаційних запитів,  $I_o$  – число дійсних інформаційних запитів. Запити виражаються у вигляді техніко-економічних показників. Абсолютні й дійсні запити – це відповідно суб'єктивні й об'єктивні інформаційні потреби, необхідні для вдалого рішення задачі.



Рисунок 3.1. Структура поняття «релевантність ІМ»

*Релевантність ІМ* – це властивість поточної інформації, що міститься в певному інформаційному продукті, відповідати за змістом, видимості, стислості, своєчасності й іншим властивостям суб'єктивним інформаційним потребам ОПР. Показник релевантності має вигляд  $R_1 = I_\phi / I_o$  ( $0 \leq R_1 \leq 1$ ), де  $I_\phi$  – фактичні

інформаційні запити, тобто та частина інформаційних потреб, яка фактично задовольняється.

Якщо одержати дані про  $I_{3a}$ ,  $I_{3o}$ ,  $I_{3ф}$  важко, слід переходити до відносин між елементами поточної інформації й елементами структури цілей. Тоді повнота буде оцінена показником  $M_2 = N_n / N$  ( $0 \leq M_2 \leq 1$ ), де  $N_n$  – кількість наведених контрольованих цілей, тобто цілей нижнього рівня «дерева цілей», з яких є шляхи в контрольовані цілі наступних рівнів,  $N$  – загальне число цілей нижнього рівня «дерева цілей». Релевантність ІМ може бути оцінена показником  $R_2 = N_n / N_{ОПР}$  ( $0 \leq R_2 \leq 1$ ), де  $N_{ОПР}$  – кількість наведених контрольованих цілей для тих цілей, досягнення яких ОПР включає до кола розгляду на плануємий період.

Для обчислення комплексного показника поінформованості позначимо в структурі цілей ті вершини, які пов'язані з досягненням певних значень техніко-економічних показників або параметрів об'єкта. Відношення між значенням показника (параметра), передбачуваним ОПР на момент  $t$ , і фактичним значенням у момент  $t$ , може слугувати мірою знань ОПР про навколишнє середовище й об'єкти. Для  $j$ -го показника відношення будемо обчислювати у вигляді

$$u_j = 1 - \frac{T}{\sum_{t=1}^T (|g_0^j(t) - g^j| / g^j)} / T,$$

де  $T$  – число моментів  $t$  опитування ОПР про пропонуємо у майбутній момент контролю значення  $j$ -го показника;  $g_0^j(t)$ ,  $g^j$  відповідно очікуване й фактичне значення  $j$ -го показника. Ступінь поінформованості ОПР орієнтованого на досягнення  $i$ -ї мети, розраховується у вигляді

$$u_i = \sum_j a_{ij} u_j, \quad 0 \leq a_{ij} \leq 1, \quad \sum_j a_{ij} = 1,$$

де  $a_{ij}$  – вага  $j$ -ї підцілі для досягнення  $i$ -ї мети. Якщо  $i$ -а ціль є глобальною (верхнього рівня), індекс  $i$  опускається.

*Показники обслуговності ІТ.* Характеризують пристосованість її технічних, інформаційних, програмних засобів і організаційного забезпечення (документації) до технічної обслуговності, ремонту й підтримці бази даних (БД) і ПЗ в працездатному стані.

Основними показниками, за якими перевіряють відповідність прийнятих рішень і результатів функціонування вимогам, що задаються, є трудомісткість і час підготовки технічних, програмних, інформаційних засобів до функціонування після вимушених перерв; трудомісткість ведення БД; обсяг і періодичність технічної обслуговуваності; вимоги до кваліфікації персоналу.

Деякі показники зручності технічної обслуговуваності й підтримки БД у працездатному стані (показники обслуговуваності) можуть одночасно бути показниками технологічності.

*Показники опанованості* характеризують ступінь пристосованості до освоєння обслуговуючим персоналом і ОПР. Відносно ІТ, до цієї групи належать психофізіологічні показники: зручність, простота, гнучкість мовних засобів; зручність технічних засобів, що забезпечують спілкування ОПР з ІТ; відповідність темпу видачі даних можливостям сприйняття й переробки інформації людиною; відповідність форми видачі даних зоровим можливостям людини. Інші показники опанованості, які традиційно використовуються в ергономічній літературі (див. табл. 3.1), для ІТ не актуальні.

#### **Показники раціональності техніко-економічних рішень.**

*Показники технологічності* характеризують властивості ІТ, що обумовлюють оптимальний розподіл витрат матеріалів, засобів, праці й часу при розробці й експлуатації ІТ. Основні показники технологічності: трудомісткість впровадження ІТ по окремих функціях, комплексах функцій, системі в цілому; трудомісткість окремих процедур у режимах роботи, ведення БД, зберігання даних; трудомісткість ведення нормативно-довідкової інформації й ін. До допоміжних показників будемо відносити: простоту операцій модифікації інформації; трудомісткість копіювання; трудомісткість процедур контролю й ін.

*Показниками стандартизації й уніфікації* характеризують насиченість проектних рішень з ІТ стандартними, уніфікованими й оригінальними частинами: типовими проектними рішеннями, пакетами прикладних програм, стандартним інтерфейсом і т. д. Ці показники оцінюють якість методології проектування й забезпечують узгодження вимог різноманітних традиційних і автоматизованих технічних засобів обробки інформації, ергономіки, традицій, що склалися і т.д. До них будемо відносити: частку (в %)

функцій, охоплених типовими рішеннями, до загального числа функцій, реалізованих ІТ; частку (в %) пакетів прикладних програм у структурі програмного забезпечення ІТ; частку (в %) уніфікованих у межах галузі (країни) вхідних (вихідних) документів у загальному числі документів, оброблюваних ІТ та ін.

*Економічні показники* характеризують витрати на розробку, проектування, створення та експлуатацію ІТ, а також економічну ефективність експлуатації ІТ. Основними економічними показниками якості є: капітальні витрати на створення ІТ; витрати на експлуатацію ІТ. Допоміжні економічні показники є вартісною формою деяких вищенаведених показників якості.

### 3.2 Юзабіліті інформаційних технологій

У наш час у рамках ергономіки й інженерної психології інтенсивно розвивається напрямок, що виник у процесі рішення задач, пов'язаних із проектуванням апаратних і програмних засобів (ПРЗ) обчислювальної техніки – *юзабіліті* (Usability Engineering) – науково-прикладна дисципліна, що слугує підвищенню ефективності, продуктивності й зручності використання інструментів діяльності. Об'єктом для *software usability* є програмний продукт (ПП), а для *web-usability* є веб-сайт (веб-середовище, веб-додаток).

Одне з перших визначень юзабіліті систем або обладнання було дано Міллером в 1971 році з точки зору вживання заходів для «легкості використання» (easy of use). Відомий американський ергономіст Б. Шакел ввів визначення юзабіліті стосовно систем, побудованих на основі інформаційно-комунікаційної технології.

Він визначив юзабіліті як можливість системи, у термінах людських функцій (можливостей), бути використовуємою легше, ефективніше й більш задоволено для певних користувачів, виконання певних задач, у конкретних умовах навколишнього середовища [16]. Цілями юзабіліті він визначив *ефективність*, *навчасність*, *зручність* і *відношення користувача до використовуваного продукту*.

Для досягнення ефективності ним запропоновано вирішити наступні задачі:

- виконання кожної задачі користувачем не повинне перевищувати 2 секунди, а припустиме число помилок – одна на 50 спроб (задача 1);

- повинне бути охоплено 90 % задач, вирішуваних користувачами системи (2);

- при експлуатації повинні дотримуватися вимоги до технічних засобів і навколишнього середовища (регламентуються стандартом ISO 9241) (3).

Навчаємість користувачів припускає рішення наступних задач:

- на етапі введення системи в експлуатацію необхідне навчання шляхом вивчення відповідного керівництва (довідкової системи) або проходження тренувальних курсів протягом 1–2 годин (4);

- повинне бути організоване додаткове півгодинне навчання для постійних користувачів і навчання для непостійних користувачів системи (5).

Для досягнення гнучкості повинні бути вирішені наступні задачі:

- з погляду гнучкості до виконання системою необхідних задач, досить виконати задачі (1) і (2), а для гнучкості щодо навколишнього середовища – задачі (3)–(7), якщо умови середовища на робочому місці не погіршаться більш ніж на 10 % від температури повітря 35° С і відносної вологості 95 % (6).

Результати оцінки відношення користувача до використовуваного продукту повинні бути наступними:

- при опитуванні за шкалою з п'яти градацій (від «дуже добре» до «дуже погано») не менше 80 % повинні бути «добре» або краще й тільки 2 % – нижче «задовільно» (7);

- 90 % респондентів повинні відповісти «Так» на запитання «Уявіть, що Ви повинні використовувати дану систему п'ять раз у день щодня – чи будете Ви її використовувати із задоволенням? Якщо ні, то поясніть чому»(8).

Подібні відповіді виділяють характеристики важливі тільки для конкретного користувача. Для того щоб задовольнити потре-

би всіх сторін (кінцевих користувачів, замовників, розроблювачів, адміністраторів систем, у яких буде працювати ПРЗ та ін.), для просування ПРЗ, що розроблюється на ринку й підвищення потенціалу його розвитку необхідне урахування усієї сукупності характеристик, важливих для всіх зацікавлених осіб.

Для визначення якості функціонування, наявності технічних можливостей ПРЗ до взаємодії, удосконалювання й розвитку необхідно використовувати стандарти в області оцінки характеристик їх якості.

Аналіз стандартів, що визначають основні терміни в області ІТ і номенклатуру метрик (показників) юзабіліті ПП [31, 36, 37, 38] показав, що частина стандартів застаріла або не погоджена між собою внаслідок неправильного перекладу первинних джерел – стандартів ISO, що призводить до різниці в трактуваннях основних термінів або до їхнього протиріччя.

У зв'язку із цим, визначимо спочатку основні поняття ІТ, необхідні для подальшого викладення, а потім розглянемо підходи до оцінки юзабіліті (практичності – за ДСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, зручність використання – ГОСТ 28806-90) програмних засобів.

Розгляд почнемо з терміна *програмне забезпечення*. Відповідно до ГОСТ 19781-90 «Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения», *програмне забезпечення* – «наукова та практична діяльність зі створення програм». Проте стандарт Росії ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 визначає *ПЗ (software)*, як «програми, процедури, правила й будь-яка відповідна документація, що відносяться до роботи обчислювальної системи». У ГОСТ Р ИСО/МЭК-12119-2000, що містить повний автентичний текст стандарту ISO/IEC 12119-94, а також у ГОСТ 28806-90 з поняттям *software* пов'язаний інший термін - *програмний засіб* (ПРЗ). Причому даний термін визначений як «усі або частина програм, процедур, правил і будь-якої відповідної документації системи обробки інформації». Очевидно, що в такому трактуванні він фактично збігається з наведеним вище визначенням ПЗ за ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Відмінності тільки в об'єкті використання (обчислювальна система в ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 і система обробки інформації в 12119-2000 і ГОСТ 28806-90). Згідно з поясненнями до термінів ГОСТ 28806-

90, обсяг поняття, що виражається терміном ПРЗ, містить у собі як окремий випадок обсяг поняття ПЗ, обумовленого за ГОСТ 19781-90, а еквівалентом терміна ПРЗ англійською мовою є термін *software*, що використовується у своєму збиральному значенні (наприклад *mathematical software* – програмні засоби для математичних задач).

Надалі будемо використовувати трактування термінів ПРЗ і ПЗ відповідно ГОСТ 19781-90 – як найбільш збалансоване щодо інших стандартів. Два наступні терміни в нормативних документах трактуються практично однаково.

*Програмний продукт (software product)* – програмний засіб, призначений для постачання, передачі або продажу користувачеві.

*Якість ПРЗ (software quality)* – сукупність властивостей ПРЗ, які обумовлюють його придатність задовольняти задані (або які маються на увазі) потреби у відповідність із його призначенням.

У різних джерелах термінологія, число рівнів ієрархії й загальне число характеристик якості ПРЗ відрізняється. Кожна характеристика якості може використовуватися, якщо визначена її метрика, міра та шкала й може бути зазначений спосіб її виміру й зіставлення з потрібним значенням. Для конкретних ПРЗ домінуючі критерії якості виділяються при проектуванні й визначаються вимогами технічного завдання й функціональним призначенням. Вони повинні, насамперед, відображати функціональну придатність для застосування із заданими цілями.

Основою регламентування показників якості ПРЗ є стандарт ISO 9126. Він має загальний заголовок «Інформаційна технологія. Якість програмного продукту» і складається із чотирьох частин: Частина 1. «Модель якості»; Частина 2. «Зовнішні метрики якості»; Частина 3. «Внутрішні метрики якості»; Частина 4. «Метрики якості у використанні».

Стандарт ISO 9126–01 визначає три зв'язані моделі якості ПРЗ: *внутрішньої якості*, пов'язаної з характеристиками ПРЗ самих по собі, без урахування їх поведінки; *зовнішньої якості*, що характеризує ПРЗ з точки зору їх поведінки; *якість ПРЗ при використанні* в різних контекстах – тієї якості, яка відчувається користувачами при конкретних сценаріях роботи ПРЗ.

Для опису *внутрішньої* й *зовнішньої* якості ПРЗ використовується багаторівнева модель. На верхньому рівні виділено шість груп базових характеристик. Кожна група описується за допомогою декількох підхарактеристик. Для кожної підхарактеристики визначається набір метрик, що дозволяють її оцінити (рис. 3.2).

**Функціональність (functionality)** - здатність ПРЗ у певних умовах вирішувати задачі, необхідні користувачу. Визначає, що саме робить ПРЗ, які задачі вирішує. Деталізується підхарактеристиками:

- *функціональна придатність (suitability)* – здатність вирішувати потрібний набір завдань відповідно до призначення;
- *комплексуємість (interoperability)* – здатність взаємодіяти з потрібним набором інших ПРЗ;
- *захищеність (security)* – здатність запобігати неавторизованому і не дозволеному доступу до даних і програм;
- *коректність (точність – accuracy)* – здатність ПРЗ отримувати тільки вірні або передбачені результати функціонування.



Рисунок 3.2. Основні аспекти якості ПРЗ

**Надійність (reliability)** – здатність ПРЗ підтримувати певну працездатність у заданих умовах. Рекомендується характеризувати:

– *завершеністю* (відсутність помилок – *maturity*) – величиною, оберненою частоті відмов ПРЗ. За звичай вимірюється середнім часом роботи ПРЗ без відмов і величиною, оберненою ймовірності виникнення відмови за даний період часу;

– *відмовостійкістю (fault tolerance)* – здатністю підтримувати заданий рівень працездатності при прояві дефектів ПРЗ або порушенні встановлених інтерфейсів;

– *відновлюваністю (recoverability)* – здатністю відновлювати свій рівень працездатності й цілісність даних після відмови, а також необхідні для цього час і ресурси.

**Зручність використання (usability) або практичність** деталізується підхарактеристиками:

– *зрозумілість (understandability)* – показник, обернений до зусиль, що витрачені користувачами на розуміння логічної концепції цього ПРЗ;

– *опанованість (learnability)* – показник, обернений зусиллям, що витрачається користувачами на опанування правил застосування ПРЗ;

– *керованість (operability)* – показник, обернений зусиллям, що використовують користувачі безпосередньо на експлуатацію й керування функціонуванням ПРЗ;

– *привабливість (attractiveness)* – здатність ПРЗ бути привабливим для користувачів.

**Продуктивність (efficiency)** – здатність ПРЗ за заданих умов забезпечувати необхідну працездатність стосовно, ресурсів, що виділяються для цього. Можна визначити її і як відношення отримуваних за допомогою ПРЗ результатів до ресурсів усіх типів, що витрачаються. Рекомендується відображати:

– *часосмністю (time behaviour)* – сукупністю властивостей ПРЗ, що характеризують забезпечувані при його функціонуванні час реакції на запити, швидкість обробки даних і пропускну здатність;

– *використання ресурсів (resource utilisation)* – здатність вирішувати потрібні задачі з використанням певних обсягів ресурсів (оперативна й довгострокова пам'ять, мережні з'єднання, обладнання вводу й виводу тощо).

***Супровідність (maintainability)*** – зручність проведення всіх видів діяльності, пов'язаних із супроводом програм. Пропонується представляти підхарактеристиками:

– *аналізуємість (analyzability)* – сукупність властивостей ПРЗ, що характеризує зусилля, необхідні для виявлення недоліків даного ПРЗ або причин його відмов, або для встановлення частин, які повинні бути видозмінені;

– *модифікованість (changeability)* – показник, обернений до трудовитрат на виконання необхідних змін;

– *стабілізованість (stability)* – показник, обернений до ризику виникнення несподіваних ефектів при внесенні необхідних змін;

– *тестуємість (testability)* – показник, обернений до трудовитрат на проведення тестування й інших видів перевірки того, що внесені зміни призвели до потрібних результатів.

***Переносимість (portability)*** – здатність ПРЗ зберігати працездатність при перенесенні з одного середовища функціонування в інші, включаючи організаційні, апаратні й програмні аспекти середовища. Іноді ця характеристика в російськомовній літературі називається мобільністю. Проте цей термін необхідно зарезервувати для перекладу «mobility» – здатності ПРЗ і комп'ютерної системи в цілому зберігати працездатність при її фізичним переміщенні в просторі. Пропонується відобразити:

– *адаптованість (adaptability)* – здатністю ПРЗ пристосовуватися до функціонування в різних середовищах без докладання для цього дій або засобів, крім заздалегідь передбачених;

– *настроюваність (installability)* – характеризує трудомісткість встановлення або настроювання ПРЗ для функціонування в заданому середовищі;

– *співіснування–відповідність (coexistence)* – здатність ПРЗ співіснувати з іншими програмами й апаратними засобами в загальному середовищі, розділяючи з ними ресурси;

– *заміноздатність (replaceability)*– можливість застосування даного ПРЗ замість іншого, у його середовищі функціонування, а також необхідні для цього зусилля.

Додатково кожна характеристика супроводжується підхарактеристикою *нормовідповідність*, яка повинна відображати відсутність протиріч із іншими стандартами й нормативними документами, а також з іншими показниками в даному стандарті. У стандарті ISO 9126 відсутні методики кількісного виміру характеристик і зіставлення з вимогами специфікацій, а також рекомендації, на яких етапах життєвого циклу ПРЗ їх доцільно застосовувати. Перелік відповідних робіт з оцінки якості програмних продуктів визначений ISO14598-98 Software Product Evaluation.

У стандарті ISO 9126 окремо виділена модель характеристик *якості ПРЗ у використанні (quality in use)*. У цій моделі використовується інший, більш вузький набір базових характеристик у порівнянні з моделлю внутрішньої й зовнішньої якості (рис. 3.3).



Рисунок 3.3. Модель якості ПРЗ у використанні

Основними характеристиками якості ПРЗ у використанні рекомендуються:

– **ефективність** (*effectiveness*) – здатність ПП надавати користувачам можливість вирішувати їх задачі з необхідною точністю й повнотою при використанні в заданому контексті;

– **продуктивність** (*productivity*) – здатність ПП надавати користувачам можливість витратити відповідну кількість ресурсів для досягнення ефективності в зазначеному контексті використання (наприклад, час рішення задачі, зусилля, витрачаємі користувачем, матеріали або витрати на експлуатацію);

– **безпе́чність** (*safety*) – здатність ПП забезпечувати припустимий рівень ризику від його застосування для людей, бізнесу, ПРЗ, майна або навколишнього середовища;

– **задоволеність користувачів** (*satisfaction*) – здатність ПП приносити задоволення користувачам при використанні в заданому контексті.

Більш новий стандарт ISO/IEC 25010.2–2008 «Інформаційна технологія. Програмний продукт. Характеристики якості й оцінка. Модель якості» вводить скоректовану модель якості ПП (рис. 3.4).

У даній моделі *переносимість* розділена на *переміщуваність* (*transferability*) і *сумісність* (*compatibility*), включаючи *інтероперабельність* (*interoperability*). Крім того, запропонований розширений аналіз *якості у використанні* і введені наступні три групи характеристик (рис.3.5): *зручність і простота у використанні* (*usability in use*), яка визначається тими ж характеристиками, що й у стандарті ISO 9241-11 (ступінь ефективності, продуктивність і задоволеність); *гнучкість у використанні* (*flexibility in use*), є мірою придатності ПП до застосування у всіх можливих контекстах використання, включаючи доступність; *безпе́чність* (*safety*), яка стосується зменшення небажаних наслідків від використання ПП.



Рисунок 3.4. Модель якості програмного продукту

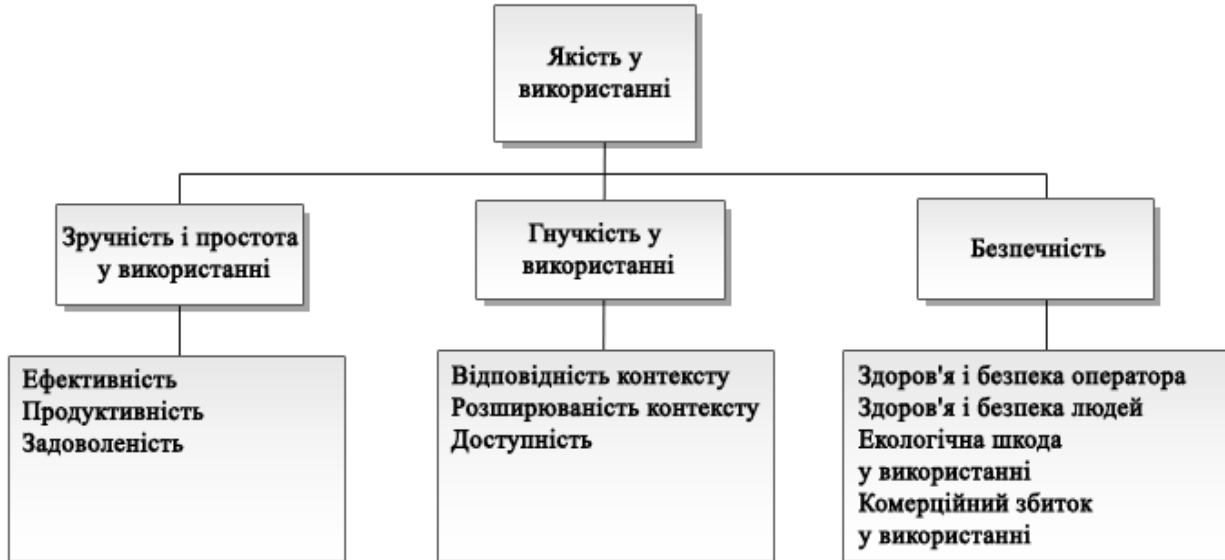


Рисунок 3.5. Модель якості у використанні

Гнучкість у використанні визначається наступними підхарактеристиками:

– відповідність контексту у використанні (*context conformity in use* – ступінь відповідності вимог до зручності й простоти у використанні у всіх передбачуваних контекстах використання);

– розширюваність контексту у використанні (*context extendibility in use* – ступінь зручності й простоти використання в контекстах, які не були спочатку визначені);

– доступність у використанні (*accessibility in use* – ступінь зручності й простоти у використанні для користувачів з певними обмеженими можливостями, у тому числі віковими).

**Безпечність** визначається наступними характеристиками:

– здоров'я й безпека оператора (*operator health and safety*);

– здоров'я й безпека людей (*public health and safety*);

– екологічна шкода у використанні (*environmental harm in use*);

– комерційний збиток у використанні (*commercial damage in use*).

Порівняння двох моделей якості визначених стандартами ISO 9126 і ISO/IEC 25010.2 наведено в табл.3.2.

Дамо визначення знову введеним характеристикам і підхарактеристикам.

*Доступність (availability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь готовності й доступності компонента програмного забезпечення у випадку виникнення потреби використання ПП.

*Стійкість (robustness)* – властивість ПП, що характеризує ступінь стійкості до небажаних, але можливих впливів.

*Виконавча продуктивність (performance efficiency)* – властивість ПП, що характеризує ступінь забезпечення ПП виконання відповідної роботи з певними витратами ресурсів, при встановлених умовах. Ресурси можуть включати інші ПП, конфігурацію програмних і апаратних засобів системи, а також видаткові матеріали (папір для принтера, компакт-диски й т. д.).

*Зручність і простота використання (operability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь зрозумілості, вивчаємості й привабливості ПП для користувача, при його використанні в зазначених умовах.

*Правильна розпізнаваність (appropriateness recognisability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь визнання користувачами програмного продукту таким, що підходить для задоволення їх потреб.

*Легкість використання (ease of use)* – властивість ПП, що характеризує ступінь легкості роботи й керування ним користувачем.

*Корисність (helpfulness)* – властивість ПП, що характеризує ступінь забезпечення ним допомоги, у випадку, коли вона потрібна користувачам.

*Технічна доступність (technical accessibility)* – властивість ПП, що характеризує ступінь зручності використання ПП користувачами з обмеженими можливостями.

*Безпечність (security)* – захист елементів системи від випадкового або зловмисного доступу, використання, модифікації, руйнування, або злому. Дана характеристика визначена тільки для оцінки якості ППЗ у використанні.

*Конфіденційність (confidentiality)* – властивість ПП, що характеризує ступінь забезпечення ним захисту від несанкціонованого доступу до даних або інформації.

*Цілісність (integrity)* – властивість ПП, що характеризує ступінь гарантування точності й повноти захисту програмних активів.

*Безповоротність (non-repudiation)* – властивість ПП, що характеризує ступінь того, що в ньому не можуть бути скасовані виконані раніше дії.

*Враховуємість (accountability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь відстеження дій певних об'єктів.

*Справжність (authenticity)* – властивість ПП, що характеризує той ступінь визначення справжності об'єкта або ресурсу при його потребі.

*Захищеність (immunity)* – властивість ПП, що характеризує ступінь стійкості ПП до атак (перекривається характеристикою 6.2.4 – *стійкість*).

*Живучість (survivability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь здатності ПП виконувати свої функції незважаючи на наявність негативних впливів (перекривається характеристикою 6.2.3 – *відновлюваність*).

*Сумісність (compatibility)* – здатність двох або більш компонентів програмного забезпечення до обміну інформацією й/або виконання необхідних функцій, розділяючи при цьому одні й ті ж апаратні засоби або оточуюче програмне середовище.

*Інтероперабельність (interoperability)* – здатність ПП взаємодіяти й функціонувати з іншими програмними продуктами без яких-небудь обмежень доступу й реалізації.

*Модульність (modularity)* – властивість ПП, що характеризує ступінь до якої система або ПП складені з дискретних компонентів, таким чином, що зміна одного компонента впливає на інші компоненти.

*Багатократне використання (reusability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь використання програмного активу більш ніж в одній програмній системі, або при розробці інших активів.

*Стабільність модифікації (modification stability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь стійкості ПП до модифікацій ПЗ.

**Таблиця 3.2.** Порівняння характеристик двох моделей якості

<b>№ групи характеристик</b>	<b>ISO/IEC 25010.2</b>	<b>ISO 9126</b>	<b>Примітки</b>
1	2	3	4
6	<b>Якість ПП (software product quality)</b>	Визначається внутрішньою й зовнішньою якістю	
6.1	<b>Функціональна придатність (functional suitability)</b>	<b>Функціональність (functionality)</b>	Нова назва більш точна й не вступає в протиріччя з іншими значеннями терміна «функціональність»

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
6.1.1	Доцільність (appropriateness)	Функціональна придатність (suitability)	Перейменована
6.1.2	Коректність (accuracy)	Коректність	
		Комплексуємість (interoperability)	Переміщена в <i>сумісність</i>
		Безпечність (security)	Стала характеристи- кою
<b>6.2</b>	<b>Надійність (reliability)</b>	<b>Надійність</b>	
6.2.1	Доступність (availability)	Рівень заверше- ності (maturity)	Доступність більш важлива ніж рівень завершеності (тісно пов'язана з відмово- стійкістю, але має інше зна- чення)
6.2.2	Відмовостійкість (fault tolerance)	Відмовостійкість	
6.2.3	Відновлюваність (recoverability)	Відновлюваність	
6.2.4	Стійкість (robustness)		Нова підхарактери- стика
<b>6.3</b>	<b>Виконавча продуктивність (performance efficiency)</b>	<b>Продуктивність (efficiency)</b>	Перейменована для уник- нення конфлі- ктів з визначенням <b>efficiency</b> , даним в ISO 25062

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
6.3.1	Часоємність (time behaviour)	Часоємність	
6.3.2	Використання ресурсів (resource utilisation)	Використання ресурсів	
<b>6.4</b>	<b>Зручність і простота використання (operability)</b>	<b>Зручність використання (usability)</b>	Перейменована для уникнення конфліктів з визначенням <b>usability</b> , даним у ISO 25062
6.4.1	Правильна розпізнаваність (appropriateness recognisability)	Зрозумілість (understandability)	Нова назва більш точна
6.4.2	Опановність (learnability)	Опановність	
6.4.3	Легкість використання (ease of use)	Керованість (operability)	Перейменована
6.4.4	Корисність (helpfulness)		Нова підхарактеристика
6.4.5	Привабливість (attractiveness)	Привабливість	
6.4.6	Технічна доступність (technical accessibility)		Нова підхарактеристика
<b>6.5</b>	<b>Захищеність (security)</b>	<b>Захищеність</b>	Раніше була підхарактеристикою
6.5.1	Конфіденційність (confidentiality)		Нова підхарактеристика
6.5.2	Цілісність (integrity)		Нова підхарактеристика

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
6.5.3	Безповоротність (non-repudiation)		Нова підхарактеристика
6.5.4	Враховуємість (accountability)		Нова підхарактеристика
6.5.5	Справжність (authenticity)		Нова підхарактеристика
6.5.6	Захищеність (immunity)		Нова підхарактеристика
6.5.7	Живучість (survivability)		Нова підхарактеристика
<b>6.6</b>	<b>Сумісність (compatibility)</b>		Деякі під характеристики <i>переносимості</i> не відображали логіки передачі від одного середовища до іншого
6.6.1	Заміноздатність (replaceability)	Заміноздатність	
6.6.2	Співіснування-Відповідність (Coexistence)	Співіснування-Відповідність	
6.6.3	Інтероперабельність (interoperability)		
<b>6.7</b>	<b>Супроводжуваність (maintainability)</b>	<b>Супроводжуваність</b>	
6.7.1	Модульність (modularity)		Нова підхарактеристика
6.7.2	Багатократне використання (reusability)		Нова підхарактеристика
6.7.3	Аналізуємість (analysability)	Аналізуємість	
6.7.4	Модифікуємість (changeability)	Модифікуємість	

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
6.7.5	Стабільність модифікації (modification stability)	Стабілізованість (Stability)	Нова назва більш точна
6.7.6	Тестуємість (Testability)	Тестуємість	
<b>6.8</b>	<b>Переміщуваність (transferability)</b>	<b>Переносимість (portability)</b>	Попередня характеристика <i>переносимість</i> не мала підхарактеристик і не відповідала <i>здатності до співіснування</i>
6.8.1	Переносимість (portability)		Оригінальна характеристика не мала підхарактеристик, що відображають перехід від одного середовища до іншого
6.8.2	Адаптованість (adaptability)	Адаптованість	
6.8.3	Настроюваність (installability)	Настроюваність	
		Співіснування-відповідність (coexistence)	Переміщена до <i>сумісність</i>
		Заміноздатність (replaceability)	Переміщена до <i>сумісність</i>
7.1	<b>Якість у використанні (quality in use)</b>	<b>Якість у використанні</b>	
7.2	<b>Зручність і простота у використанні (usability in use)</b>		Збігається з визначенням <b>usability</b> в 25062

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
7.2.1	Ефективність у використанні (effectiveness in use)	Ефективність (effectiveness)	
7.2.2	Продуктивність у використанні (efficiency in use)	Продуктивність (productivity)	Збігається з визначенням efficiency в 25062
7.2.3	Задоволеність у використанні (satisfaction in use)	Задоволеність (satisfaction)	Введені підхарактеристики
7.3	<b>Гнучкість у використанні (flexibility in use)</b>		Нова характеристика
7.3.1	Відповідність контексту у використанні (context conformity in use)		Важливо, щоб ПП був придатний до застосування у всіх можливих контекстах його використання
7.3.2	Розширюваність контексту у використанні (context extendibility in use)		
7.3.3	Доступність у використанні (accessibility in use)		
7.4	<b>Безпечність (safety)</b>	<b>Безпечність</b>	Введені нові підхарактеристики

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4
7.4.1	Здоров'я й безпека оператора (operator health and safety)		Нова підхарактеристика
7.4.2	Здоров'я й безпека людей (public health and safety)		Нова підхарактеристика
7.4.3	Екологічна шкода у використанні (environmental harm in use)		Нова підхарактеристика
7.4.4	Комерційний збиток у використанні (commercial damage in use)		Нова підхарактеристика

*Переміщуваність (transferability)* – властивість ПП, що характеризує ступінь можливості його переносу з одного середовища в інше.

У такий спосіб юзабіліті-метрики містяться в стандартах ISO 9126-4, ISO 9241-11 і ISO/IEC 25010.2. Їхній перелік і зміст наведено в таблиці 3.3.

**Таблиця 3.3.** Групи юзабіліті-метрик

ISO 9126-4	ISO 9241-11	ISO/IEC 25010.2
1	2	3
<b>Ефективність (effectiveness):</b> оцінює результати виконання користувачем задач із певною <b>точністю й повнотою</b>	<b>Ефективність (effectiveness):</b> <b>точність і повнота</b> , з якою користувачі досягають поставлених цілей	<b>Ефективність у використанні (effectiveness in use)</b> – збігається з ISO 9241-11

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3
<p><b>Продуктивність</b> (productivity): оцінює витрати користувачів при одержуванні ефективності</p>	<p><b>Продуктивність</b> (efficiency): відношення витрачених ресурсів до точності й повноти, з якою користувачі досягають поставлених цілей</p>	<p><b>Продуктивність у використанні</b> (efficiency in use) – збігається з ISO 9241-11</p>
<p><b>Безпечність</b> (safety): оцінює рівень ризику, шкоди людям, бізнесу, ПЗ, власності або навколишньому середовищу</p>	<p><b>Група відсутня</b></p>	<p><b>Безпека</b> (safety): оцінює рівень ризику, шкоди людям, бізнесу, ПЗ, власності або навколишньому середовищу. Введені нові субхарактеристики</p>
<p><b>Задоволеність</b> (satisfaction): оцінює відношення користувача до роботи із програмним продуктом</p>	<p><b>Задоволеність</b> (satisfaction): комфорт і прийнятність використання. Її можна оцінювати як відношення до використання продукту, так і сприйняття користувачем таких показників, як продуктивність, корисність або легкість у вивченні</p>	<p><b>Задоволеність у використанні</b> (satisfaction in use) – збігається з ISO 9241-11</p>
<p><b>Група відсутня</b></p>	<p><b>Група відсутня</b></p>	<p><b>Гнучкість у використанні</b> (flexibility in use): оцінює рівень зручності застосування продукту у всіх можливих контекстах використання</p>

Як видно з таблиці, у стандартах збігаються перша й четверта групи (хоча й з деякими змістовими відмінностями), порізному називається друга група. В ISO 9241-11 відсутня група «Безпечність», а група «Гнучкість у використанні» відсутня в ISO 9241-11 і ISO 9126-4. Таким чином, у стандартах є розбіжності вже на цьому, самому загальному, рівні опису юзабіліті-метрик.

Самі метрики, що входять у перераховані стандарти, досить довільні по складу й розмиті по змісту. При цьому ISO 9241-11 пропонує тільки приклади метрик залежно від мети тестування: загальна юзабіліті, припустимість для кваліфікованих користувачів, припустимість для новачків, мінімізація вимог підтримки, стійкість до помилок і т.п.

Номенклатура й недоліки юзабіліті-метрик запроваджених у вищевикладених стандартах наведені в табл.3.4.

Таким чином, метрики, запропоновані в стандартах, неповні, часто не збігаються між собою, іноді суперечливі, їх набір довільний і не охоплює багато аспектів діяльності. Все це знижує практичну значущість стандартів. По-перше, юзабіліті-фахівці повинні самостійно займатися розробкою метрик і, отже, неминує буде відсутня їхня спільність, уніфікація. По-друге, результати отримані з використанням різних варіантів метрик, буде важко порівнювати. Тому не досягається головна мета стандартизації.

Таблиця 3.4. Номенклатура й недоліки юзабіліті-метрик

Що оцінює	Стандарт	Метрики		Недоліки
1	2	3		4
Ефективність	ISO 9126-4	Частка правильно виконаних задач (task effectiveness)		Окремий показник
		Частка виконаних задач (task completion)		Окремий показник
		Частота помилок (error frequency)		Показник не ефективності, а надійності
	ISO 9241-11	Відсоток досягнутих цілей (percentage of goals achieved)		Окремий показник
		Відсоток користувачів, що успішно завершили задачу (percentage of users successfully completing task)		Окремий показник, непридатний для індивідуальної оцінки
		Середня точність виконаних завдань (average accuracy of completed tasks)		Окремий показник
ISO/IEC 25010.2	Метрики збігаються з ISO 9241-11			
Продуктивність	ISO 9126-4	Час виконання задачі (task time)	Метрику можна розглядати і як показник ефективності	
		Продуктивність виконання задачі (task efficiency)	Розмитий показник, не визначений зміст продуктивності	
		Економічна продуктивність (economic productivity)	Розмитий показник	

Продовження таблиці 3.4.

		Частка часу, у який виконувалися продуктивні дії (productive proportion)	Важко виділити самі продуктивні дії
		Продуктивність щодо експерта (relative user efficiency)	Розмитий показник
	ISO 9241-11, ISO/IEC 25010.2	–	Група метрик відсутня
Виробність	ISO 9241-11	Час необхідний на завершення задачі (time to complete a task)	Окремий показник
		Задачі, виконані в одиницю часу (tasks completed per unit time)	По суті показник ефективності
		Фінансова вартість виконання задач (monetary cost of performing the task)	Окремий показник
	ISO/IEC 25010.2	Метрики збігаються з ISO 9241-11	
	ISO 9126-4	–	Група метрик відсутня
Безпечність	ISO 9126-4	Вплив на здоров'я й безпеку користувачів (user health and safety)	Розмитий показник, важко оцінити зазначений вплив
		Вплив на здоров'я й безпеку інших людей (safety of people affected by use of the system)	Розмитий показник, важко оцінити зазначений вплив
		Величина економічного збитку (economic damage)	Розмитий показник

Продовження таблиці 3.4.

		Можливість пошкодження програми (software damage)	Розмитий показник
	ISO 9241-11	–	Група метрик відсутня
	ISO/IEC 25010.2	Здоров'я й безпека оператора (operator health and safety)	Розмитий показник, важко оцінити зазначене
		Здоров'я й безпека людей (public health and safety)	Розмитий показник, важко оцінити зазначене
		Екологічна шкода у використанні (environmental harm in use)	Розмитий показник
Комерційний збиток у використанні (commercial damage in use)	Розмитий показник		
Задоволеність	ISO 9126-4	Ступінь задоволеності користувача (satisfaction scale)	Розмитий показник, не визначений зміст задоволеності
		Задоволеність користувача конкретними особливостями програми (satisfaction questionnaire)	Окремий показник
		Частка потенційних користувачів програми (discretionary usage)	Розмитий, важкий для оцінювання показник
	ISO 9241-11	Відносний показник задоволеності (rating scale for satisfaction)	Розмитий показник
		Частота використання (usage rate over time)	Розмитий, важкий для оцінювання показник
		Частота скарг (frequency of complaints)	Окремий показник

Продовження таблиці 3.4.

	ISO/IEC 25010.2	Привабливість – ступінь задоволеності прагматичними цілями (likability)	Розмитий, важкий для оцінювання показник
		Задоволення – відносний показник задоволеності (pleasure)	Розмитий, важкий для оцінювання показник
		Комфорт – фізичне задоволення, що виникає під впливом сприятливих умов, обставин роботи (comfort)	Розмитий показник
		Довіра – задоволеність безпекою (trust)	Розмитий, важкий для оцінювання показник
Гнучкість у використанні	ISO/IEC 25010.2	Відповідність контексту у використанні (context conformity in use)	Розмитий показник
		Розширюваність контексту у використанні (context extendibility in use)	Розмитий показник
		Доступність у використанні (accessibility in use)	Розмитий показник
	ISO 9241-11, ISO 9126-4	–	Група метрик відсутня

### 3.3 Розробка юзабіліті-метрик

Розглянемо один з варіантів розв'язку викладеної вище проблеми запропонований А.Костіним – науковим керівником Usabilitylab [17]. У відповідність із визначеннями ISO він розробив свої групи метрик на основі діяльного підходу. Суть даного підходу полягає у виділенні особливостей різних компонентів діяльності, її психофізіологічних, емоційних і особистих аспектів, а також зовнішніх, результативних і процесуальних показників. Тоді оцінка юзабіліті продукту буде виходити не з його формальних властивостей, а з показників діяльності користувача при роботі із продуктом.

За аналогією з ISO 9126-4 юзабіліті метрики розділені на чотири групи, представлені в табл. 3.5, з наступними корективами.

**Таблиця 3.5.** Перелік і зміст підгруп юзабіліті метрик

№	Група метрик	Технологічна підгрупа	Психологічна підгрупа
1	Ефективність діяльності	Результативність	Психологічна ефективність
2	Економічність діяльності	Процесуальні витрати	Психологічні витрати
3	Надійність і безпечність діяльності	Результативна надійність і безпека	Психологічна надійність і безпека
4	Задоволеність діяльністю	Задоволеність властивостями продукту	Особистісна задоволеність

По-перше, у назву кожної групи для визначеності введений термін «діяльність». По-друге, змінена назва другої групи, тому що витрати на діяльність адекватно описує поняття «Економічність», а не «Продуктивність» (як в ISO 9126-4), яке за змістом мало відрізняється від поняття «Ефективність». По-третє, група «Безпечність», яка відсутня в ISO 9241-11, доповнена метриками, що характеризують надійність діяльності користувачів. Для більшої визначеності й різнобічності оцінок метрики кожної групи розділені на технологічну й психологічну підгрупи. Метрики технологічної підгрупи відображають аспекти діяльності корис-

тувача, пов'язані із властивостями ПП, а метрики психологічної підгрупи – з особливостями психологічних процесів діяльності.

Розроблені метрики юзабіліті для кожної групи й підгрупи наведені в таблиці 3.6 і представляють собою показники діяльності, що розкривають зміст кожної підгрупи. Для кожної метрики в дужках вказується якісна шкала оцінки, а її зміст розкривається в графі змісту.

**Таблиця 3.6.** Перелік юзабіліті-метрик

№	Назва метрик	Зміст метрик
1	2	3
<b>1. Група Ефективність діяльності</b>		
<b>Підгрупа Результативність</b>		
1	<b>Успішність</b> (висока – низька)	Ступінь досягнення цілей діяльності
2	<b>Оперативність</b> (висока – низька)	Ступінь відсутності вимушених затримок виконання діяльності
3	<b>Кількісні показники результативності діяльності</b> (високі – низькі)	Відносні результативні показники, які вводяться залежно від виду задачі (наприклад, час виконання, кількість продукції, точність і т.п. стосовно норми)
<b>Підгрупа Психологічна ефективність</b>		
4	<b>Ефективність аналізу інформації</b> (висока – низька)	Ступінь адекватності, повноти й своєчасності оцінки виникаючих ситуацій
5	<b>Ефективність рішень</b> (висока – низька)	Ступінь правильності, повноти й своєчасності прийняття рішень
6	<b>Ефективність планування</b> (висока – низька)	Масштаб, детальність і гнучкість планування виконання задач
7	<b>Ефективність виконавчих дій</b> (висока – низька)	Ступінь правильності, своєчасності й точності виконавчих дій
<b>2. Група Економічність діяльності</b>		
<b>Підгрупа Процесуальні витрати</b>		
1	<b>Кількісні показники витрат на виконання діяльності</b> (високі – низькі)	Відносні показники витрат, які вводяться залежно від виду задачі (наприклад, час виконання, кількість операцій і т.п. стосовно аналогічній задачі)

Продовження таблиці 3.6.

1	2	3
2	<b>Використання додаткової інформації</b> (високе – низьке)	Частота й відносний час пошуку додаткової інформації (у т.ч. довідкової)
3	<b>Виконання повторних або додаткових операцій</b> (велике – мале)	Частота й відносний час виконання повторних або додаткових операцій
4	<b>Витрати на навчання</b> (великі – малі)	Відносні витрати часу й засобів на теоретичну підготовку й практичне опанування діяльності в порівнянні з аналогічними по складності продуктами
<b>Підгрупа Психологічні витрати</b>		
5	<b>Суб'єктивна складність діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь ускладнень при виконанні діяльності
6	<b>Трудомісткість діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь зайнятості виконавчими діями
7	<b>Психофізіологічна ціна діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь втоми, стомлення, хворобливих відчуттів і т.д., що виникають при роботі із продуктом
8	<b>Виразність негативних емоцій</b> (висока – низька)	Частота й відносна тривалість прояву реакцій роздратування, невдоволення, почуття гніву, глухого кута, безвихідності й т.п.
<b>3. Група Надійність і безпека діяльності</b>		
<b>Підгрупа Результативна надійність і безпека</b>		
1	<b>Стабільність виконання діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь повторюваності досягнення цілей і результатів діяльності
2	<b>Помилковість дій</b> (висока – низька)	Частота й відносна кількість помилок, що допускаються
3	<b>Компенсація помилок</b> (висока – низька)	Можливість і відносний час виправлення користувачем допущених помилок
4	<b>Ризик діяльності</b> (високий – низький)	Можливість створення небезпечних ситуацій (втрати даних, збої в роботі продукту й т.п.) у результаті дій користувача

Продовження таблиці 3.6.

1	2	3
	<b>Підгрупа Психологічна надійність і безпека</b>	
5	<b>Упевненість у діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь спокою й енергійності при роботі із продуктом
6	<b>Зосередженість на діяльності</b> (висока – низька)	Ступінь концентрації уваги на вирішуваній задачі
7	<b>Відповідальність за діяльність</b> (висока – низька)	Ступінь обережності, старанності й продуманості при роботі із продуктом
	<b>4. Група Задоволеність діяльністю</b>	
	<b>Підгрупа Задоволеність властивостями продукту</b>	
1	<b>Задоволеність функціональністю продукту</b> (висока – низька)	Відношення до призначення й корисності продукту
2	<b>Задоволеність якістю продукту</b> (висока – низька)	Відношення до різних аспектів якості: ефективності, надійності функціонування, безпеки використання, швидкодії, процесу освоєння продукту і т.д.
3	<b>Потреба в продукті</b> (висока – низька)	Відношення до необхідності й доцільності використання продукту
4	<b>Адекватність продукту</b> (висока – низька)	Суб'єктивна оцінка відповідності особливостей продукту вирішуваним задачам
5	<b>Зручність представлення інформації</b> (високе – низьке)	Суб'єктивна оцінка привабливості структури й форми представлення інформації в продукті
6	<b>Зручність керування</b> (високе – низьке)	Суб'єктивна оцінка досконалості засобів керування, введення й коректування даних у продукт
7	<b>Задоволеність алгоритмом діяльності</b> (висока – низька)	Суб'єктивна оцінка оптимальності алгоритму діяльності користувача при виконанні задачі
8	<b>Задоволеність автоматизацією</b> (висока – низька)	Відношення до передбачуваності процесу функціонування продукту
	<b>Підгрупа Особистісна задоволеність</b>	

Продовження таблиці 3.6.

1	2	3
9	<b>Задоволеність характером діяльності</b> (висока – низька)	Відношення до характеру діяльності при роботі із продуктом (виконавча або творча, цікава або рутинна і т.п.)
10	<b>Естетична задоволеність</b> (висока – низька)	Відношення до естетичних властивостей продукту (гарний, витончений, елегантний або некрасивий, грубий, потворний і т.п.)
11	<b>Виразність позитивних емоцій</b> (висока – низька)	Частота й відносна тривалість прояву реакцій задоволення, задоволеності, захвату, почуття радості і т.п. при роботі із продуктом
12	<b>Соціальна задоволеність</b> (висока – низька)	Суб'єктивна оцінка соціальних аспектів діяльності при роботі із продуктом (особистої професійної значущості, своєї ролі в колективному розподілі задач, характеру взаємодії з іншими співробітниками й т.п.)

Наведений перелік не є жорстким, метрики можуть доповнюватися й уточнюватися. Проте, достатня узагальненість метрик забезпечує повноцінне порівняння результатів різних досліджень, що відповідає вимогам стандартизації.

Залежно від мети дослідження допускається використання тільки частини з наведених метрик. У той же час у будь-якому тестуванні доцільно використовувати всі чотири групи метрик, а в кожній групі – як технологічні, так і психологічні критерії. При цьому повинен дотримуватися основний принцип: чим складніше продукт, тим більше повинен бути використовуваний набір метрик.

Метрики першої групи можуть оцінюватися методами спостереження, хронометражу, оцінки результативних показників (при можливості), експертної оцінки.

Метрики другої групи оцінюються методами спостереження, опитування, анкетування, психофізіологічними методами (частково).

Для оцінки метрик третьої групи можливе використання спостереження й експертної оцінки.

Четверта група метрик визначається в основному методом опитування й анкетування (метрики на основі емоційних станів оцінюються за допомогою спостереження).

У зв'язку з тим, що всі метрики мають досить чіткий зміст, їх якісна оцінка не представляє особливих труднощів, хоча це й вимагає розробки конкретних процедур і бланків спостереження, експертної оцінки, а також опитувальників. У той же час для точних кількісних оцінок ряду метрик необхідні спеціальні психофізіологічні методи.

### 3.4 Кількісна оцінка надійності і точності операторської діяльності

*Надійність оператора* – здатність виконувати в повному об'ємі покладені на нього функції за певних умов роботи. Надійність діяльності оператора характеризується зазвичай імовірністю правильного рішення задачі. Ця імовірність визначається величиною

$$P_{on} = m / N, \quad (3.1)$$

де  $m$  – кількість правильно вирішених задач;  $N$  – загальна кількість вирішуваних задач.

Необхідна надійність оператора визначається надійністю проведення циклу регулювання

$$P_{\zeta} = P_{on} \prod_{i=1}^n P_i(T_{\zeta}), \quad (3.2)$$

де  $P_i(T_{\zeta})$  – надійність роботи  $i$ -ої ланки машини впродовж часу  $T_{\zeta}$ .

При заданому  $P_{\zeta}$  і відомих  $P_i$  необхідна надійність оператора

$$P_{on} \geq P_{\zeta} / \prod_{i=1}^n P_i(T_{\zeta}), \quad (3.3)$$

Якщо основна функція оператора – зчитування символної інформації, то використовують імовірність безпомилкового зчитування, значення якої на практиці визначають із співвідношення

$$P_q(t) = \sum_{i=1}^k n_i(t) / [N(t)k], \quad (3.4)$$

де  $n_i(t)$  – число безпомилкових зчитувань інформації  $i$ -го оператора за час  $t$ ;  $N(t)$  – число зчитувань, виконаних кожним з  $k$  операторів за час  $t$  за певних умов роботи.

При оцінці надійності оператора, котрий займається перетворенням інформації, використовують такий критерій, як імовірність перетворення інформації, кількісно оцінюваний імовірністю безпомилкового перетворення інформації оператором.

В процесі роботи СЛМ техніка може відмовляти, а людина – припускатися помилки, але за певних умов компенсувати відмови техніки і свої помилки. Розглянемо надійність СЛМ. Приймаємо наступні допущення: відмови техніки і помилки оператора є рідкісними, випадковими і незалежними подіями; поява більше однієї однотипної події за час роботи системи від  $t$  до  $t+\Delta t$  практично неможлива; здібності до компенсації помилок і до безпомилкової роботи є незалежними властивостями оператора.

Тоді, якщо неможлива компенсація помилок і відмов, імовірність безвідмовної роботи впродовж часу  $(t, t+\Delta Q)$  такої СЛМ

$$P_1(t, \Delta t) = P_T(t, \Delta t)P_q(\Delta t), \quad (3.5)$$

де  $P_T(t, \Delta t)$  – імовірність безвідмовної роботи технічної системи за час від  $t$  до  $t+\Delta t$ ;  $P_q(\Delta t)$  – імовірність безпомилкової роботи операторів впродовж часу  $\Delta t$  за умови, що технічна система працює безвідмовно;  $t$  – загальний (накопичений) час експлуатації технічної системи.

Надійність СЛМ підвищується, якщо оператор миттєво з імовірністю  $p$  компенсує помилку. Тоді ймовірність безвідмовної роботи СЛМ

$$P_2(t, \Delta t) = P_T(t, \Delta t)\{P_q(\Delta t) + [1 - P_q(\Delta t)]p\} \quad (3.6)$$

Аналогічно, надійність СЛМ підвищується, якщо оператор, не припускаючись помилки, компенсує відмову технічної системи. В цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи СЛМ

$$P_3(t, \Delta t) = P_q(\Delta t)\{P_T(t, \Delta t) + [1 - P_T(t, \Delta t)]\delta\} \quad (3.7)$$

де  $P_y(t, \Delta t, \delta)$  – умовна ймовірність безвідмовної роботи впродовж часу  $(t, t + \Delta t)$  СЛМ з компенсацією наслідків відмов за умови, що відмова виникла у момент  $\delta$  ( $t < \delta < t + \Delta t$ ) і компенсувалася.

Якщо в системі компенсуються і помилки і відмови, то ймовірність безвідмовної роботи СЛМ

$$P_q(t, \Delta t) = \{P_q(\Delta t) + [1 - P_q(\Delta t)]p\} \cdot \{P_T(t, \Delta t) + [1 - P_y(t, \Delta t, \delta)]\} \quad (3.8)$$

Відношення

$$G = \frac{P_q(t, \Delta t)}{P_1(t, \Delta t)} \quad (3.9)$$

характеризує виграш в надійності СЛМ за рахунок компенсації помилок і відмов оператором. Виграш в надійності збільшується з ростом  $p$  і  $P(t, \Delta t, \delta)$ , тобто зі збільшенням рівня тренованості оператора на компенсації відмов і помилок. За інших однакових умов виграш більше у тієї СЛМ, у якої менше  $P(t, \Delta t)$ , тобто менша надійність технічної системи.

Надійність діяльності оператора залежать від способу її виконання, тобто від навичок і вміння оператора і мотивів його поведінки, а також від зміни умов виконання діяльності. Надійність операторів для алгоритмізованих видів діяльності оцінюють структурними методами, які припускають знання структури діяльності і характеристик надійності окремих дій.

Важлива характеристика діяльності оператора – точність його роботи. **Точність роботи оператора** – міра відповідності виконання ним певних функцій заданому алгоритму. При установці, регулюванні або вимірі параметрів під точністю оператора розуміють міру відхилення деякого параметра від свого істинного, заданого або номінального значення. Точність роботи оператора залежить від характеристик сигналу, міри складності завдань, умов і темпу роботи, функціонального стану нервової системи, індивідуальних особливостей його навчання, часу безперервної роботи оператора, стомлюваності і інших чинників. Точність оператора росте зі збільшенням часу його навчання (тренування) і – з деякого моменту досягає сталого максимального значення.

Кількісно точність роботи оператора оцінюється величиною похибки, з якою оператор вимірює, встановлює або регулює цей параметр

$$\gamma = \gamma_n - \gamma_{on}, \quad (3.10)$$

де  $\gamma_n$  – істинне або номінальне значення параметра;  $\gamma_{on}$  – фактично вимірюване, або регульоване оператором значення цього параметра.

Похибка може мати як додатний, так і від’ємний знак. До тих пір, поки похибка не виходить за допустимі межі, вона не є помилкою в роботі оператора. У роботі оператора слід розрізняти постійну і змінну похибку.

Постійна похибка характеризується математичним очікуванням окремих значень погрішності

$$\gamma_{on. \text{ noc}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \gamma_i, \quad (3.11)$$

де  $\gamma_i$  – погрішність  $i$ -го виміру, регулювання параметра;  $N$  – кількість вимірів, регулювань.

Потрібна від оператора похибка визначається із заданої похибки проведення циклу регулювання

$$\gamma_{ц. \text{ noc}} = \gamma_{on. \text{ noc}} + \sum_{j=1}^k \gamma_{Mj}, \quad (3.12)$$

де  $k$  – кількість машинних ланок;  $\gamma_{Mj}$  – постійна похибка  $j$ -ої ланки машини.

При відомій похибці циклу регулювання, яка зазвичай визначається технічними умовами СЛМ, і відомих похибках машинних ланок допустима погрішність роботи оператора

$$\gamma_{on. \text{ noc}} \leq \gamma_{ц. \text{ noc}} - \sum_{j=1}^k \gamma_{Mj} \quad (3.13)$$

Вплив постійних похибок можна нейтралізувати відповідним калібруванням, застосуванням методів компенсації, усуненням причин, що викликають похибку.

Змінна частка похибки оператора оцінюється величиною середньоквадратичного відхилення окремих похибок

$$\gamma_{оп. зм} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\gamma_i - \gamma_{оп. нос})^2} \quad (3.14)$$

Цей вид похибки завжди є додатною величиною. Змінна похибка проведення циклу регулювання

$$\gamma_{ц. зм} = \sqrt{\gamma_{оп. зм}^2 + \sum_{j=1}^k \gamma_{м. зм_j}^2} \quad (3.15)$$

При заданій змінній похибці проведення циклу регулювання і відомих похибках машинних ланок необхідна похибка роботи оператора

$$\gamma_{оп. зм} \leq \sqrt{\gamma_{ц. зм}^2 - \sum_{j=1}^k \gamma_{м. зм_j}^2} \quad (3.16)$$

Аналіз формул (3.15) і (3.16) показує, що для зменшення результуючої змінної похибки в першу чергу необхідно ліквідувати або хоч би частково нейтралізувати джерело більшої похибки, що являє собою більш складне завдання, ніж боротьба з постійними похибками. Основним способом боротьби зі змінними похибками є підвищення стабільності діяльності оператора і роботи машин.

У випадках, коли відомий діапазон ( $\gamma_{min} - \gamma_{max}$ ) в якому знаходяться значення окремих похибок, а також закон розподілу, якому вони підпорядковані можна обчислювати значення постійної і змінної похибок без формул (3.11) і (3.14).

Якщо значення окремих похибок рівномірно розподілені в інтервалі ( $\gamma_{min} - \gamma_{max}$ ) з функцією щільності розподілу

$$f(\gamma) = \frac{1}{\gamma_{max} - \gamma_{min}}, \quad (3.15)$$

то на підставі загального правила знаходження математичного очікування і дисперсії безперервної випадкової величини можна записати

$$\gamma_{нос} = \int_{\gamma_{min}}^{\gamma_{max}} \gamma f(\gamma) d\gamma = \int_{\gamma_{min}}^{\gamma_{max}} \frac{\gamma}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} d\gamma = \frac{\gamma_{max} + \gamma_{min}}{2}, \quad (3.18)$$

$$\gamma_{zm} = \sqrt{\int_{\gamma_{min}}^{\gamma_{max}} (\gamma - \gamma_{noc})^2 f(\gamma) d\gamma} =$$

$$= \sqrt{\int_{\gamma_{min}}^{\gamma_{max}} \left( \frac{\gamma_{max} - \gamma_{min}}{2} - \gamma_{noc} \right)^2 \frac{1}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} d\gamma} = \frac{\gamma_{max} - \gamma_{min}}{2\sqrt{3}}. \quad (3.19)$$

Якщо значення похибок розподілені за нормальним законом, то математичне очікування і дисперсію можна визначити за правилом «трьох сігм», згідно з яким практично усі значення нормально розподіленої випадкової величини лежать в інтервалі  $\gamma_{noc} \pm 3 \gamma_{zm}$ .

Тоді

$$\gamma_{noc} = \frac{(\gamma_{max} + \gamma_{min})}{2}; \quad \gamma_{zm} = \frac{(\gamma_{max} - \gamma_{min})}{6}; \quad (3.20)$$

Якщо значення похибок підпорядковані логарифмічно нормальному закону, то необхідні величини можна знайти за формулами

$$\gamma_{noc} = \frac{(\gamma_{max} + 1,4\gamma_{min})}{2,4}; \quad \gamma_{zm} = \frac{(\gamma_{max} - \gamma_{min})}{5}$$

Точність роботи оператора характеризує його діяльність в цілому, тоді як надійність може бути характеристикою діяльності оператора, як в цілому, так і окремих дій, включених в загальну діяльність.

### 3.5 Багатокритеріальний вибір на основі методу аналізу ієрархій

Як відзначалося в п.п. 3.2 і 3.3, обґрунтований вибір якісного продукту повинен робитися шляхом оцінки і порівняння ряду груп метрик юзабіліті. Більшість з них можуть бути оцінені тільки методом експертної оцінки.

Задачу багатокритеріального вибору слабоформалізованих альтернатив дозволяє вирішувати метод аналізу ієрархій (MAI)

Т. Саати [67]. Розглянемо його основні положення. При розв'язанні задачі багатокритеріального вибору об'єкти складають нижній рівень ієрархії. Вершиною ієрархії є мета. «Мінімальне» представлення задачі вибору – це трирівнева ієрархія: <мета>, <критерії>, <об'єкти> (рис.3.6).

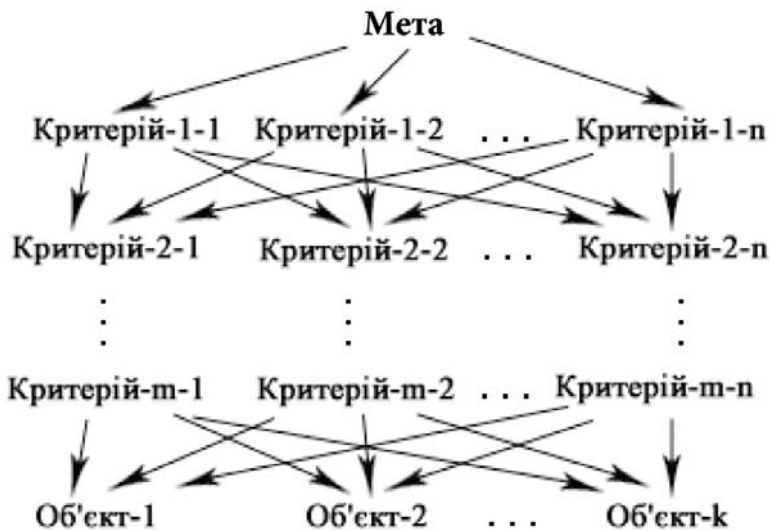


Рисунок 3.6. Ієрархія багатокритеріального вибору

У ієрархії кожен елемент вищого рівня вважається значущим для кожного нижчого, тобто діють усі можливі зв'язки. Елементом аналізу в МАІ є рівень ієрархії, починаючи з вторинного. Для рівня (критеріїв, об'єктів) методом попарних порівнянь складається матриця на основі шкали суб'єктивних суджень.

Етапи МАІ:

1. Скласти ієрархію <<мета>, <критерій-1>, ... <критерій-m>, <об'єкти>> (див. рис.3.6).

2. Попарні порівняння критеріїв (об'єктів) на основі шкали суб'єктивних суджень наведеної в табл. 3.7.

**Таблиця 3.7.** Шкала суб'єктивних суджень

Значення	Визначення
1	Значення не істотне
3	Невелике значення
5	Велике значення
7	Значне значення
9	Максимальне значення
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між двома суміжними судженнями

Матриця попарних порівнянь (МПП) розмірності  $n \times n$

$$W = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

3. Розрахунок вектору локальних пріоритетів – ваг критеріїв (об'єктів)  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

$$x_i = \frac{\sqrt[n]{\frac{w_i}{w_1} \times \frac{w_i}{w_2} \times \dots \times \frac{w_i}{w_n}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\frac{w_i}{w_1} \times \frac{w_i}{w_2} \times \dots \times \frac{w_i}{w_n}}}$$

4. Розрахунок власного значення матриці  $W - \lambda_{\max}$ , індексу узгодженості (ІУ), відношення узгодженості (ВУ). Для контролю узгодженості матриці  $W$  обчислюються

$$Y = \left( \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{w_1}, \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{w_2}, \dots, \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{w_n} \right)$$

$$\lambda_{\max} = X \cdot Y; \quad IY = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}; \quad BY = IY / IYp$$

де  $IYp$  – індекс узгодженості матриці розмірності  $n$ , заповненої при випадковому моделюванні (табл. 3.8).

**Таблиця 3.8.** Узгодженість випадкових матриць

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Величина ВУ має бути близько 10 % або менш, щоб бути прийнятною. В деяких випадках можна допустити 20 %, але не більше. Якщо ВУ виходить за ці межі, то учасникам треба дослідити задачу і перевірити свої судження.

5. Етап розрахунку – проведення аналізу для наступного рівня критеріїв (об'єктів).

6. Етап обчислення глобального вектору пріоритетів.

Отримані власні вектори (один з кожного критерію) зважуються за допомогою відповідної компоненти власного вектору об'єднаного критерію, і результати підсумовуються і нормалізуються.

В роботі [82] розглянута система експертних оцінок і їх обробка для МАІ. Виявлені її недоліки, які полягають у великій імовірності логічних помилок, що виникають при попарних порівняннях значної кількості дуже складних елементів. Запропоновано використовувати шкалу абсолютної важливості елементів для спрощення розрахунків при обробці оцінок і виключення формальних розходжень у відповідях експертів.

Автоматизація методу МАІ у вигляді авторської програми «Рішення проблемних ситуацій» (РПС), що здійснює інтелектуальну підтримку проектувальників графічних інтерфейсів користувачів (ГК) при виборі з множини можливих проектних альтернатив розглянута в п.3.6.

### 3.6 Приклади та ілюстрації

#### **Приклад 1. Надійність операторської діяльності.**

*Завдання:* Система керування виробничим процесом включає в себе оператора і три технічні пристрої, з'єднаних послідовно. Характеристики технічних пристроїв наступні:  $P_1 = 0,99$ ;  $P_2 = 0,97$ ;  $P_3 = 1,0$ ;  $\gamma_{M1} = 2$ ;  $\gamma_{M2} = 5$ ;  $\gamma_{M3} = 7$ . Змінна похибка в роботі оператора дорівнює 3. До системи керування пред'явлені такі вимоги: надійність проведення циклу регулювання – не менше 0,95, а змінна похибка – не більше 9.

Визначити: 1. Які вимоги мають бути пред'явлені до надійності роботи оператора? 2. Чи буде забезпечена за цих умов необхідна похибка проведення циклу регулювання?

Необхідна надійність роботи оператора

$$P_{on} \geq \frac{P_{ц}}{\prod_{i=1}^k P_{M_i}} = \frac{0,95}{0,99 \cdot 0,97 \cdot 1,0} \approx 0,99$$

Звідси витікає, що операторів необхідно навчати й тренувати так, щоб вони здійснювали в середньому не більше за одну помилку при проведенні ста циклів регулювання.

Тепер визначаємо результуючу змінну похибку СЛМ за формулою (3.15)

$$\gamma_{ц. зм} = \sqrt{\gamma_{оп зм}^2 + \sum_{i=1}^k \gamma_{M. зм_i}^2} = \sqrt{3^2 + 5^2 + 2^2 + 7^2} \approx 9,4.$$

Як видно, точність проведення циклу регулювання не задовольняє пред'явленим вимогам. Для досягнення похибки, що не перевищує допустиму, необхідно зменшити похибку, що вноситься третім машинним блоком.

#### **Приклад 2. Багатокритеріальний вибір.**

*Завдання:* Перед розробником ГІК стоїть завдання вибору оптимального інструментального елемента інтерфейсу для відображення списку товарів і їх вартості у екранній формі «Вартість товарів» системи забезпечення продажів. Після аналізу можливо-

стей інструментальних елементів інтерфейсу середовища C++ Builder 6 були визначені наступні альтернативи:

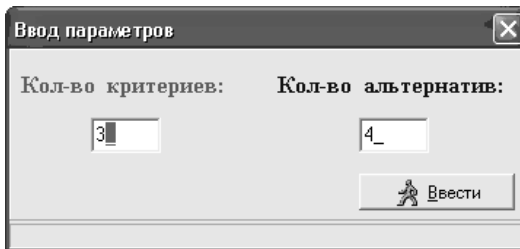
- набір рядків введення і міток для відображення заголовків (P1);
- строкова таблиця TStingGrid (P2);
- таблиця з полями довільних типів TCustomGrid (P3);
- комбінація рядків введення і таблиць довільних типів (P4).

Після аналізу вимог до форми «Вартість товарів» були виділені наступні критерії для оцінювання проектних альтернатив : наочність представлення, швидкість редагування, зручність використання.

Зробити обґрунтований вибір проектного рішення методом МАІ з використанням програми «РПС».

*Розв'язок:*

Після завантаження програми в головному меню програми слід вибрати пункт «Файл – Нова ієрархія». Після цього відкриється форма для введення кількості альтернатив і кількості критеріїв оцінювання (рис. 3.7).



**Рисунок 3.7.** Форма для введення кількості критеріїв і альтернатив

Після введення даних відкривається форма для введення назв критеріїв для оцінювання альтернатив (рис. 3.8). Після заповнення рядків введення і натиснення кнопки «ОК» в головному вікні програми відкривається вкладка з МПП критеріїв одного рівня (рис. 3.9).

Після введення значень переваг (за десятибальною шкалою) в комірки МПП відбувається їх верифікація, якщо значення не вірно з'являється повідомлення про помилку з проханням по-

вторити введення. Після натиснення кнопки «Далее» відбувається розрахунок індексу і відношення узгодженості, якщо їх значення вище деякого порогу, буде виводитися повідомлення про неузгодженість МПП. Потім послідовно відкриваються вкладки МПП альтернатив по кожному з критеріїв і робиться перевірка на узгодженість суджень експерта і контроль помилок.

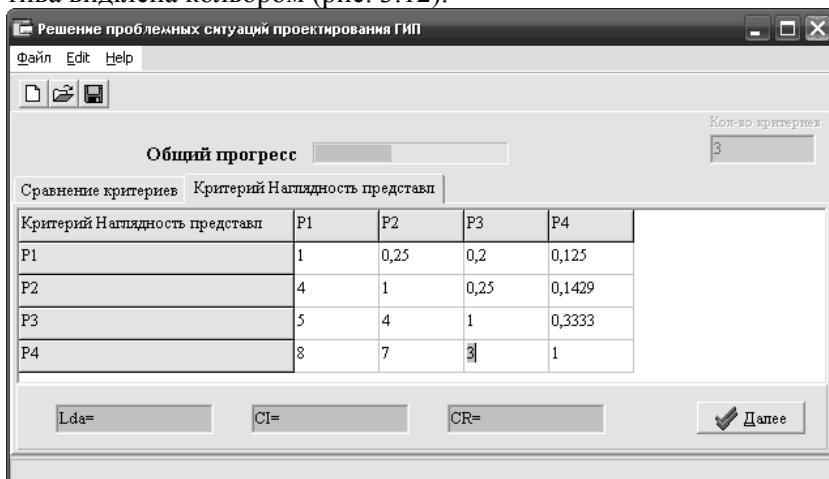
№ Критерия	Название критерия
1	Наглядность представл
2	Скорость редакцир-ния
3	Удобство использ-ния

Рисунок 3.8. Форма для введення назв критеріїв

Критерии	Наглядность представл	Скорость редакцир-ния	Удобство использ-ния
Наглядность представл	1	0,5	0,3333
Скорость редакцир-ния	2	1	0,25
Удобство использ-ния	3	4	1

Рисунок 3.9. Головна форма програми з вкладкою МПП критеріїв одного рівня

Перехід до наступної вкладки здійснюється кнопкою «Далее». Типовий вид вкладки МПП альтернатив за певним критерієм можна побачити на рис. 3.10. Після введення значень оцінок в МПП в усіх вкладках, відкривається вкладка з розрахованими локальними і глобальним векторами пріоритетів для кожної з альтернатив (рис. 3.11). Для побудови ієрархії альтернатив і критеріїв користувачеві необхідно натиснути на кнопку «Побудувати ієрархію». При цьому відкривається форма, на якій побудована ієрархія критеріїв і альтернатив, причому оптимальна альтернатива виділена кольором (рис. 3.12).



**Рисунок 3.10.** Головна форма програми з вкладкою МПП альтернатив за певним критерієм

Як видно з рис. 3.11 максимальне значення глобального вектору пріоритетів відповідає альтернативі №4 «Комбінація рядків введення і таблиць довільних типів». Це означає, що ця альтернатива є оптимальним рішенням при цьому наборі оцінюючих критеріїв. Результат у вигляді побудованої ієрархії, можна побачити на рис. 3.12, де червоним кольором виділена оптимальна альтернатива P4.

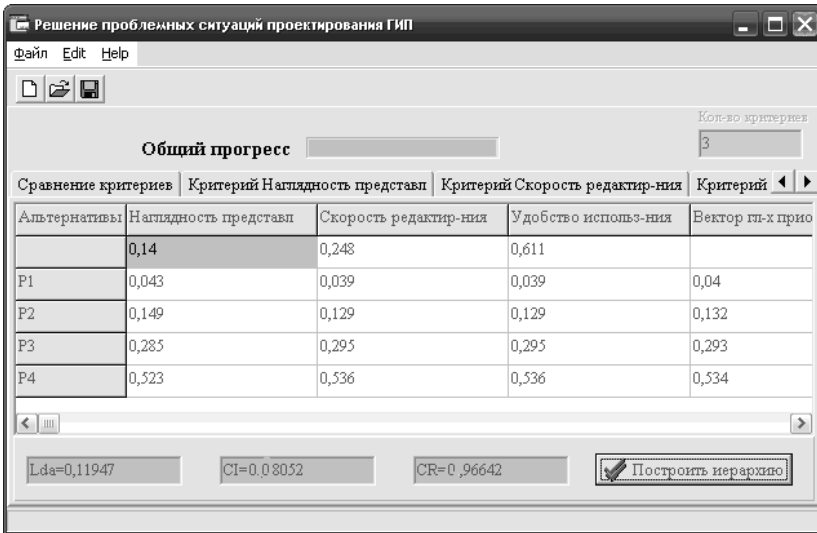


Рисунок 3.11. Головна форма програми з вкладкою глобального і локальних векторів пріоритетів для альтернатив

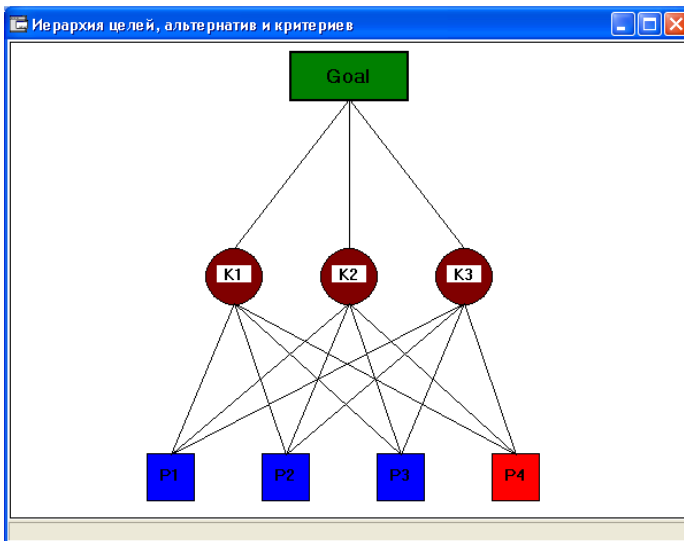


Рисунок 3.12. Побудована ієрархія альтернатив і критерієв

Вихід з програми здійснюється шляхом закриття форми з побудованою ієрархією і вибором пункту меню «Файл – Вихід».

Таким чином, в цьому прикладі вирішено завдання вибору оптимального інструментального елемента інтерфейсу для форми «Вартість товарів» системи забезпечення продажів.

### 3.7 Практичні завдання

*Завдання 1.* Розрахувати наступні показники інформованості ОПР: повнота, релевантність і ступінь поінформованості (див. п.3.1). У якості ОПР виступає сам студент, що виконує реферат на тему «Проблеми ергономічного проектування ГК».

*Рекомендації.* Для спрощення збору початкових даних, необхідних для розрахунку показників, в процесі пошуку інформації для реферату, бажано: розробити план реферату (тобто визначити елементи структури дерева цілей); фіксувати число інформаційних запитів до використаних джерел інформації; фіксувати джерела інформації і інформаційні матеріали пов'язані з досягненням певних елементів дерева цілей.

*Завдання 2.* АСК ТП складається з трьох технічних пристроїв (пристрій контролю і аналізу ходу протікання процесу, пристрій відображення інформації і пристрій виконання команд оператора), включених послідовно, каналу зв'язку і оператора. Технічними умовами на систему керування передбачено, щоб надійність проведення циклу регулювання була не менше 0,960. Імовірність безвідмовної роботи технічних пристроїв впродовж одного циклу наступна:  $P_{M1} = 0,999$ ;  $P_{M2} = 0,992$ ;  $P_{M3} = 0,993$ ;  $P_{к.о} = 0,994$ .

Яка має бути ймовірність безпомилкового проведення циклу регулювання оператором?

*Завдання 3.* Є два аналогічних за призначенням вимірювальних прилади. У другому приладі, для підвищення точності вимірів, проведено декілька удосконалень конструкції і оформлення шкали. Проте це призводить до значного збільшення його вартості. Для перевірки доцільності введення удосконалень, проведений спеціальний експеримент, в якому на обидва прилади подавалася еталонна напруга, що калібрувалася, а оператори знімали показання приладу.

На основі аналізу даних, наведених в табл. 3.8, зробити висновки про доцільність випуску того або іншого приладу.

**Таблиця 3.8.** Дані експерименту

Номер виміру	Значення напруги, В			Номер виміру	Значення напруги В		
	$U_{em}$	$U_{on_1}$	$U_{on_2}$		$U_{em}$	$U_{on_1}$	$U_{on_2}$
1	5,6	5,8	5,7	15	9,0	8,9	9,2
2	5,8	5,9	6,0	16	8,6	8,8	8,6
3	6,1	6,1	6,2	17	8,1	8,0	8,2
4	6,3	6,5	6,4	18	7,6	7,6	7,5
5	6,8	6,6	6,6	19	7,2	7,0	7,2
6	7,2	6,9	7,1	20	7,0	6,9	6,8
7	7,5	7,5	7,4	21	6,5	6,6	6,5
8	7,9	7,8	7,9	22	6,1	6,3	6,1
9	8,1	8,2	8,2	23	5,4	5,4	5,5
10	8,5	8,5	8,3	24	5,2	5,1	5,4
11	8,9	9,0	9,1	25	4,8	4,9	4,6
12	9,5	9,5	9,6	26	4,4	4,1	4,4
13	9,9	9,8	9,9	27	4,0	4,3	4,0
14	9,4	9,2	9,1	28	3,5	3,7	3,4

*Завдання 4.* Один із способів виміру простої сенсомоторної реакції оператора полягає в наступному. У початковому положенні палець руки оператора знаходиться на кнопці. При заго-рнні лампочки запускається мілісекундомір, працюючий на

принципі підрахунку числа імпульсів певної частоти слідування. Завдання оператора – при загорянні лампочки якнайшвидше натиснути кнопку. У момент натиснення кнопки зупиняється секундомір, свідчення якого фіксуються як час простої сенсомоторної реакції. Провести якісний аналіз постійної і змінної похибок вимірів часу реакції даним способом.

*Завдання 5.* Способом, описаним в задачі 4, проведено  $N=20$  вимірів часу простої реакції оператора. Після обробки результатів вимірів отримані наступні значення: математичне очікування  $\bar{\tau}_p=291$  мс; дисперсія  $\sigma_\tau=31$  мс. Визначити значення цих характеристик часу реакції за наступних умов: час натиснення кнопки розподілений за логарифмічно-нормальним законом розподілу, усі значення якого лежать в діапазоні 70–150 мс; мілісекундомір живиться від промислової мережі частотою 50 Гц, нестабільність частоти складає 2 %, а її окремі значення розподілені усередині цього діапазону за нормальним законом; усі джерела похибок між собою незалежні.

*Завдання 6.* ОПП повинен зробити обґрунтований вибір інтернет-магазину з двох варіантів А і Б методом МАІ (див. п. 3.5) з використанням програми «РПС» (див. п. 3.6). На верхньому рівні ієрархії знаходиться мета – купівля інтернет-магазину. На другому рівні знаходяться критерії, які уточнюють мету, за якими можна порівнювати системи: вартість, умови придбання, супровід розробниками, інтерфейс користувача і представленні функції.

*Завдання 7.* ОПП повинен оцінити якість у використанні ГПК двох архіваторів – WinRAR 3.92 і WinZip 14. Оцінку виконати методом МАІ (див. п. 3.5) з використанням програми «РПС» (див. п. 3.6). В якості уточнюючих мету критеріїв, за якими потрібно провести порівняння, необхідно використовувати відповідні метрики стандарту ISO/IEC 25010.2-2008 (рис. 3.5).

### 3.8 Контрольні запитання

1. Що таке ергономічність інформаційних технологій?
2. Яка головна ергономічна складова якості інформаційних технологій?

3. Які показники ергономічності СЛМ актуальні для інформаційних технологій?
4. Які показники ергономічності СЛМ не є актуальними для інформаційних технологій? Чому?
5. На які групи можна розділити показники ергономічності СЛМ, актуальні для інформаційних технологій?
6. Що характеризують показники призначення інформаційних технологій?
7. З якою групою основних показників якості пов'язані показники пристосованості до експлуатації?
8. Що характеризують показники керованості інформаційних технологій?
9. Що таке релевантність інформаційних моделей?
10. У чому різниця між поняттями релевантність інформації та повнота інформації?
11. Що характеризують показники обслуговності інформаційних технологій?
12. Що характеризують показники опановності інформаційних технологій?
13. Якими показниками характеризують раціональність техніко-економічних рішень?
14. Що є об'єктом software- і web- юзабіліті?
15. Що таке юзабіліті по Б. Шакелу?
16. Які основні цілі юзабіліті по Б. Шакелу?
17. Як співвідносяться поняття програмний засіб і програмне забезпечення у відповідності з ГОСТ 28806-90?
18. Який стандарт є основою регламентації показників якості програмних засобів?
19. Які зв'язані моделі якості програмних засобів визначає стандарт ISO 9126–01?
20. Яка модель запропонована у стандарті ISO 9126–01 для опису внутрішньої та зовнішньої якості програмних засобів?
21. Що таке функціональність програмних засобів?
22. Що таке надійність програмних засобів?
23. Що таке юзабіліті програмних засобів?
24. Що таке продуктивність програмних засобів?
25. Що таке супроводжуваність програмних засобів?

26. Що таке переносимість програмних засобів?
27. Яка модель запропонована в стандарті ISO 9126–01 для опису якості програмних засобів у використанні?
28. Які зміни в модель якості програмних продуктів введені стандартом ISO/IEC 25010.2-2008?
29. Які групи характеристик введені стандартом ISO/IEC 25010.2-2008 у модель якості у використанні?
30. У яких стандартах містяться описи юзабіліті-метрик?
31. У чому недоліки юзабіліті-метрик, що входять в стандарти ISO 9126-4, ISO 9241-11 і ISO/IEC 25010.2?
32. У чому суть підходу А.Костіна до оцінки юзабіліті продукту?
33. На які групи розділені юзабіліті-метрики в підході А.Костіна?
34. Що таке надійність роботи оператора? Як визначається необхідна надійність оператора?
35. Що називається точністю роботи оператора і в чому її відмінність від надійності?
36. Що таке постійна і змінна похибки в роботі оператора?
37. При яких умовах визначається допустима величина постійної і змінної похибок оператора?
38. Які існують методи боротьби з постійними і змінними похибками в роботі оператора?
39. Які задачі дозволяє вирішувати метод аналізу ієрархій?
40. У чому суть методу аналізу ієрархій?
41. Які основні етапи методу аналізу ієрархій?
42. Які недоліки методу аналізу ієрархій?

*Чорний одяг змушує тіло при зображенні людини здаватися білішим, ніж у дійсності, білий одяг змушує тіло здаватися темним, жовтий – кольоровим, а в червоному одязі воно здається блідим.*

*Леонардо да Вінчі*

## **4 ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ**

### **4.1 Вимоги до інформаційних моделей**

Інформаційні моделі призначені для передачі операторові СЛТС інформації про ОКК й навколишнє середовище. На основі сприйняття ІМ, що відображується за допомогою ЗВІ, у спостерігача формується *концептуальна модель*, керуючись якою він оцінює поточну ситуацію й приймає відповідне рішення.

Концептуальна модель – це сукупність представлень оператора про робочі задачі, стан і функціонуванні СЛТС і власних способах керуючих впливів на них. Образи й уявлення, що становлять зміст концептуальної моделі, не тільки відображають реальність, але й відіграють роль узагальнених схем діяльності, сформованих у процесі навчання й тренувань. Концептуальна модель характеризується величезною інформаційною надмірністю, але в конкретний момент часу актуалізуються й усвідомлюються лише образи й схеми діяльності, пов'язані з безпосередньо вирішуваною задачею.

Основними труднощами при проектуванні ІМ є знаходження компромісу між вимогами, обумовленими необхідністю узгодження її характеристик з характеристиками об'єкта, за яким спостерігають, самого спостерігача й задачі. Розглянемо основні вимоги [6, 8, 48, 55], яким повинна задовольняти ІМ і які, у свою чергу, визначають побудову ЗВІ.

1. Наочність відображуваної ситуації. Оператор повинен мати можливість сприймати відомості, які дає модель, швидко й без їхнього кропіткого аналізу. ЗВІ повинні забезпечити своєчасне представлення всієї необхідної для побудови моделі інформації як очікуваної (регулярної), так і несподіваної.

2. Забезпечити виділення складних відношень у ситуації.

3. Відповідати за формою й композицією задачам трудового процесу й можливостям людини з прийому, аналізу, оцінки інформації й здійсненню керуючих впливів.

4. Забезпечити ефективну інформаційну взаємодію людини й технічних пристроїв.

5. Забезпечити максимальну надійність діяльності людини й системи керування.

6. Забезпечити можливість легкої зміни способу дії, гнучкість поведінки людини й взаємозамінність операторів.

7. Забезпечити умови координації дій, якщо системою керує не одна людина-оператор, а їх колектив.

У зв'язку з тим, що в ІМ повинні бути представлені лише основні властивості, відношення, зв'язки керованих об'єктів, вона відтворює дійсність у спрощеному виді й завжди є деякою її схематизацією. Ступінь і характер спрощення й схематизації можуть бути визначені на основі аналізу задач СЛТС.

До основних характеристик ІМ відносяться: кількість інформації, що міститься в моделі, повнота відображення об'єкта, динаміка зміни моделі в часі, її просторова організація, тип моделі.

**Кількість інформації.** Кількість інформації, яку отримує людина при сприйнятті сигналів, що впливають на органи чуття, в одиницю часу, обмежена. Вона визначається числом розрізняємих та ідентифікуємих градацій ознак сигналу, що сприймається (наприклад, яскравості, частоти миготіння, кольорових тонів і т.д.). Для орієнтації в реальному світі людині іноді досить тільки розрізнити ті або інші характеристики зовнішніх впливів. Проте для людини-оператора, що працює з ІМ, не можна обмежуватися тільки розрізненням (див. п. 2.3). При визначенні обсягу інформації, що представляється ІМ, перш за все, слід урахувувати можливості ідентифікації й інтерпретації сигналів оператором. У випадку перевищення можливостей оператора з переробки інформації, інфор-

маційний потік повинен передаватися окремими порціями, кожна з яких відповідає можливостям оператора, або розподілятися між декількома операторами.

**Повнота відображення об'єкта спостереження.** Чим детальніше опис у ІМ подій і умов, у яких вони існують, тим більш широкі можливості для прийняття рішення є в розпорядженні спостерігача.

ІМ за кількістю інформації про об'єкт спостереження повинна забезпечити оптимальний інформаційний баланс і не призводити до таких небажаних явищ, як дефіцит або надлишок інформації. Дослідження показали, що прагнення зробити ІМ як можна більш повною, завжди пов'язане з ростом як релевантної (необхідної для рішення задачі), так і іррелевантної інформації, що приводить до зниження швидкості приймання й переробки інформації. Проте, експерименти показують, що при рішенні стратегічних задач вибір моменту, коли слід приймати рішення, точність цього рішення й упевненість у ньому зростають зі збільшенням обсягу прийнятої інформації й інформації що переробляється, тобто сигнали, іррелевантні в якийсь момент, можуть стати дуже потрібними в інший момент. Одним зі способів вирішення цього протиріччя є побудова *суцесивних* (що розгортаються у часі) ІМ, які дозволяли б передавати інформацію порціями, кожна з яких відповідала б можливостям оператора, і розгорнути передачу порцій у часі. Експериментально доведено, що дані моделі більш ефективні, ніж *симультанні* (що представляються одночасно).

**Розгорнення ІМ у часі.** Інформаційна модель може бути статичною (карта, фотографія, схема і т.д.) або динамічною (телевізійне або радіолокаційне зображення, панелі приладів і т.д.). На практиці часто використовуються моделі, які включають як статичні, так і динамічні складові. Питання про розгорнення в часі має значення, звичайно, тільки для динамічних моделей або для динамічних складових моделей.

Динаміка ІМ у часі залежить від задач СЛІТС. Наприклад, якщо потрібно рішення оператором задач у реальному режимі часу, динаміка ІМ повинна точно відповідати динаміці ОКК. За більших швидкостей процесів людина не в змозі зорозво сприймати їхні переходи. У цьому випадку, в ІМ необхідно «розтягти»

реальний час. За дуже малих швидкостей оператор також не в змозі вести за ними безперервне спостереження й реальний час повинний бути в ІМ «стиснуто». Таким чином, тимчасове розгорнення моделі має бути погоджене з характеристиками сприймаючих систем людини й з його діяльністю в цілому.

Розрізняють декілька рівнів тимчасового розгорнення. Вихідний рівень визначається психофізичними й психофізіологічними процесами, що лежать в основі формування зорового образу. Основними характеристиками цього рівня є часовий поріг зорової системи (більш 1 мс), час виникнення імпульсної відповіді (20–70 мс), частота нервових імпульсів (10–400 імпульсів/с), час затримки сигналу в різних ланках зорової системи, латентний (схований) період зорового відчуття (100–300 мс), час інерції зорового відчуття (50–200 мс), критична частота миготінь (10–50 періодів/с).

Інший рівень тимчасового розгорнення ІМ характеризує роботу зорової системи, пов'язану з режимом довільних рухів очей, миготіннями (період між миготіннями 2,8–3,8 с, тривалість 0,3–0,4 с), пошуком сигналів, їх упізнанням і безпосередньою (короткочасною) зоровою пам'яттю (час зберігання 0,25–0,5 с). Порядок величин тут – сотні мілісекунд і секунди.

Перший (вихідний) рівень характеризується тим, що людина не може довільно регулювати роботу своєї системи аналізаторів. На другому рівні певне значення набувають такі фактори, як задача, вирішувана людиною, стратегії сприйняття, можливість передбачення змін спостережуваних подій і т.д.

Третій рівень тимчасового розгорнення ІМ пов'язаний з характеристиками оперативного мислення (час прийняття рішень), тимчасовими витратами на виконання керуючих дій і передачу повідомлень. Порядок величин тут – хвилини й десятки хвилин.

Останній рівень розгорнення, пов'язаний з характеристиками стомлення зорової системи й здатності людини вести тривалі спостереження. Порядок величин тут – десятки хвилин і години.

**Просторова організація ІМ.** Ефективність і надійність переробки інформації оператором визначається просторовою організацією тих ЗВІ, які формують ІМ, і самої моделі.

Якщо необхідно, щоб уся модель (або її частина) сприймалася симультанно, то її розміри не повинні виходити за межі центральної частини поля зору (30–40° по горизонталі, 30° вверх, 40° униз від точки фіксації погляду). При цьому величина найменших деталей зображення повинна відповідати оперативному порогу розрізнення відстаней (в 8–10 раз більше порога гостроти зору). Різні фізіологічні можливості зон зору показані на рис. 4.1.

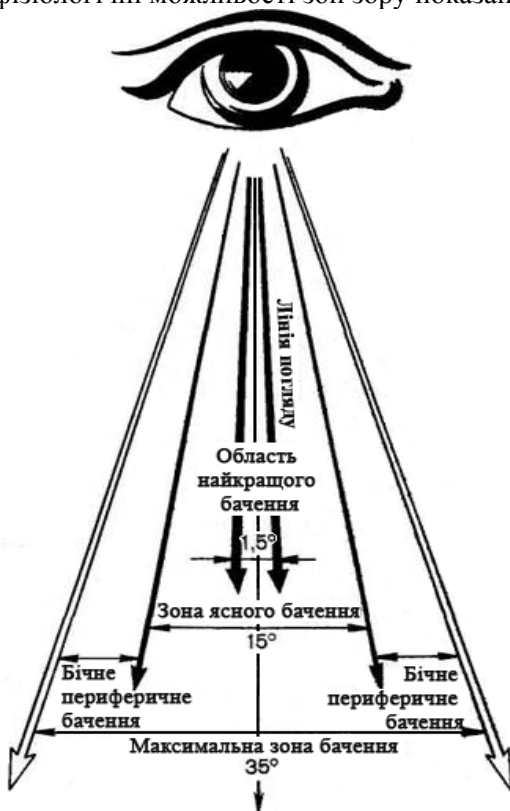


Рисунок 4.1. Зони зору

З урахуванням переводу погляду при нерухомій голові оператора розмір моделі по горизонталі збільшується до 50–60, а з урахуванням повороту голови – до 90°. Крім того, центральна

частина поля зору забезпечує найбільш ефективно розрізнення сигналів, а периферична – їх виявлення. Ці особливості структури поля зору повинні враховуватися при компонуванні моделі в просторі.

При прийнятті рішень по просторовій організації ІМ необхідно враховувати пріоритет інформації, переданої кожним приладом, послідовність і частоту її використання й, найголовніше, структуру діяльності оператора, алгоритми можливої стратегії сприйняття.

**Типи ІМ.** Моделі, що несуть повідомну інформацію, звичайно розділяють на наочні, абстрактні й змішані.

*Наочні моделі* (синоніми – репродуктивні, пікторіальні, картинні або моделі–зображення) є подобою реального об'єкта й відтворюють ті або інші (насамперед, просторові) його властивості. Приклади – фотографії, телевізійне зображення. Основною задачею при розробці наочних моделей є виявлення ознак, які слід відобразити наочно й у припустимому ступені схематизації.

*Абстрактні моделі* (символічні, умовні, знакові, кодові) відображають інформацію про реальний об'єкт за допомогою набору символів. Приклади – математичні формули, друкований текст. Перевага цих моделей у тому, що вони дозволяють відображати властивості об'єктів, які недоступні при безпосередньому спостереженні. Основною задачею при розробці абстрактних моделей є виявлення ознак, інформацію про які доцільно передавати в символній формі, і вибір системи символів (знаків), яку використовують для їхнього кодування.

*Змішані моделі* являють собою поєднання наочних і абстрактних моделей.

За потреби передачі операторові командної інформації в ІМ використовуються спеціальні зображення й знаки, що вказують алгоритм і характер тих дій, які слід виконати (наприклад сигнали, що забороняють і дозволяють, сигнали «увага!» і т.д.). Сигна-

ли, що передають командну інформацію, можуть бути включені в структуру ІМ або утворювати спеціальну модель. При передачі командної інформації використовуються сформовані в практиці засоби візуальної індикації (наприклад, заборона дії – червоне світло, слово «стоп», перекреслене зображення і т.п.).

## 4.2 Способи кодування інформації

Під кодуванням інформації розуміють операцію ототожнення умовних знаків (символів, сигналів) з тим або іншим видом інформації (об'єктами, їх параметрами). Кожний спосіб кодування називається *алфавітом* (букви, знаки, форма і т.д.), або *категорією кодування*. *Довжиною алфавіту* називається можлива кількість різних елементів (їх властивостей) усередині даної категорії кодування.

### 4.2.1 Оптимальне кодування

Створення кодів, що забезпечують максимальну швидкість і надійність приймання й переробки інформації оператором називається *оптимальним кодуванням*. Проблема оптимального кодування – одна із центральних у конструюванні ЗВІ й проектуванні ІМ.

Необхідно враховувати, що для оператора є суттєві й несуттєві ознаки, що приймання й передача повідомлень залежать від їхньої значущості, від імовірності появи сигналів. Слід брати до уваги ступінь тренуваності оператора, обсяг його постійної й оперативної пам'яті, враховувати характер відображуваної інформації й специфіку вирішуваних задач. Усе це ускладнює розробку рекомендацій і вимог до кодування інформації. Аналіз [4, 5, 6, 8, 13] показав, що при побудові й оцінці алфавітів кодівих сигналів, необхідно розглядати ряд наступних незалежних параметрів: модальність інформації; категорія коду (вид алфаві-

ту); основу коду (довжина алфавіту); мірність коду; міра абстрактності коду й компонування кодових знаків.

**Вибір модальності сигналу.** *Модальність* (від лат. *modus* – міра, спосіб) – термін, що означає приналежність до певної сенсорної системи й використовуваний для характеристики або відчуття (слухове, тактильне й ін. відчуття), або сигналу. Наприклад, сигнал, пред’явлений на моніторі комп’ютера або у вигляді звукового подразника з динаміка має різні модальності – *зорову* й *слухову* відповідно. У сучасних системах керування найбільше широко застосовується візуальна інформація. Для зняття перевантаження із зорової системи оператора необхідне вивчення умов, що забезпечують високу ефективність приймання й переробки інформації, адресованої слуховому й вібротактильному аналізаторам.

Слухова модальність (звукова форма пред’явлення інформації) рекомендується [4, 5, 6, 8, 13]: для сигналів небезпеки; при перевантаженні зору; при роботі, що вимагає постійного переміщення оператора й приймання інформації незалежно від положення голови; при обмеженні зору зовнішніми або внутрішніми умовами (наприклад, коли пункт одержання повідомлення яскраво освітлений); у специфічних умовах (наприклад, колір джерела зовнішнього висвітлення не білий); коли мова йде про події, що розгортаються в часі; при необхідності виділення сигналу із шуму.

Недолік слухового аналізатора в тому, що він приймає інформацію не одномоментно, як зоровий, а послідовно (і тому уповільнено). У зв’язку із цим оперативна пам’ять оператора виявляється більш завантаженою й стомлення настає раніше.

Слухова модальність передбачає використання в якості кодів звукових і мовних сигналів. Звукове пред’явлення інформації використовується в гідролокаційних системах для виявлення й визначення контурів об’єктів за відбитим звуком. Попереджува-

льні сигнали й сигнали тривоги в багатьох системах також є звуковими.

Вібротактильна форма пред'явлення інформації представляє додаткове джерело інформації про характер об'єкта керування, що рухається (автомобіля, літака, судна і т.д.). Її використовують при кодуванні органів керування різної форми, при дублюванні зорової й слухової форм пред'явлення інформації.

**Вибір виду алфавіту.** Різні якісні й кількісні характеристики ОКК кодуються різними способами: умовними знаками, буквами, цифрами, кольором, яскравістю й т.п. Оскільки різні ознаки сигналу забезпечують різну ефективність виконання операцій розпізнання, декодування, пошуку й т.п., при виборі виду алфавіту рекомендується враховувати:

- характер відображуваної інформації;
- особливості передачі й приймання повідомлень, їх значущість;
- виділення суттєвих і несуттєвих ознак інформації;
- специфіку вирішуваних оператором задач.

Існують сім категорій кодування зорової інформації: формою; розміром; просторовою орієнтацією; буквено-цифрове; кольором; яскравістю й частотою миготіння. Ергономічні рекомендації з вибору певного виду категорій кодів (алфавітів) наведено в табл. 4.1, причому класифікація по об'єктах і призначенню кодування (критерій вибору №1) містить у собі перші три з наведених вище вимог. Так як специфікою вирішуваних оператором задач при роботі з ІМ є прийняття рішень, то характеристиками за критерієм №2 (специфіка вирішуваних задач) повинні бути:

- задачі інформаційного пошуку (виявлення й розрізнення) сигналу;
- задачі розпізнання сигналу;
- задачі ідентифікації сигналу.

**Таблиця 4.1.** Вибір виду алфавіту можливого коду (способу пред'явлення алфавіту)

Критерії вибору	Рекомендуємий вид алфавіту																
	Форма				Розмір			Просторова орієнтація				Буквено-цифровий			Колір	Яскравість	Частота миготіння
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 По об'єктам та призначенню кодування																	
1.1 Відображення кількісних характеристик					+									+			
1.1.1 Для кількісного порівняння														+			
1.1.2 Для візуального порівняння			+		+	+		+									
1.1.3 Відображення аналітичних залежностей, операцій													+				
1.2 Відображення якісних характеристик																	
1.2.1 Типу об'єкта	+			+				+			+	+			x		
1.2.2 Функцій	+											+					

Продовження таблиці 4.1.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.2.3 Структури	+											+					
1.2.4 Стану		+							+	+	+	+		+	x	+	+
1.2.5 Приналежності											+				x		
1.2.6 Назви об'єкта	+	+										+	+	+			
1.3 Відображення просторових характеристик																	
1.3.1 Положення в просторі								+	+	+							
1.3.2 Напрямок руху								+									
1.3.3 Траєкторія руху				+													
1.4 Відображення контурів об'єкта				+													
2 Специфіка вирішуваних задач (по прийому рішень)																	
2.1 Задача інформаційного пошуку (виявлення, розрізнення)					-										+		
2.2 Задача розпізнання сигналу	+	+			-										+		
2.3 Задача ідентифікації сигналу	+	+			-										+		

У таблиці 4.1 представлені наступні види алфавіту:

1. Умовні знаки.
2. Абстрактні геометричні фігури.
3. Число точок або геометричних елементів.
4. Тип лінії.
5. Площа геометричних фігур.
6. Довжина лінії.
7. Ширина лінії.
8. Орієнтування лінії в просторі.
9. Позиція.
10. Стереоскопічна глибина.
11. Штрихування.
12. Букви й знаки пунктуації.
13. Математичні знаки.
14. Цифри.
15. Колір.
16. Яскравість.
17. Частота миготінь.

Знак «x» у таблиці означає, що відповідний вид алфавіту може використовуватися тільки як додатковий. Знак «+» означає можливість використання відповідного коду. Знак «-» означає неприпустимість використання відповідного коду.

Вибравши вид алфавіту за критерієм №1, необхідно переконатися в тому, що він задовольняє вимогам критерію №2. А якщо ні, то, необхідно дублювати обраний вид алфавіту, відом, рекомендованим відповідно до критерію №2. Приклади різних способів кодування і їх деякі характеристики наведено в табл. 4.2.



При оцінці ефективності алфавітів у задачах інформаційного пошуку в якості одного з важливих параметрів може використовуватися середня тривалість зорових фіксацій (табл. 4.3).

Відмінності в тривалості зорових фіксацій для різних алфавітів визначають і відмінності в часі виконання пошукових задач при оперуванні цими алфавітами. Об'єднання в одному алфавіті двох його видів – знакового й цифрового призводить до істотного зростання швидкості роботи внаслідок збільшення обсягу оперативного поля зору.

**Таблиця 4.2.** Способи кодування і їх характеристики

Код	Приклад	Довжина алфавіту	Інформація на символ, біт
1	2	3	4
Умовні знаки		200 – 1000	8–10
Букви та знаки пунктуації	A, Б, ?, !	42	5
Математичні знаки	+, -, =	15	4
Абстрактні геометричні фігури		8 – 16	3 – 4
Орієнтування лінії в просторі		12 – 16	3 – 4
Колірний тон		11	~ 3
Цифри	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	~ 3
Позиція		4 – 9	~ 2 – 3
Кількість (точок або геометричних елементів)		5	~ 2
Площа геометричної фігури		3 – 5	~ 2
Тип лінії		4	2
Довжина лінії		4	2
Штрихування		4	2
Стереоскопічна глибина	-	3	~ 1,5

Продовження таблиці 4.2.

1	2	3	4
Яскравість		3 – 4	~ 2
Частота миготіння	–	3 – 4	~ 2
Ширина лінії		3	~ 1,5

**Таблиця 4.3.** Тривалості фіксацій для деяких видів алфавіту

Види алфавітів	Середня тривалість фіксацій, мс
Прості геометричні фігури	180
Просторова орієнтація фігур	220
Розмір фігур	340
Складні умовні знаки	300
Букви, цифри	300
Яскраві позначки на екрані локатора	370

**Визначення основи коду (довжини алфавіту).** Однією з важливих характеристик алфавіту є основа коду алфавіту  $N_a$  (число елементів, що утворюють алфавіт). Основу коду визначають виходячи з кількості кодуємих об'єктів та їх характеристик.

При представленні елементів алфавіту ІМ двійковим кодом число його розрядів  $na$  визначають із умови

$$na \geq [\log_2 N_a] \quad (4.1)$$

де  $N_a$  – основа коду повного алфавіту ІМ;  $[\log_2 N_a]$  – двійковий логарифм числа  $N_a$ , округлений до найближчого більшого цілого числа.

У буквено-цифрових ЗВІ за звичай роздільно кодують алфавіти знаків і ознак. У цьому випадку число розрядів коду визначається умовою

$$na = n_{a3} + n_{an} = [\log_2 N_{a3}] + [\log_2 N_{an}], \quad (4.2)$$

де  $N_{a3}$  і  $N_{an}$  – основи кодів алфавіту знаків і ознак відповідно;  $n_{a3}$  і  $n_{an}$  – розрядності двійкових кодів знаків і ознак.

Основа коду повного алфавіту ІМ визначається умовою

$$N_a = N_{a3}N_{an} \quad (4.3)$$

Експериментальні дані показали, що при використанні довгих алфавітів швидкість і надійність приймання інформації оператором невеликі. Одним з найбільш важливих обмежувачів пропускної здатності аналізаторів людини є фактор розрізнення.

За даними Б. Ф. Ломова [57], оптимальні умови розрізнення одномірних сигналів створюються тоді, коли відмінність між парою одномірних сигналів перевищує граничну величину в кілька разів. Це й обмежує припустиму довжину алфавіту сигналів. Інше обмеження пов'язане з низькою здатністю людини точно ідентифікувати зростаючу кількість одномірних сигналів.

Численні експерименти за абсолютними оцінками одномірних сигналів різних модальностей показали, що при їхньому використанні можна передати дуже обмежену кількість інформації. Узагальнивши дані, що були в літературі, Дж. Міллер [59] показав, що при обробці одномірних сигналів найнижча пропускна здатність, що дорівнює 1,6 біт, має місце при оцінці кривизни дуги, а найвища – 3,9 біта – при оцінці положення покажчика на шкалі. Він також показав, що середнє значення пропускної здатності для різних видів одномірних алфавітів становить 2,6 біта при стандартнім відхиленні 0,6 біт, що відповідає 6,5 градаціям. Загальний діапазон зміни числа градацій, що абсолютно розрізняються, одномірного сигналу коливається в межах 4–16 залежно від якості використовуваної ознаки.

Припустима довжина алфавіту повинна визначитися для кожного виду алфавіту експериментальним шляхом.

**Вибір мірності коду.** Оптимальним способом збільшення довжини кодового алфавіту є використання багатомірного кодування, тобто збільшення числа значущих і мінливих параметрів сигналу. У структурі багатомірного коду можуть бути використані поєднання різних видів алфавіту: форми й кольору; форми й просторової орієнтації; розміру, яскравості й частоти миготіння. За допомогою багатомірних сигналів людині можна передавати одночасно значно більше інформації про стан зовнішнього середовища або ОКК, ніж за допомогою одномірних сигналів, оскільки інформація на сигнал збільшується пропорційно логарифму числа його вимірів.

При використанні багатомірних сигналів необхідно визначити оптимальне співвідношення числа змінних параметрів сигналу й числа градацій кожного з параметрів. Наприклад, встановлено, що три градації на кожний параметр слухового сигналу забезпечують більш високу точність розрізнення, ніж чотири. Це значить, що максимально можлива передача інформації буде досягнута в тому випадку, коли застосовується не більше трьох альтернатив на один параметр, але вводиться багато змінних параметрів.

Експериментально встановлено, що кількість переданої інформації різна для різних параметрів багатомірного сигналу. Так, при використанні сигналів слухової модальності найбільш точно розпізнаються градації частоти й числа перерв, найменш точно – градації тривалості.

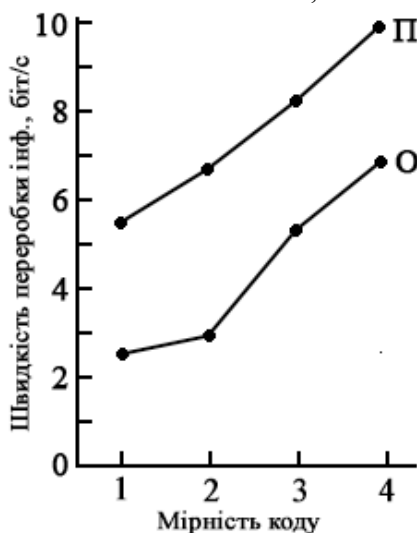
Великий вплив на точність розпізнання сигналів має ступінь тренуваності операторів і черговість ідентифікації градацій окремих параметрів: градації параметрів, ідентифікуємих у першу чергу, розпізнаються більш точно, ніж градації параметрів, ідентифікуємих в останню чергу.

Для забезпечення надійної роботи оператора з багатомірними зоровими алфавітами також необхідно вирішити ряд проблем. Виникають задачі визначення припустимої мірності коду й оптимальних комбінацій різних кодових категорій у структурі багатомірного алфавіту. Отримані експериментальні дані [50] свідчать про переваги багатомірних алфавітів, що забезпечують більш високу швидкість обробки інформації в різних режимах (рис. 4.2).

У цілому результати досліджень свідчать про високу ефективність багатомірного кодування слухової інформації. Воно вже знайшло застосування в ряді систем. Так, в Англії інформація про швидкість вітру при посадці літака на авіаносець представляється за допомогою зміни частоти й швидкості переривання звуку. У системі «Флайбар» використовується тривимірне кодування повороту, крену літака й швидкісного польоту частотою, інтенсивністю й швидкістю переривання звуку.

Пілот одержує необхідну інформацію через головні телефони за допомогою звуків. Сигналами поворотів були зміни відноси-

ни інтенсивності звуків, що подавалися в праве і ліве вухо. При повороті вправо збільшувалася інтенсивність звуку праворуч і зменшувалася ліворуч, і навпаки. Швидкість і величина перепадів інтенсивності відповідали швидкості й величині поворотів. У той же час тон змінювався по висоті. Якщо, роблячи віраж, літак кренився на праве крило, то звук, що подавався на праве вухо знижувався, а на ліве – підвищувався. Пілот чув безперервний тон, який як би поширювався вздовж обрїю, створюючи ілюзію віражу. Для індикації швидкості використовувалися короткі переривчасті сигнали, які подавалися на фоні безперервного тону. Зі збільшенням швидкості вони ставали більш частішими, і навпаки.



**Рисунок 4.2.** Залежність швидкості обробки інформації від мірності алфавіту в задачах розпізнання (О) і зорового пошуку (П).

При побудові багатомірних алфавітів слід урахувувати переваги того або іншого виду алфавіту в рішенні різних задач. Кодова категорія, що забезпечує оптимальне розрізнення й тим самим максимальну ефективність рішення задач оператором, повинна використовуватися в якості домінуючої ознаки, тобто для кодування найбільш значущої характеристики об'єкта. Так, у си-

стемах зі знаковою індикацією такою домінуючою ознакою повинен бути контур знака.

Порівняльна оцінка продуктивності роботи з одномірними й багатомірними алфавітами в різних режимах не виявила зниження в ході експериментів продуктивності роботи операторів з багатомірними алфавітами.

**Визначення міри абстрактності коду.** При розробці систем кодування необхідно враховувати знання, які склалися й міцно закріплені в досвіді людини. Із цієї точки зору можна виділити два можливі варіанти представлення наближення кодових знаків до кодуємих об'єктів: «абстрактний» код, ніяк не пов'язаний зі змістом повідомлення, і «конкретний» код, у певній мірі пов'язаний зі змістом переданої інформації. Відповідно до міри абстрактності коду виділяють наступні типи знаків: абстрактні, схематичні, іконічні й піктографічні. Відомо, що конкретність, наочність розпізнавальних ознак знака прискорює процес декодування, оскільки в цьому випадку процеси розрізнення, розпізнання й декодування здійснюються одночасно.

Використання принципу конкретності, тобто зв'язку форми сигналу зі значенням, сенсом кодуємого об'єкта, забезпечує більш продуктивне запам'ятовування й зберігання символів у пам'яті.

Питання про міру абстрактності кожної категорії кодових знаків повинне вирішуватися відповідно до їхніх особливостей. Букви й цифри є абстрактним кодом, але вони можуть відображати назви характеристик об'єктів або ранжування їх за порядковим номером. У такому випадку буквений і цифровий коди будуть наближатися до конкретного коду.

При кодуванні кольором також рекомендується використовувати кольори, які можливо точніше відображають реальну ситуацію. Згідно з міжнародним стандартом, сигналами небезпеки є теплі тони, безпеки – холодні. Червоний колір вимагає негайної зупинки дії, є заборонним і аварійним кольором. Жовтий колір означає увагу і стеження, зелений – дозволяючий колір.

Питання про міру абстрактності має найбільше значення для категорії форми. Експериментально встановлене, що часткове відтворення у розпізнавальних ознаках сигналу ознак кодуємого об'єкта забезпечує високу точність декодування.

При створенні алфавітів слухових сигналів також необхідно використовувати звичні асоціації між параметрами сигналу і кодуючими характеристиками об'єкта (приклад – система «Флайбар»).

**Компонування кодового знака.** При компонуванні кодуючих знаків необхідно дотримувати вимоги гарного розрізнення. Аналіз [4, 5, 6, 8, 13] дозволив сформулювати вимоги до побудови кодових знаків.

1. При побудові алфавітів знаків необхідна чітка й послідовна класифікація символів усередині алфавіту.

2. Основна класифікаційна ознака об'єкта кодується контуром знака, який повинен представляти собою замкнену фігуру.

3. Знак може мати не тільки контур, але й додаткові деталі.

4. Додаткові деталі не повинні перетинати або спотворювати основний символ.

5. Не слід перевантажувати знак внутрішніми або зовнішніми деталями. Використання букв зовні або усередині контуру також ускладнює розрізнення знака.

6. Переважно використовувати симетричні символи, тому що вони легше засвоюються й більш міцно зберігаються як в оперативній, так і в довготривалій пам'яті.

7. У якості розрізняльних і розпізнавальних ознак знаків у межах одного алфавіту не рекомендується використовувати наступні: число елементів у знаку або його протяжність, відмінність знаків за ознакою позитив-негатив, відмінність знаків за ознакою пряме-дзеркальне відбиття.

8. Розрізнення знаків повинне оцінюватися також по їхніх кутових розмірах, яскравості і контрасту із фоном.

9. При виборі характеру контуру й додаткових деталей треба ґрунтуватися на думці експертів, використовуючи їх професійний досвід і звичні асоціації.

Компонування знаків на ЗВІ залежить від розмірів оперативного поля оператора й роздільної здатності рухової системи ока. Розмір оперативного поля зору обмежує кількість об'єктів одномоментної (200...300 мс) переробки зорової інформації. Компонування знакової інформації визначається роздільною здатністю ока й здійснюється або табличним, або формулярним способом.

Табличний спосіб полягає в розподілі знаків по стовпцях і рядках, що мають самостійне значення. Безпомилкове зчитування інформації з таблиць залежить від загального розміру таблиці в кутових величинах, числа стовпців і рядків, загального числа знаків у таблиці, щільності знаків по вертикалі й горизонталі і ступені однорідності таблиці [5]. При роботі із цифровими таблицями необхідно, щоб розміри самостійних частин не перевищували розміру оперативного поля зору. Щільність розташування чисел у таблиці залежить від її загальних розмірів. Чим менше розмір таблиці, тем з більшою щільністю можна розташувати числа при збереженні швидкого й безпомилкового зчитування. Оптимальне співвідношення розмірів таблиці, у якій можливо безпомилкове й швидке простежування цифр або їх знаходження по заданих координатах, становить  $3^\circ$  при щільності  $10'$ , і  $5-7^\circ$  при щільності цифр  $20'$ . У великих таблицях рекомендована щільність цифр не менш  $60'$ . Відповідність розмірів таблиці розмірам оперативного поля зору досягається використанням розмежувальних ліній або іншими способами, що зменшують її однорідність.

Для оптимального виділення інформації, кодуємої у формулярі (див. п. 4.3.2) на певних знакомісцях, необхідно дотримуватися наступних відстаней між елементами: між умовним знаком і формуляром, що до нього відноситься не менш  $1/4$  висоти умовного знака, між окремими знаками у формулярі не менш  $1/2$  ширини знака, між рядками – не менш  $1/2$  висоти.

## **4.2.2 Види алфавіту зорової модальності**

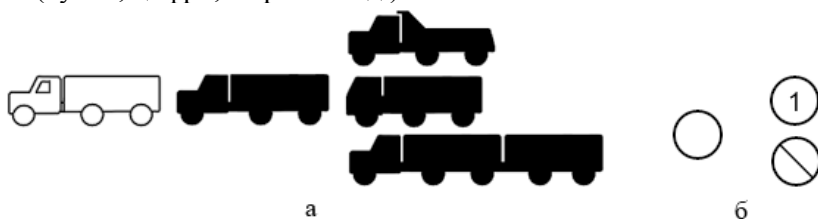
### **4.2.2.1 Кодування формою**

Кодування формою є одним із самих універсальних засобів представлення інформації зорової модальності завдяки великому алфавіту різних символів і попередньому досвіду, на який може спиратися оператор при інтерпретації символів. Форму використовують для кодування класу й виду об'єкта.

При кодуванні формою можуть використовуватися наведені в табл. 4.1 види алфавіту: умовні знаки; абстрактні геометричні фігури; число точок або геометричних елементів і тип лінії.

**Умовні знаки.** Даний вид алфавіту має широке розповсюдження. Ним користуються для передачі інформації на транспорті (дорожні знаки), у медицині (символічні позначення фармакологічних речовин), на промислових підприємствах (при побудові креслень, мнемосхем і т.д.). Знакова індикація суперничає з буквено-цифровою. Її перевага в тому, що умовні знаки дозволяють передавати більші обсяги інформації, використовуючи для цього малий простір. Крім того, умовний знак дозволяє користуватися принципами мнемоніки й легко поєднується з іншими (кодування кольором, величиною, яскравістю і т.д.). Доведено, що якщо знаки мають риси подібності з відображуваним об'єктом, то швидкість і точність їх декодування високі. Можливе число умовних знаків практично безмежно. Людина може засвоїти і користуватися дуже довгим алфавітом. Наприклад, у китайській писемності близько 40 000 ієрогліфів (ієрогліф можна розглядати як умовний знак).

Використовуються два способи побудови знакових алфавітів: індуктивний і дедуктивний (рис. 4.3) або їх поєднання. У першому випадку за основу береться зображення позначуваного об'єкта й потім шляхом редукції одних елементів і посилення інших воно перетворюється в умовний знак. Отриманий таким способом знак зберігає деякі риси подібності з об'єктом. При побудові знака другим способом за основу беруть абстрактні геометричні фігури, в які, за необхідністю, вводяться додаткові елементи (букви, цифри, штрихи і т.д.).



**Рисунок 4.3.** Умовні знаки, отримані різними способами:  
*а)* індуктивним, *б)* дедуктивним

Головну роль у розпізнанні знака відіграє його контур. Залежно від ознак відображуваного об'єкта до контуру додаються внутрішні й зовнішні деталі, букви й цифри, крім того, використовується колір.

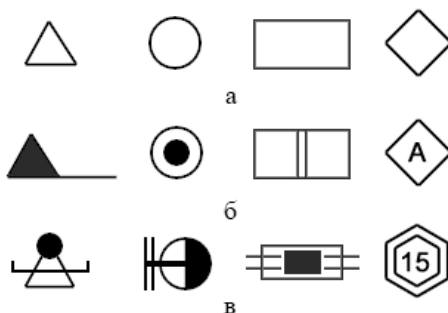
Як показують дослідження, кількість елементів знака має строго відповідати кількості ознак, властивостей (параметрів) відображуваного об'єкта. У випадку їх надмірності спостерігається неоднозначність приймання інформації: людина приписує об'єктам неіснуючі ознаки. У випадку недостатності, спостерігається ненадійність приймання інформації: при декодуванні людина плутає одні знаки з іншими (табл. 4.4).

**Таблиця 4.4.** Залежність точності та часу декодування від співвідношення кількості елементів знака й ознак відображуваного об'єкта

Співвідношення кількості елементів знака й ознак об'єкта	Помилки декодування, %	Час декодування, мс
Рівність	3	223
Надмірність	9	224
Недостатність	23	250

Складність знака може оцінюватися по числу його складових елементів. Знак, що складається лише з контуру, вважається простим.

Знак, що включає, окрім контуру, один додатковий елемент (зовнішня або внутрішня деталь, буква, цифра), – середнім за складністю. Знак, що включає декілька додаткових елементів, – складним. Відносно розрізнення переваги мають прості знаки. Але відносно розпізнання (ідентифікації) кращими виявляються середні за складністю знаки (рис. 4.4).



**Рисунок 4.4.** Класифікація знаків за ступенем складності: *a)* – прості; *б)* – середні; *в)* – складні

Процес сприйняття знака має наступні фази: спочатку виділяється контур, потім – внутрішні й зовнішні деталі. При розпізнанні внутрішніх деталей помилок допускається менше, ніж при розпізнанні зовнішніх, які часто в сприйнятті як би зливаються з основним контуром [57]. У зв'язку із цим, при конструюванні кодових знаків основна класифікаційна ознака об'єкта повинна кодуватися контуром. Знак повинен бути, таким щоб його можна було добре розрізнити (мати достатній кутовий розмір і яскравість) і представляти собою замкнену фігуру.

В умовах необмеженого часу експозиції «оперативний» поріг для кутових розмірів простого знака – 15–18', складного – 35–40'; для найменшої деталі – 7', для букв і цифр, включених у знак, – 8' (для знаків, які відображаються на екранах комп'ютерів, тобто у зворотному контрасті). При коротких експозиціях (50 мс) розмір контуру повинен бути не менш 1°, найменшої деталі – 30–40', букв і цифр – 40–50'.

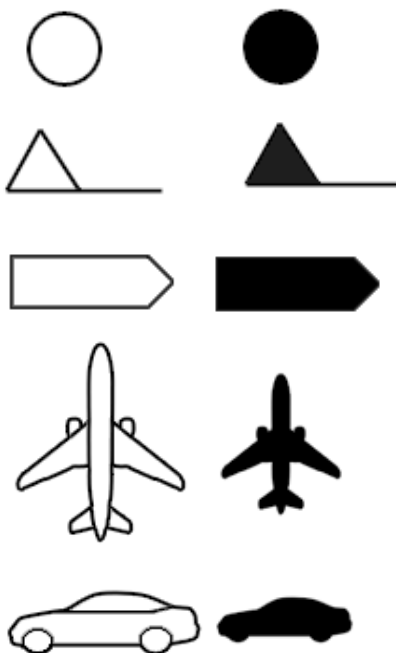
Оптимальні умови розрізнення і розпізнання знаків наведені у табл. 4.5

**Таблиця 4.5.** Оптимальні умови розрізнення і розпізнання знаків

Умови розрізнення і впізнання	Знаки		
	прості	середні	складні
Кутовий розмір, кут. хв.	15–18	21–26	35–40
Величина контрасту (зворотного), %	75	85	90
Критична частота миготіння при яскравості 50 кд/м <sup>2</sup> , Гц	16,5	19,5	22,0
Час безпомилкового сприйняття (за показниками латентного періоду мовної відповіді), с	3,25	4,53	5,78
Час безпомилкового впізнання (за показниками латентного періоду мовної відповіді), с	1,79	1,52	1,52

За даними деяких авторів максимальний алфавіт, доступний для оператора, може включати декілька сотень знаків [6]. Як було зазначено вище, оптимальна довжина знакового алфавіту залежить від характеру задач, які повинен вирішувати спостерігач.

**Геометричні фігури.** Легко розрізняються та розпізнаються прості геометричні фігури (квадрат, коло, прямокутник, ромб, трикутник, овал, лінія). Фігури, складені із прямих ліній, розрізняються краще, ніж фігури, що мають кривизну й багато кутів. Тому трикутники й прямокутники виділяються як форми, більш легкі для сприйняття, чим кола й багатокутники. За точністю розрізнення і розпізнання абстрактні фігури розташовуються в наступному порядку: трикутник, ромб, прямокутник, квадрат. При виборі між контурними й силуетними знаками перевага – за останніми (рис. 4.5).



**Рисунок 4.5.** Приклад контурних та силуетних знаків

При використанні силуетних алфавітів необхідно мати на увазі два обмеження:

- неможливість використання внутрішніх деталей для кодування додаткових характеристик об'єктів;

- неприпустимість поєднання в одному алфавіті контурних і силуетних знаків, оскільки це веде до різкого зростання (в 2–3 рази) часу виконання пошукових задач.

Зрозуміло, що розрізнення і впізнання геометричних фігур залежить від їхніх кутових розмірів. При чіткому контурі й достатньому контрасті цей розмір повинен бути не менше 12'.

**Число точок або геометричних елементів.** Цей спосіб може бути використаний для кодування числа об'єктів у групі (наприклад, один солдат – одна точка, два солдати – дві точки і т.д.) або числа груп (одна рота – одна точка, дві роти – дві точки і т.д.). Із цією метою можуть використовуватися й інші прості геометричні фігури, а також прості знаки. Людина може безпосередньо (без підрахунку) визначити кількість точок, розташованих у випадковому порядку, якщо їх не більше п'яти. При більшій кількості точок, число помилок різко зростає.

При тривалих експозиціях оператор може оцінити й більшу кількість точок, але в цьому випадку він повинен їх порахувати. Групування точок у певні схеми (наприклад, ряди) підвищує точність оцінки їх кількості.

**Тип лінії.** Лінії можуть бути використані для відображення векторів, траєкторій руху об'єктів, трас і т.д. У кресленні використовуються чотири основні типи ліній, що досить добре розрізняються: безперервні, пунктирні, штрихові й штрих-пунктирні. Вони можуть застосовуватися й при побудові ІМ електронними ЗВІ.

#### 4.2.2.2 Кодування розміром

Цей вид кодування використовується для відображення кількісних характеристик об'єкта. У відповідність з табл. 4.1 при кодуванні розміром можуть використовуватися наступні види алфавіту: площа геометричних фігур; довжина лінії й ширина лінії.

**Площа геометричних фігур.** Деякі характеристики об'єктів можуть кодуватися величиною площі фігур. Людина досить точно ідентифікує не більше 4–5 градацій фігур по площі. При цьому при складанні алфавіту доцільно користуватися логарифмічною шкалою. Іноді для відображення величин користуються зображенням об'ємних тіл (куб, куля). Проте, як показали експерименти, цей спосіб кодування недоцільний, тому що людина при оцінці величини зображення об'ємного тіла орієнтується не на обсяг тіла, а на площу, яке займає зображення [80].

Точність розрізнення площі фігур вище, ніж точність ідентифікації. Тому застосування даного способу кодування доцільно у випадках, коли людина має можливість порівнювати фігури, що відображають ті або інші величини, з деякими еталонами, що перебувають в інформаційнім полі, і тоді, коли він спостерігає зміну площі.

При трьох градаціях розмірів фігур існує тенденція до переоцінки найменшого й до недооцінки найбільшого розміру, тобто до стягування крайніх розмірів фігур до середнього. При збільшенні довжини алфавіту до чотирьох розмірів відзначаються великі труднощі в диференціюванні середніх розмірів у порівнянні із крайніми.

**Довжина й ширина лінії.** Кодування довжиною лінії використовується для відображення величин (зорового порівняння). Людина досить добре розрізняє прямі лінії по довжині, якщо вони розташовані паралельно одна до одної. При цьому точність розрізнення залежить від відстані між лініями – чим більше відстань, тем менше точність. Довжина лінії не повинна мати більше чотирьох градацій. Зі збільшенням числа градацій зростає відсоток помилок.

Точність ідентифікації довжини штрихових прямих ліній вище, ніж безперервних. У цьому випадку людина може визначити відображувану величину (наприклад, швидкість) за числом штрихів (якщо кожний штрих відповідає масштабній одиниці). Для спрощення підрахунку слід групувати штрихи по 2, 3 і 4 [57].

Кодування шириною лінії використовується для відображення типу об'єкта [6].

### 4.2.2.3 Кодування просторовою орієнтацією

Цей спосіб кодування за звичай використовується для передачі інформації про напрямки, положення в просторі та часі. У відповідність з табл. 4.1 при кодуванні просторовою орієнтацією можуть використовуватися наступні види алфавіту: орієнтування лінії в просторі; позиція; стереоскопічна глибина; штрихування.

Для асиметричних фігур зміна просторової орієнтації досягається шляхом їхнього повороту у полі зору оператора. Для симетричних фігур у якості ознаки просторової орієнтації можна використовувати потовщення однієї з ліній контуру або поворот вісі координат. Мінімальне відхилення від осей координат, яке оцінюється людиною становить  $1-2^\circ$ .

**Орієнтування лінії в просторі.** При окомірній оцінці орієнтації лінії (щодо координатних осей) людина припускається помилки до  $15-20^\circ$ . Її можна значно зменшити при використанні допоміжних трафаретних сіток. Оптимальна довжина алфавіту для цієї категорії лежить у межах від 4 до 16 положень лінії в просторі.

**Позиція.** Позиція сигналу в полі зору (сигнал, розташований у полі зору ліворуч, означає одне, праворуч – інше, зверху – третє і т.д.) також може бути використана для кодування інформації. Людина добре ідентифікує досить багато позицій сигналу в полі зору, проте рекомендується використовувати не більше 9 (краще – 4–5).

**Стереоскопічна глибина.** У тривимірних індикаторах і пристроях, що створюють ілюзію тривимірного простору (стереоскоп, 3-D телевізор та ін.) для кодування інформації можна використовувати третій вимір, тобто глибину. Застосування цього способу кодування дає можливість розрізнення положення сигналів за глибиною, але не дозволяє їх ідентифікувати. Експерименти показали, що людина досить точно ідентифікує не більше 3–4 позицій сигналу за глибиною.

**Штрихування.** Застосовується для відображення типу об'єкта, його приналежності та стану.

#### 4.2.2.4 Кодування буквено-цифрове

Відповідно до табл. 4.1 при буквено-цифровому кодуванні можуть використовуватися наступні види алфавіту: букви й знаки пунктуації; математичні знаки й цифри. Букви й знаки пунктуації використовуються для відображення якісних характеристик об'єктів (типу, структури, функцій), цифри – для відображення їх кількісних характеристик, а математичні знаки – відображення аналітичних залежностей, указання операцій.

Буквено-цифрові знаки повинні задовольняти вимогам, що походять із характеристик зорового сприйняття і розпізнання та відносяться до: розмірів цифр і букв, їх написання, освітленості, яскравості (контрасту відносно фону), розташуванню в просторі, припустимій швидкості переміщення по екрану і т. д [6].

Швидкість і точність розпізнання цифр і букв залежать від їхньої форми. Букви й цифри, утворені за допомогою прямих ліній, розпізнаються швидше і точніше тих, які включають криволінійні елементи. В умовах дефіциту часу при розпізнанні оператор може переплутати знаки, що мають подібне написання (3 і 5; 2 і 2; Л, А и Д; 3 и 3; Э и 3 і т.д.).

Тому при виборі системи накреслення цифр важливо враховувати розрізняємість і розпізнаваність кожної з них і алфавіту в цілому. Для забезпечення досить високої швидкості та точності ідентифікації доцільно використовувати спеціально модифіковані конфігурації цифр і шрифтів (рис. 4.6).

Кращими з написання цифр звичайного типу вважаються шрифт Макворта, в якому похилі лінії в знаках розташовані під кутом у 45°, і шрифт Бергера, у яким букви й цифри складені із прямих ліній.

Істотну роль у розпізнанні букв відіграють їхні частотні характеристики. Коли оператор з тих чи інших причин (дефіцит часу, малі кутові розміри, нечітке написання) погано розрізняє конфігурацію букви, спостерігається тенденція її заміни іншою, подібною по написання, але такою, що більш часто зустрічається.

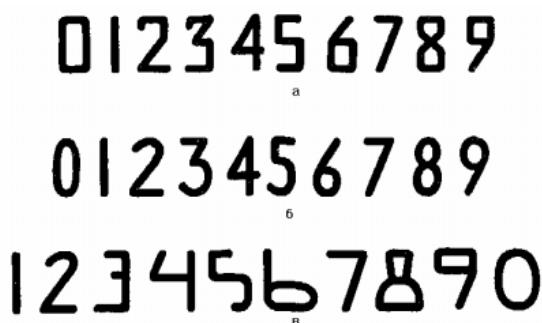
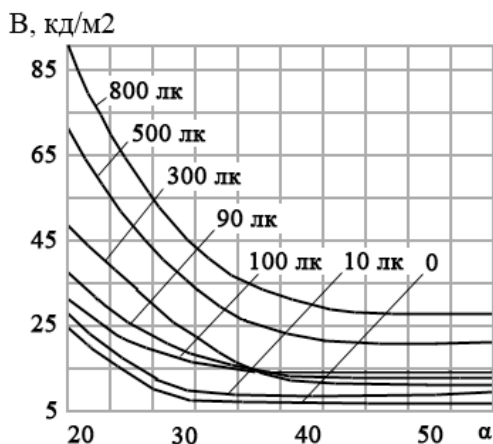


Рисунок 4.6. Типи шрифтів цифр: а) Бергера;  
б) Макворта; в) Слейта

Важливими факторами, від яких залежить ідентифікація цифр і букв, є їхні розміри, зовнішня освітленість, яскравість, величина контрасту по відношенню до фону. Дослідження показали [57], що граничний час експозиції цифр системи Макворта (чорні цифри на білому фоні) скорочується зі збільшенням їх кутового розміру, але лише до деякої величини. Критичним кутовим розміром при освітленості від 20 до 1000 лк є  $35'$  (по висоті); при меншій освітленості критичним кутовим розміром є  $52'$ . Граничний час ідентифікації зі зменшенням освітленості збільшується. Ці дані справедливі і для букв (чорних на білому фоні). Цифри, що висвічуються у зворотному контрасті, досить швидко й точно розпізнаються при значно меншому кутовому розмірі ( $6-9'$  для білих цифр, відображуваних на просвіті, на темнім фоні).

Рекомендоване відношення ширини до висоти для цифр –  $1:3 - 3:4$ , для букв –  $3:5 - 1:1$ . Товщина обведення вибирається залежно від висоти букв (і цифр). При дифузному освітленні для білих знаків на чорному фоні (зворотній контраст) рекомендується товщина обведення, що дорівнює  $1/8-1/13$  висоти; для прямого контрасту –  $1/6-1/8$  висоти. Найбільш точно розпізнаються високі й вузькі букви, особливо при слабкій освітленості.

А.М. Кожин і В.П. Ліб [51] досліджували співвідношення між кутовими розмірами цифр, що відображаються на телевізійному екрані, їх яскравістю й зовнішньою освітленістю (рис. 4.7).



**Рисунок 4.7.** Залежність розрізняльної яскравості цифр на телевізійному екрані від їхнього кутового розміру й рівня зовнішньої освітленості

Автори рекомендують у якості оптимальних цифри, що мають розмір близько 40'.

Нерідко операторові доводиться розпізнавати цифри й букви, що переміщуються в площині екрана (динамічна індикація). Критична швидкість, за якої спостерігається погіршення точності ідентифікації цифр і букв, перебуває в районі 8–16°/с (при кутовому розмірі знаків, що спостерігаються з відстані 38 см – 27' по висоті). Середня швидкість, за якої забезпечується 100 %-ве розпізнання цифр, зі збільшенням екрана по висоті від 5 до 50 см (дистанція спостереження – 1 м) зростає від 10 °/с до 16 °/с.

Як і в інших випадках сприйняття об'єктів, що рухаються, точність ідентифікації цифр (букв), що рухаються горизонтально, вище, ніж, тих що рухаються вертикально. При горизонтальному русі кращі результати одержують тоді, коли цифри рухаються справа наліво, а при вертикальному – коли рухаються знизу нагору.

#### 4.2.2.5 Кодування кольором

Алфавіт колір використовують для передачі інформації про стан або значущість об'єктів. Кодування кольором є ефективним засобом підвищення продуктивності, виконання операцій з приймання й переробки зорової інформації: дублювання символічного коду кольором підвищує точність і швидкість виконання задач пошуку і розпізнання. При урахуванні колірному тону, світлості й насиченості, людське око здатне розрізняти величезне число колірних сигналів. Але число точно ідентифікуємих сигналів по колірному тону невелике. В оптимальних умовах – 10 кольорових тонів (фіолетовий, блакитний, блакитно-зелений, зелено-блакитний, зелений, жовто-зелений, жовтий, помаранчевий, помаранчево-червоний, червоний) [6]. Додамо до них білий і одержимо 11. З найбільшою точністю розпізнаються фіолетовий, блакитний, зелений, жовтий і червоний кольори, які можуть бути рекомендовані для кодування кольором. Застосовуючи кодування кольором, необхідно враховувати, що видимий колір залежить від кольору освітлення, його дистанції від спостерігача, величини пофарбованої (віддзеркалюючої або випромінюючої світло) поверхні.

Фарбування кольором може викликати явища, подібні з відомими оптичними ілюзіями. Поверхню жовтого кольору, наприклад, людське око сприймає як трохи підняту поверхню, і вона здається більшою. Білий і жовтий кольори створюють ефект іррадіації – вони як би поширюються на розташовані поруч із ними більш темні поверхні, зменшуючи їх. Площини, які пофарбовані в темно-синій, фіолетовий або чорний кольори, для людського ока здаються зменшеними та спрямованими донизу.

При використанні кодування кольором необхідно враховувати, що накладення коду світлоти на колірний код ускладнює розпізнання сигналів, що відрізняються за кольоровістю. Наприклад, при довжині алфавіту, яка дорівнює шести колірним тонам, використання навіть двох градацій світлоти в межах одного колірному тону веде до зниження точності впізнання майже на 20 %. Введення до алфавіту сигналів змішаного за кольоровістю типу (наприклад, жовто-зелений) призводить до збільшення числа помилок впізнання на 37,3 % у порівнянні з чистими кольорами [13]. Якщо в полі зору одночасно представлені всі колірні сигнала-

ли, то ефективність розрізнення кольору дуже висока. При цьому оперативні пороги розрізнення кольору досягаються навіть при використанні до 16 градацій для одного колірного тону.

Дослідження використання кодування кольором показали, що за певних умов воно краще, ніж кодування формою. Наприклад, зорове розрізнення 7–8 колірних тонів краще, ніж розрізнення набору, що складається з 7–8 геометричних фігур або букв. Додатково до переваг кодування формою кодування кольором підвищує швидкість пошуку й перелічення об'єктів певного класу; колір має перевагу перед цифрами й формами в задачах на визначення місця розташування, а також у задачах, що вимагають мисленого маніпулювання з об'єктами. Колір трохи поступається формі в задачах на розпізнання.

#### **4.2.2.6 Кодування яскравістю**

Даний спосіб кодування частіше за все застосовується для привернення уваги оператора й відображення стану об'єкта. Людина досить добре розрізняє навіть невеликі зміни яскравості, проте число точно ідентифікуємих градацій яскравості невелике. Для побудови алфавіту рекомендується брати не більш чотирьох рівнів яскравості. У більшості випадків досить двох рівнів: яскравий і тьмянний або світло й темрява. При цьому потрібно мати на увазі, що коли в полі зору перебуває кілька сигналів з різною яскравістю, то більш яскраві сигнали можуть маскувати менш яскраві.

Яскравість знаків вибирають із урахуванням загальної освітленості, частоти і діапазону зміни освітленості, перепадів яскравості в полі зору оператора й світлового контрасту.

Кодування яскравістю менш переважне в порівнянні з іншими способами кодування, оскільки сигнали різної яскравості можуть стомлювати оператора й відволікати його увагу.

#### **4.2.2.7 Кодування частотою миготінь**

Миготіння сигналу є ефективним засобом виділення об'єкта на екрані й привернення уваги оператора. Застосовується для відображення стану об'єкта. Доведено, що людина відносно точно оцінює частоту миготінь в інтервалі від 1 до 8 Гц. Не реко-

мендується застосовувати більше чотирьох градацій цієї ознаки. При частоті миготінь 2,5 Гц, точність зорової оцінки кількості спалахів досить висока. Частота миготінь попереджувальних сигналів – 0,5–1 Гц, аварійної сигналізації – 5–6 Гц. Миготіння сигналів швидко приводить до розвитку зорового стомлення, тому кількість мерехтливих об'єктів у полі зору оператора повинне бути не більш 2–3 одночасно. Щоб уникнути викривлення контурів знака, що миготить, доцільно, щоб миготів не весь знак, а тільки його частина.

### **4.2.3 Види алфавіту слухової модальності**

#### **4.2.3.1 Кодування звуком**

Звуки використовуються на робочому місці для подачі аварійних, попереджувальних та повідомляючих сигналів у наступних випадках [13, 33]:

- при прийманні простого й короткого повідомлення, не пов'язаного з подальшими повідомленнями;
- коли повідомлення вимагає негайної дії;
- коли оператор спеціально навчений у розумінню сенсу закодованого повідомлення;
- якщо оператор перевантажений мовними сигналами;
- якщо необхідне дотримання таємниці;
- зоровий аналізатор оператора зайнятий;
- коли оператор працює в групі;
- при сильних акустичних перешкодах.

Вимоги до кодування звуком:

- повинно привертати увагу оператора шляхом несподіваної подачі сигналу, зміни рівня звукового тиску, збільшення тривалості звучання, частоти слідування;
- повинно повідомляти оператора про відмову або зміни в СЛМ;
- не повинно перевантажувати слуховий аналізатор оператора;
- не повинно відволікати уваги інших операторів;
- не повинно заважати мовному зв'язку;
- не повинно стомлювати оператора, оглушати його при

збільшенні рівня звукового тиску сигналу й не лякати при несподіваній появі.

Основні технічні характеристики використовуваних звукових сигналів відповідно до вимог ГОСТ 21786-76 [33] наведені в табл. 4.6.

На підставі даних табл. 4.6 частотна характеристика тональних сигналів повинна бути в межах 200–5000 Гц. За наявності високочастотного шуму, що маскує, допускається розширення межі до 10 000 Гц.

За наявності в приміщенні постів керування акустичних екранів частотна характеристика тональних сигналів рекомендується в межах 200–1000 Гц. При зміні частоти тону крок зміни повинен бути не менше 3 % по відношенню до вихідної частоти. Попереджуючі й аварійні сигнали повинні бути переривчастими.

**Таблиця 4.6.** Технічні характеристики використовуваних звукових сигналів

Вид сигналів	Частота, Гц	Рівень звукового тиску біля входу в зовнішній слуховий прохід оператора, дБ	Вид звукового сигналізатора, який може застосовуватися	Умова застосування
1	2	3	4	5
Аварійні	800 – 5000	90 – 100	Генератор	Може бути направленої дії
	800 – 5000	90 – 100	Гудок	Те ж
	800 – 5000	90 – 100	Сирена	»
	800 – 5000	90 – 100	Ревун	»
	800 – 5000	90 – 100	Свисток	»
	800 – 5000	90 – 100	Дзвінок	»
Попереджувальні	200 – 800	80 – 90	Генератор	»
	200 – 800	80 – 90	Гудок	»
	200 – 800	80 – 90	Ревун	»
	200 – 800	80 – 90	Свисток	»
	200 – 800	80 – 90	Дзвінок	»

Продовження таблиці 4.6.

1	2	3	4	5
Повідо- мляючі	200 – 400	30 – 80	Генератор	Може за- стосо- вуватися у внутрішніх пере- говорних пристроях
	200 – 400	30 – 80	Зумер	Те ж
	200 – 400	30 – 80	Гудок	«
	200 – 400	30 – 80	Свисток	«
	200 – 400	30 – 80	Дзвінок	«

Несуча частота попереджуючих сигналів повинна бути 200–600 Гц при тривалості сигналів і інтервалів між ними 1–3 с, а аварійних сигналів – 800–2000 Гц при тривалості інтервалів 0,2–0,8 с. Рівень звукового тиску сигналів на робочому місці повинен бути в межах від 30 до 100 дБ.

При акустичних перешкодах граничні рівні звукового тиску сигналів повинні бути від 110 до 120 дБ. При змінах рівня звукового тиску крок зміни повинен бути не менш 3 дБ. Рівень звукового тиску аварійних сигналів повинен бути не вище 100 дБ, попереджуючих - не вище 80–90 дБ, а повідомлюючих – не менш ніж на 5 % нижче відносно рівня звукового тиску аварійних сигналів. Тривалість окремих сигналів і інтервалів між ними повинна бути не менш 0,2 с. При змінах тривалості звукових посилок крок зміни повинен бути не менш 25 % відносно вихідної тривалості. Тривалість звучання інтенсивних звукових сигналів не повинна перевищувати 10 с.

Модуляція сигналів повинна відбуватися змінами амплітуди й частоти. При амплітуднім модулюванні глибина модуляції повинна бути не менше 3 % відносно несучої частоти.

При маскуванні шумом використовують звукові сигнали, частота яких якнайбільше відрізняється від найбільш інтенсивних частот шуму. Необхідно забезпечувати перевищення порога маскування звукових сигналів від 10 до 16 дБ.

#### 4.2.3.2 Кодування мовними сигналами

Мовні сигнали застереження складаються з немовного сигналу, що насторожує, для привертання уваги, а також з короткого стандартизованого мовного сигналу, який ідентифікує конкретні умови й пропонує відповідні дії.

Вимоги до кодування мовними сигналами:

- голос, що використовується для запису мовних сигналів застереження, повинен мати гарну дикцію, бути офіційним, безстороннім, спокійним. Слова повинні бути розбірливими, відповідати ситуації і короткими;

- система словесного попередження повинна мати блокування режимів, виконане таким чином, щоб не допускати передачі повідомлення, яке не має відношення до ситуації, що склалася.

Гучність звукового сигналу застереження повинна регулюватися оператором або автоматично, з урахуванням виробничих умов і факторів безпеки операторів. Рух регулятора гучності повинен бути обмежений, щоб будь-який сигнал був чутний операторові. У системі сигналізації застереження передбачаються засоби для ручного регулювання гучності. Тривалість звукових сигналів застереження повинна бути не менше 0,5 с і може тривати до відповідної реакції (коригувальної дії) оператора або автомата. Завершення коригувальної дії повинно автоматично припинити сигнал.

В аварійних ситуаціях не слід використовувати сигнали, які залишаються включеними або наростають, якщо їх відключення може заважати необхідним коригувальним діям.

### 4.3 Класифікація інформаційних моделей

В процесі своєї діяльності оператори СЛТС можуть взаємодіяти з різними класами ІМ. Процес прийому інформації людиною при роботі з кожною з них має специфічні характеристики, які необхідно враховувати при оцінці ефективності і надійності засобів відображення, що формують ту або іншу ІМ.

При виборі основи класифікації необхідно брати до уваги наступні ознаки ІМ [6].

1. Вид елементів ІМ, тобто спосіб кодування інформації (див. п. 4.2). Використовуваний код (букви і цифри, умовні знаки, форма, колір тощо) істотно впливає на процес прийому і переробки інформації оператором. У ІМ можуть одночасно використовуватися декілька способів кодування. Моделі, при побудові яких використовується тільки один вид кодування, один алфавіт називаються *монокодовими*. Моделі, побудовані з використанням декількох видів кодування називаються *полікодовими*. В цьому випадку використовувані коди можуть бути нерівноцінними: один – основним, інші – додатковими (наприклад форма – основна, а колір і частота миготіння – додаткові). Важливе значення має довжина використовуваних алфавітів, оскільки нею визначається кількість інформації, яку можна передати за допомогою моделі.

Вид використовуваних кодів і їх комбінацій визначає характер концептуальної моделі, яка формується у оператора, і методику спеціального навчання і тренування. Найбільш широке поширення отримали полікодові ІМ.

2. Способи організації, впорядкування елементів ІМ у просторі та часі. За цією ознакою розрізняють статичні моделі (друкарський текст, фотографія, карта і т. п.), які характеризуються тільки просторовою організацією, і динамічні, які включають також розгортку у часі. Найбільші можливості мають динамічні моделі.

3. Характеристики моделі, які визначають її тип (абстрактні, наглядні і змішані).

Виходячи з цих ознак, розрізняють наступні класи ІМ:

- наочні (картинні) моделі-зображення. В якості кодів при їх побудові використовуються лінії, площі фігур, яскравості, кольори, число точок, іноді код стереоскопічної глибини;

- абстрактні знакові моделі, основу яких складають цифри, букви, умовні знаки;

- абстрактні моделі, основу побудови яких складають такі коди, як лінія, площа, яскравість, колір, число точок, тобто ті ж елементи, які використовуються при побудові зображень. Цей специфічний вид абстрактно-наочних моделей (абстрактних в сенсі їх відношення до об'єкту відображення, наочних – по вико-

ристовуваних елементах і способі їх організації) також називають графічним;

- змішані моделі, що є комбінаціями з перелічених вище.

#### 4.3.1. Зображення

Перевагою моделей цього класу є те, що при роботі з ними у оператора формується образ, близький до образу реального об'єкту. Завдяки цьому спрощується задача навчання і тренування оператора, оскільки немає необхідності в освоєнні спеціальних кодів, способів кодування і декодування інформації, котра поступає, для перетворення образу моделі в образ об'єкту.

При сприйнятті зображення точність оцінки величин обмежена можливостями зорового аналізатора (гострота зору, пороги розрізнення, окомір і т. д.). Для випадків, коли необхідно передавати невелику за об'ємом інформацію (наприклад, про стан одного якогось параметра), зображення є неекономним і ненадійним видом ІМ, оскільки властива йому надмірність може перешкодити операторові в знаходженні сигналу.

Найбільш широко в техніці використовують такі зображення як фотографія, кіно- та телевізійне зображення.

*Фотографія* – статична, зазвичай полікодова, модель-зображення, відтворююча просторові властивості об'єкту (форму, контур, позицію, відношення до інших об'єктів), розподіл світла і тіней на його поверхні, кольорові характеристики об'єкту. Для сприйняття найважливішим параметром фотозображення є його масштаб, який характеризує відношення розмірів зображення до розмірів оригіналу. При виборі масштабу повинні враховуватися такі характеристики зору, як величина поля зору і гострота зору. Якщо необхідно, щоб оператор міг охопити фотозображення «одним поглядом», його кутові розміри не повинні перевищувати розмірів центральної частини поля зору (близько 50°). При цьому, найменша деталь фотозображення має бути більше порогу гостроти зору.

Фотозображення ніколи не буває подібним до реального об'єкту за оптичними характеристиками. Тому виникає питання про те, які перетворення градацій яскравості, кольорових харак-

теристик і геометричних властивостей об'єкту допустимі. За даними [6], головним в оцінці допустимості тих або інших перетворень є не оптична, а психологічна точність фотозображення.

*Кінозображення* – динамічна полікодова модель-зображення, відтворююча як просторові властивості об'єкту, так і його рух. Властивості і вимоги до фотозображень і цих моделей, в основному співпадають. Проте динамічність моделі визначає додаткові вимоги. Як відомо, в кіно безперервність руху для зорової системи досягається при частоті кадрів не менше 24 кадри в секунду. Часові параметри зорової системи залежать від яскравості і розміру об'єктів, що сприймаються. Тому при виборі частоти зміни кадрів необхідно враховувати яскравість і розмір проекції кінозображення на екрані.

*Телевізійне зображення* – схоже з кінозображенням. Проте в телебаченні прийнята частота 50 кадрів в секунду. Іншою відмінністю є те, що кожен кадр в телевізійному зображенні отримується шляхом рядкової розгортки променя по екрану (растр), а цілісне зображення виникає завдяки властивостям зорової системи людини.

Швидкість і точність розрізнення і розпізнавання об'єктів, котрі відображаються на екрані телевізора, залежать від *числа елементів розкладання*, які приходяться на площу об'єкту. Ця залежність у великому діапазоні переходу від нерозпізнавання до повного розпізнавання об'єктів є лінійною. Граничне число елементів розкладання, при якому зорове розрізнення досягає максимуму, визначається гостротою зору і диференціальним порогом яскравості.

*Радіолокаційне зображення* формується на екрані радіолокаційної станції (РЛС) (рис. 4.8). Локаційні радіоелектронні засоби призначені для видачі інформації як про невідомі, так і про заздалегідь відомі об'єкти: про їх наявність або відсутність в різних ділянках простору; їх координатах і інших параметрах руху; їх характеристиках.



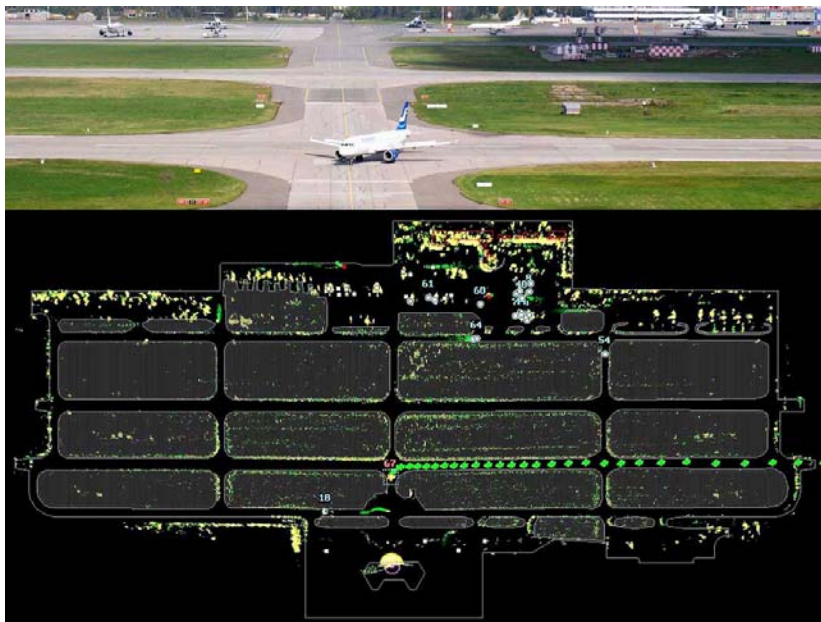
**Рисунок 4.8.** Індикатор кругового огляду РЛС

Відповідно говорять про локаційні завдання: виявлення; класифікації; виміру. Реальні об'єкти відтворюються в радіолокаційному зображенні у вигляді комбінації світлових плям різного розміру, яскравості і позиції на екрані. Цей вид зображення є редукованим (від німецький *reduzieren* – зменшувати, скорочувати) – зображення об'єктів представлено обмеженим числом їх характерних структурних особливостей.

У ньому відтворюються (у масштабі зменшення) просторові відносини між об'єктами і їх переміщення, досить грубо передається форма великих об'єктів (ділянок місцевості). Радіолокаційне зображення близьке до графічних і комбінованих моделей (карти).

На рис. 4.9 наведено приклад зображення, отриманий в аеропорту Шереметьєво-2 в процесі роботи РЛС системи огляду льотного поля «Атлантика». Це поєднаний вид огляду з диспетчерської вишки і обробленого зображення на екрані радіолокаційного терміналу, накладеного на електронну карту аеропорту.

Диспетчер бачить прибуле повітряне судно, його траєкторія відмічена на екрані пунктиром із зелених міток. Частота міток відповідає швидкості переміщення об'єкту. Система зареєструвала повітряне судно ще на підльоті і присвоїла йому номер 67. Окрім 67-го на екрані можна бачити інші пронумеровані об'єкти на стоянках і рульових доріжках. Жовті мітки на екрані є наслідком накладення відбитих радіолокаційних сигналів від будов і нерівностей на місцевості.



**Рисунок 4.9.** Зображення льотного поля аеропорту Шереметьєво-2

Мінімальний розмір сигналу, при якому можливе його розпізнавання (ідентифікація), складає близько 12' (0,1 мм при дистанції спостереження 40 см). Мінімальний розмір сигналу, при якому можливе його виявлення, складає 1' (дистанція спостереження – не більше 30 см). Імовірність виявлення світлової плями залежить від її величини, тривалості, яскравості, контрасту по відношенню до фону, загального числа об'єктів, що відображаються на екрані радіолокатора, а також рівня шуму.

Зі збільшенням яскравості сигналу і його контрасту по відношенню до фону скорочується час пошуку. При цьому сигнали, що з'являються на периферії поля зору, добре помічаються лише у тому випадку, якщо їх яскравість вище порогової не менше чим в 6–8 разів (за умови, що фон темний).

Для полегшення зорової ідентифікації місця розташування радіолокаційних сигналів, особливо на фоні шуму, застосовують допоміжні засоби (наприклад, нанесення на екран сітки).

#### 4.3.2 Знакові моделі

Для моделей цього класу основною характеристикою є те, що інформація в них кодується знаками. Тому вони не мають наочної схожості з реальними об'єктами. Параметри об'єкту спостереження відображаються в них у вигляді дискретного набору знаків, що передаються одночасно або послідовно.

Якщо при роботі із зображеннями концептуальна модель формується на рівні сприйняття і уявлення, то при роботі зі знаковими моделями – на рівні мовнорозумових процесів. Переклад системи знаків в наочний образ (уявлення) об'єкту вимагає великої напруги уяви і пов'язаний з цілим рядом труднощів. Проте, там, де потрібна висока точність передачі інформації і опосередковане рішення задач, пов'язане з обчисленнями, логічними операціями і т. п., знакові моделі мають великі переваги перед іншими видами моделей.

Основними видами моделей цього класу є друкарський текст, знакове табло, формуляр, формула.

*Друкарський текст* є абстрактною знаковою статичною монокодовою моделлю. За допомогою тексту можна передати практично необмежений об'єм інформації. Текст може включати цифри, умовні знаки і інші елементи. Швидкість і точність сприйняття тексту залежать від характеристик букв (див. п. 4.2.2.4), інтервалів між ними, інтервалів між словами, довжини рядків і інтервалів між рядками. Рекомендовані інтервали між буквами –  $1/8$ – $1/2$  їх ширини, між словами –  $1$ – $1,5$  ширини букв, між рядками –  $1/2$ – $1$  висоти букв.

При русі погляду по рядках тексту найбільша гострота зору і повнота сприйняття виникає тільки в центральній зоні сітківки

ока, так званій зоні ясного бачення (див. рис. 4.1). Усе, що лежить за межами цієї зони, на периферії, бачиться як би в тумані.

В процесі читання око переглядає текст, здійснюючи перетворення просторової розгортки на часову. Великий обсяг робіт по дослідженню рухів очей виконав відомий радянський дослідник А. Л. Ярбус. Розроблена ним методика дозволяє за допомогою спеціального гумового присоска з дзеркальцем, що прикріплюється до поверхні очного яблука, фіксувати особливості руху очей при різних розумовій роботі. На рис. 4.10 наведено один з перших записів А. Л. Ярбуса. Запис, розташований на рисунку під віршем, зроблений на нерухомий фотопапір, а інший – справа, за допомогою фотокімографа на осцилографічний папір, що рухається.

Діяльність оператора часто пов'язана з задачами інформаційного пошуку – знаходження на пристрої відображення об'єкта із заданими ознаками. Загальний час інформаційного пошуку можна знайти за формулою

$$\tau_{in} = \sum_{i=1}^n (t_{\phi i} + t_{\Pi i}), \quad (4.4)$$

де  $t_{\Pi i}$ ,  $t_{\phi i}$  – відповідно час  $i$ -го переміщення погляду та  $i$ -ї фіксації;  $n$  – число кроків пошуку (число фіксацій), витрачених для знаходження потрібного об'єкта.

Враховуючи, що в умовах конкретної задачі, при яких  $t_{\phi}$  постійне і  $t_{\Pi} \ll t_{\phi}$  вираз (4.4) набуде вигляду

$$\tau_{in} = nt_{\phi}, \quad (4.5)$$

Середнє значення часу пошуку дорівнює

$$\bar{\tau}_{in} = \bar{n}t_{\phi}, \quad (4.6)$$

де  $n$  – математичне сподівання числа кроків пошуку. З урахуванням цього, час  $\bar{\tau}_{in}$  дорівнює

$$\bar{\tau}_{in} = \bar{n}t_{\phi} = \frac{N/a+1}{M+1}t_{\phi}, \quad (4.7)$$

де  $N$  – загальний обсяг (кількість елементів) інформаційного поля;  $M$  – число елементів, які мають задану для пошуку ознаку;  $a$  – обсяг зорового сприйняття.

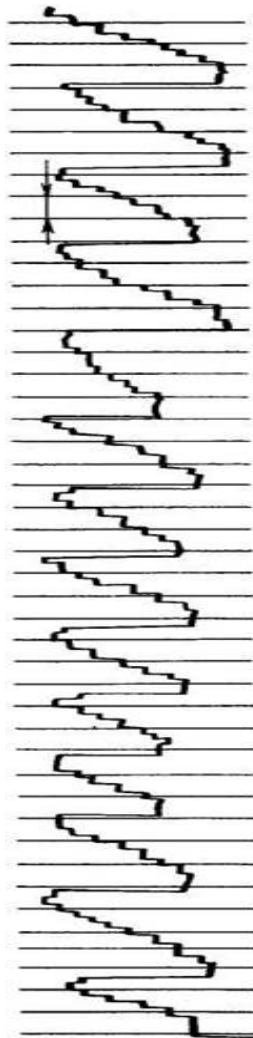
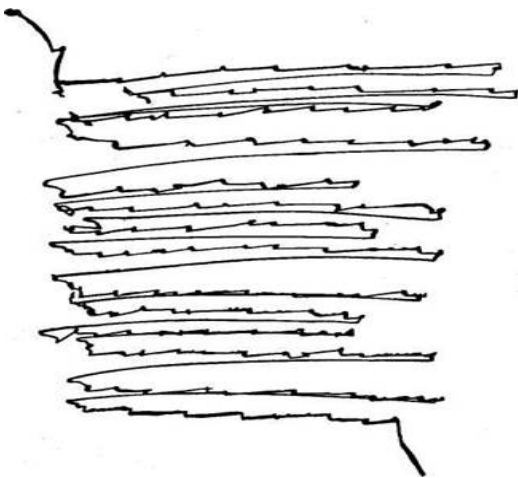


вы, мой стих не блещет новизной,  
Разнообразием перемен неожиданных.  
Не поискать ли мне тропы иной,  
Приемов новых, сочетаний странных?

Я повторяю прежнее опять,  
В одежде старой появляюсь снова.  
И кажется, по имени назвать  
Меня в стихах любое может слово.

Все это оттого, что вновь и вновь  
Решаю я одну свою задачу:  
Я о тебе пишу, моя любовь,  
И то же сердце, те же силы трачу,

Все то же солнце ходит надо мной,  
Но и оно не блещет новизной.



**Рисунок 4.10.** Траектория рухів очей при читанні тексту

Останніми роками метод аналізу руху очей отримав новий розвиток і почав активно використовуватися комерційними стру-

ктурами на практиці. Технологія *eye-tracking* (аналізу руху очей) за допомогою спеціального устаткування (рис.4.11), дозволяє відстежувати траєкторію руху очей спостерігача. Інформація з камери і спеціального пристосування синхронізуються і накладаються одне на одне, що дозволяє проводити аналіз ефективності розташування тих або інших важливих інформаційних блоків на рекламних поверхнях, елементах упаковки, при вивченні розміщення товарів на полицях магазинів і самої споживчої поведінки, аналіз web-сайтів, оцінку відео тощо.



**Рисунок 4.11.** Устаткування для технології eye-tracking

Цей аналіз показує, чи правильно розставлені візуальні акценти на носії, що досліджується (чи зверне споживач увагу на ту інформацію, яку хоче до нього донести продавець або розробник).

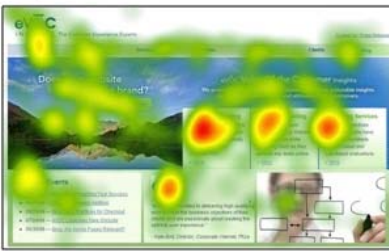
Одними з перших у сфері web-розробок цю технологію стали застосовувати пошукові системи мережі Internet для вдосконалення результатів видачі по запитах, підвищенні її зручності і популяризації нових рекламних місць таких як, наприклад, контекстна реклама.

З точки зору оцінки ефективності банерної реклами реально з'ясувати, які елементи банера найпривабливіші для відвіду-

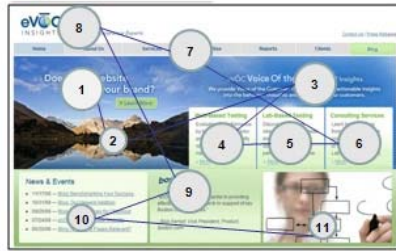
вачів або яка «картинка» найбільше привертає увагу і збільшує продажі рекламованого товару.

Прикладом використання технології eye-tracking можуть бути карти інтенсивності і хронології сторінок web-сайту (рис. 4.12). На карті інтенсивності за допомогою кольору показані області сайту, які відвідувач вивчає найдовше (а, отже і уважніше), повертаючись до них по декілька разів. Інтенсивність погляду на цьому рисунку зростає в порядку зелений-жовтий-помаранчевий-червоний колір. Карта хронології показує черговість вивчення сторінки і тривалість зупинки погляду на кожному з елементів сторінок.

*Карта інтенсивності*



*Карта хронології*



**Рисунок 4.12.** Приклад карт інтенсивностей і хронології

Як показує практика, технологія eye-tracking має наступні недоліки:

- трекінг очей не надає такої кількості інформації, як сучасні системи web-аналітики. Ця методика більше підходить для вирішення обмеженого круга завдань;
- інформація, що отримується за допомогою eye-tracker'а, може бути невірно або суб'єктивно інтерпретована, якщо в її обробці не бере участі професійний web-аналітик;
- неточність даних може бути викликана психо-емоціональним станом учасника тестування, оскільки дослідження проводиться в неприродній для його учасників обстановці. Крім того, людина може знаходитися в роздратованому стані, відчувати втому або інші негативні емоції;

– eye-tracking дозволяє відстежити особливості візуальної взаємодії людини з сайтом, але не визначає, що треба зробити для оптимізації web-ресурсу. Для цього все одно доведеться залучати web-аналітиків або web-дизайнерів;

– велика трудомісткість і складність вживання, а також наявність необхідного устаткування тільки у одиничних спеціалізованих компаній визначає те, що ця технологія ефективно може застосовуватися тільки для досить великих досліджень, де час і тривалість дослідження (а значить і вартість) порівняно з очікуваним ефектом від використання.

Таким чином, для підвищення ефективності і результативності бізнес-сайтів, технологія eye-tracking повинна використовуватися у поєднанні з сервісами web-аналітики.

По аналогії з web-сайтами, урахування тільки просторової організації тексту, що обумовлює характер зорового огляду, недостатнє. Основою процесу читання є розуміння змісту тексту, залежне від того, наскільки читач володіє мовою і тією галуззю знань, до якої відноситься сприйманий текст. У зв'язку з цим виникають питання щодо словарного складу, що використовується в тексті та структури переданих мовних повідомлень.

Експериментально показано, що при коротких експозиціях на екрані слова сприймаються правильно в три рази частіше, ніж безглузді буквосполучення тієї ж довжини. Пороговий час розпізнавання складів – близько 17 мс, а буквосполучень – 20,5 мс. Середній час розпізнавання 5–6 буквених слів – 25–27 мс; при часі експозиції 34 мс розпізнається 95 % слів. Середній час розпізнавання таких же по довжині буквосполучень – 32 мс; 95 % буквосполучень пізнається при експозиції 38 мс.

Пороговий час розпізнавання слова залежить від його довжини (кількості букв, що утворюють слово). Ця залежність близька до лінійної і може бути описана рівнянням

$$t_{сл} = 0,9n + 22 \text{ мс}, \quad (4.8)$$

де  $n$  – число букв в слові.

Швидкість і точність розпізнавання слова залежать від його частоти. Чим вище частота слова в словнику читача, тим при меншій експозиції воно розпізнається. Питання про вплив структу-

ри фраз на процес їх сприйняття і розпізнавання вивчалоя тільки для усної мови. Доведено, що найважливішою характеристикою фраз є їх глибина, визначена співвідношенням безпосередньо складових цих фраз. Чим більшу глибину має фраза, тим складніше вона розуміється, особливо при сприйнятті в умовах шуму.

*Знакове табло* – використовують для відображення однотипних об'єктів, що мають велике число ознак. Елементами ІМ цього типу являються цифри, букви і умовні знаки. Їх просторова організація визначається вимогами зручності огляду моделі оператором.

Інформаційна ємність знакового табло (кількість можливих сигналів) визначається числом знакомісць, що утворюють його, і довжиною використовуваного алфавіту

$$C = N^n, \quad (4.9)$$

де  $N$  – число знакомісць в табло;  $n$  – число елементів алфавіту.

Ефективність і якість діяльності оператора залежить від числа використовуваних кодів і довжини їх алфавіту, які визначають міру розмаїтості відображення яке сприймає оператор.

Найбільш поширеним способом просторової організації табло є розміщення знакомісць у вигляді горизонтальних рядків і вертикальних колонок. При пошуку цифри, по якій одна тризначна комбінація відрізняється від іншої, огляд по рядках здійснюється майже в два рази швидше, ніж огляд по колонках. Найбільш швидко і точно зорова робота виконується у тому випадку, коли кутовий розмір знаку складає  $30'$ . Зі збільшенням щільності зменшується величина оперативного поля зору, що негативно впливає на швидкість пошуку сигналів.

Виявлення і розпізнавання сигналів залежать від числа використовуваних каналів, числа величин, які передаються по кожному з них, а також від часу зміни інформації. Вихід кожного каналу пов'язаний з певною локальною областю (знакомісцем) знакового табло. Зі збільшенням числа каналів від 8 до 24 при малому часі зміни інформації (2,5с) ефективність зорової діяльності знижується. При невеликому числі каналів (до 16) число переданих по кожному з них величин істотно не впливає на зорову діяльність.

Для підвищення ефективності виявлення і розпізнавання сигналів в знаковому табло доцільно використовувати як додаткові коди колір, розмір, яскравість і т. п. Групування знакомісць, на яких відображаються дані, що відносяться до одного і того ж об'єкту або параметра, також підвищує ефективність зорової діяльності.

*Формуляр.* На екранах індикаторів кругового огляду РЛС (див. рис. 4.8) окрім об'єктів спостереження у вигляді світлових плям може відображатися і інша інформація, пов'язана з поточною ситуацією, яка кодується буквами, цифрами і умовними знаками. Зазвичай групи знаків розташовуються в прямокутній матриці в області локації об'єкту, що відображається, утворюючи так званий формуляр (рис. 4.13).

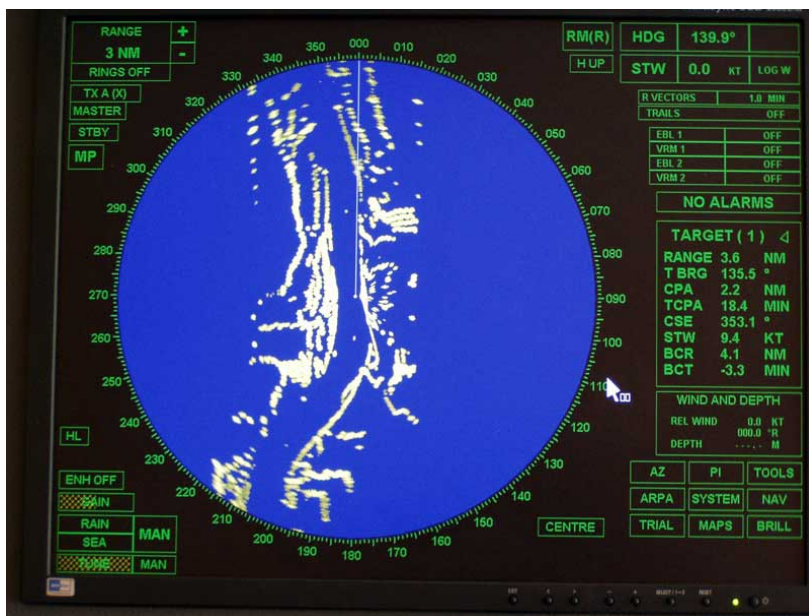


Рисунок 4.13. Скріншот екрану РЛС Decca Bridge Master E

Кожен рядок або стовпчик формуляру несе інформацію про певний параметр або групу параметрів об'єкту. При огляді формуляру по рядках оператор отримує інформацію, необхідну для

оцінки об'єкту і прийняття рішення. Велика кількість знаків у формулярі, внаслідок їх перекриття, може привести до ускладнення орієнтування оператора.

Для розрахунку максимального допустимого числа знаків у формулярі використовується формула [64]

$$K = \frac{N}{(2D-1)\sqrt{\ln(1-p)^{-1}}}, \quad (4.10)$$

де  $K$  – число одиниць відображення, які з'являються з імовірністю перекриття  $P$ ;  $N$  – число можливих знаків в цій системі відображення;  $D$  – відношення області одиниць відображення до області, що покривається кожним елементом розкладання.

Типовими значеннями можуть бути  $N = 1024$ ,  $P = 0,5$ ,  $D = 20$ . При цих значеннях  $K \approx 21$ , тобто, на екрані може бути розташований 21 знак, і при цьому не з'явиться безлад. Це справедливо для формулярів з матрицею  $15 \times 15$  елементів розкладання, на якій відображаються знаки, що мають висоту 4 мм.

Оптимальне число знаків повинне визначитися також з урахуванням об'єму сприйняття (при фіксації погляду) і короткочасної пам'яті оператора. Об'єм сприйняття складає близько 5–9 простих об'єктів, об'єм короткочасної пам'яті – приблизно 5–6 об'єктів. Це означає, що у разі, коли у оператора немає можливості розглядати формуляр тривалий час, він повинен включати не більше 5–7 знаків.

Точність декодування полікодового формуляру вища, ніж монокодового (при дещо меншій швидкості). Проте при сприйнятті і розпізнаванні полікодових формулярів (цифри і букви) з'являються помилки пов'язані зі змішуванням елементів одного коду з елементами іншого. Наприклад, якщо більшість знакомісць у формулярі зайнята цифрами, то оператор може прийняти букви за цифри. Тому для забезпечення високої точності розпізнавання полікодових формулярів, необхідно, щоб відмінності в зображенні елементів кожного коду були досить великими. Доцільно також об'єднувати знаки, що відносяться до одного параметра об'єкту, в групи, виділяючи їх кольором, яскравістю, розміром тощо.

*Формула* – є узагальнене відображення закономірних

зв'язків між об'єктами або їх параметрами. Перевагою цього виду ІМ – є компактність передачі великого об'єму інформації. Проте переробка інформації, що знаходиться у формулі, для прийняття рішення може потребувати багато часу. Моделі цього виду поки що не дуже поширені для передачі інформації операторові в АС.

Одним з різновидів моделей-формул є алгоритмічний запис операцій, які повинен виконати оператор. В цьому випадку, оператор повинен пройти навчання з метою оволодіння алфавітом використовуваних символів. Експериментальні дані показали [53], що символічний запис приводить до зменшення помилок, що допускаються оператором і полегшує самоконтроль в процесі роботи.

### 4.3.3 Графічні моделі

Графічна модель по відношенню до об'єкту, що відображається, може розглядатися як абстрактна, але по виду використовуваних елементів і способу побудови вона є наочною (картинною). Процес і механізми прийому цієї інформації мають багато спільного з тими, які характеризують роботу з моделями-зображеннями: тут досить повно проявляються основні властивості процесу сприйняття і перцептивного образу. У цьому проявляється перевага графічних моделей у порівнянні з абстрактними знаковими, хоча точність оцінки величин, які відображені графічно, обмежена можливостями зорової системи (аналогічно роботі з моделями-зображеннями). Проте, на відміну від зображення, структура якого повністю визначається властивостями об'єкту, що відображається, при побудові графічної моделі використовуються і інші принципи. Наприклад, її структура може бути визначена виходячи з характеристик зорового сприйняття (розташування порівнюємих елементів у відповідності з величинами, які характеризують окомір; визначення контрасту, оптимального для ока, і т. п.).

Найбільш поширеними видами моделей цього класу є графік, діаграма, креслення, блок-схема, а також зображення-експлікації.

*Графік* (графічне зображення функціональних залежностей). Основними кодами, використовуваними при побудові гра-

фіку являються лінія і позиція. Іноді з метою точнішого відображення форми залежності на полі графіку приводиться її аналітичний опис (формула).

Представлення інформації у вигляді графіку виявляється в 1,2 рази ефективніше за таблиці і більш ніж в 100 разів ефективніше за формули [21]. Графіки використовують в тих випадках, коли для прийняття рішення важлива загальна форма функції, що відображається, а в процесі рішення потрібні інтерполяція і екстраполяція даних.

Для підвищення точності визначення необхідних величин використовують координатну сітку. Лінії, що утворюють сітку, повинні відрізнятися від ліній графіку товщиною, кольором або типом, а їхня частота не має бути занадто великою, аби не перетворитися на перешкоду. Точність оцінки нахилу і форми ліній графіку обмежена можливостями зорової системи. Наприклад, помилка, яка допускається при оцінці нахилу прямої відносно горизонталі (вертикалі) може досягати 15–20° [57]. Перспективним напрямом є використання об'ємних (3D) графіків.

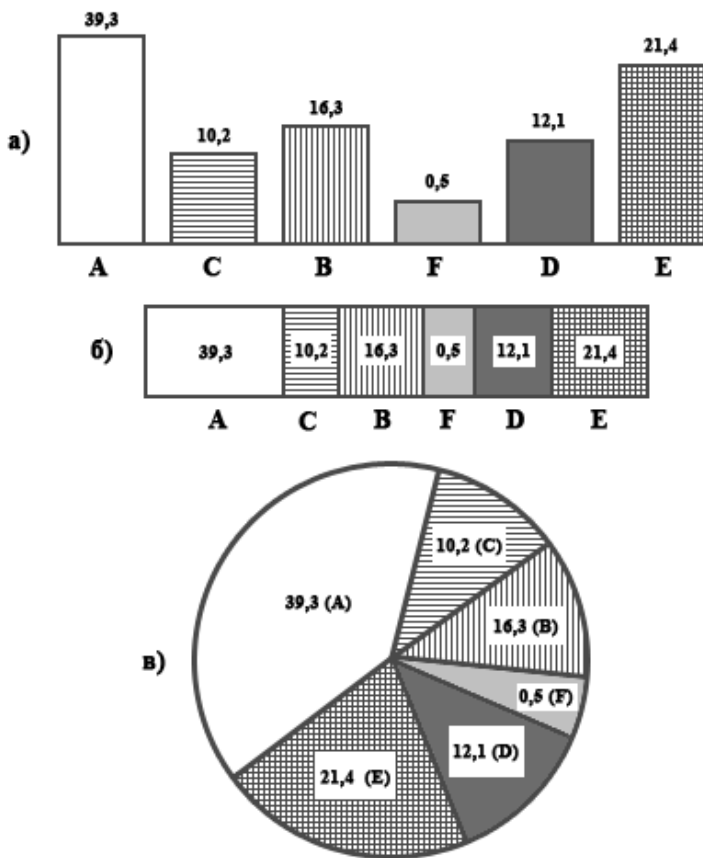
*Діаграма.* Основними кодами ІМ цього виду являються лінія і площа. Різновиди моделі: стрічкова, стовпчикова і кругова діаграми (рис. 4.14).

Діаграми використовуються для відображення співвідношень між величинами, іноді замінюючи складні обчислення окремим порівнянням площ. Точність такого зіставлення визначається точністю окоміру (операцій візуального порівняння, складання і віднімання).

Рекомендації по компонованню діаграм наступні:

- площа діаграми не повинна перевищувати оперативного поля зору;
- число елементів діаграми (стовпчиків або секторів) не повинне перевищувати об'єму сприйняття;
- масштаб повинен визначатися відповідно до оперативних порогів окоміру;

– при побудові діаграми в якості додаткових кодів доцільно використовувати кольорове, цифрове і буквене кодування, а також координатні сітки, що полегшують окомірне порівняння її елементів.



**Рисунок 4.14.** Види діаграм: а) стовпчикова діаграма; б) стрічкова діаграма; в) кругова діаграма; А, В, С, D і т. д. – окремі якісні ознаки, наприклад, дохід від продажів по регіонах, приналежність до різних політичних партій і т. д.

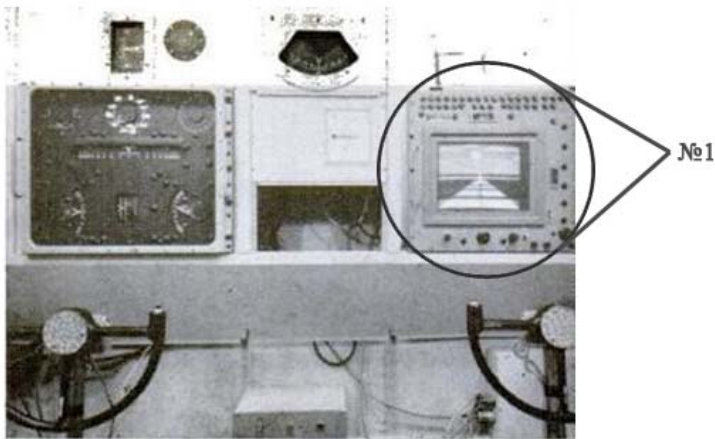
Різновидом діаграми є гістограми, що відображають розподіл частот тих або інших величин.

*Креслення.* Найчастіше використовуються креслення, побудовані в ізометричній і ортогональній проекціях. У оперативних системах відображення інформації цей вид моделей поки що не отримав широкого поширення.

*Блок-схема.* Ця модель призначена для відображення структури об'єкту. При цьому просторові взаємини елементів блок-схеми можуть містити інформацію не лише про просторові, але й про функціональні і логічні зв'язки елементів об'єкту.

*Зображення-експлікація* (картинна імітація об'єкту). ІМ цього типу майже не відрізняється від моделі зображення. Проте, на відміну від кіно- чи телезображення, вона дозволяє відображати ті або інші величини (у тому числі і недоступні для зору) в начній формі для поліпшення предметного сприйняття ситуації оператором. Велике збільшення ефективності сприйняття досягається за рахунок застосування візуальних індикаторів, котрі замінюють численні окремі прилади і дають «картинне» уявлення про ситуацію. Їх називають контактними аналогами – *коналогами*. Вони створюють ефект безпосередньої участі або присутності людини в ситуації.

Систему коналог застосовують у випадку, коли оператор не може поєднувати точну і швидку кількісну оцінку великого числа окремих показань стрілкових приладів і якісну оцінку ситуації в цілому. Коналог, розроблений для американських атомних підводних човнів Shark (див. №1 на рис. 4.15), замінює показання восьми індикаторів умовним зображенням руху і положення підводного човна на екрані електроннопроменевої трубки.



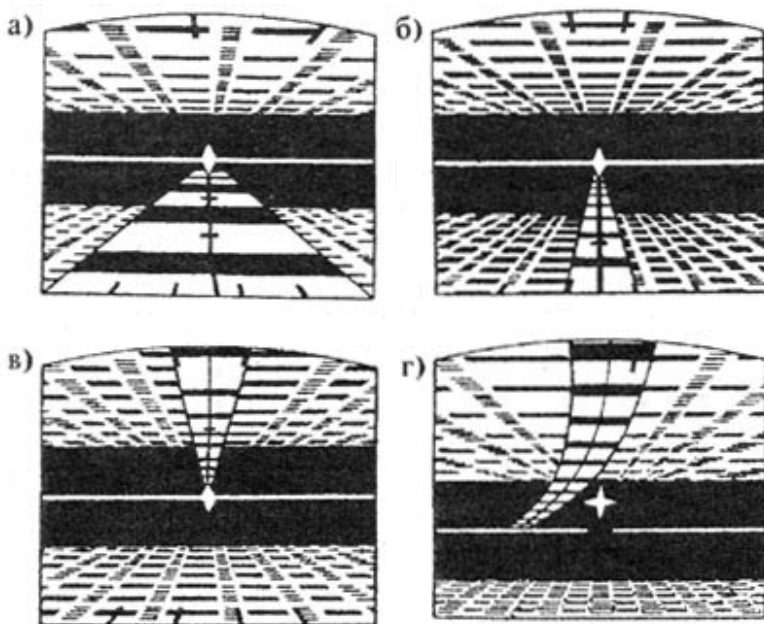
**Рисунок 4.15.** Фрагмент пульта керування підводного човна

Заданий напрям руху зображується на екрані коналога у вигляді утікаючої до горизонту дороги – світлої стрічки, розділеної поперечними темними смугами, які як би набігають на рульового при русі корабля (рис. 4.16).

Оператор відчуває те ж саме, що він відчував би, якби дивився через переднє скло під водою, і подібно до шофера автомобіля прагне утримувати підводний човен на полотні «дороги», що лежить перед ним. Ця «цілісна» картина руху утворюється за допомогою трьох паралельних площин – поверхні води (чи заданої стелі), морського дна (чи заданої глибини) і дороги, розташованої завжди на заданій глибині. Дані виводяться на коналог від бортового комп'ютера, що перетворює сигнали про параметри руху керованого об'єкту відповідно до вимог, що базуються на властивостях зорового сприйняття.

У прилад включені також візуальні і звукові сигналізатори. Система спрацьовує при виникненні небезпеки аварійного режиму, при цьому подається звуковий сигнал або відключається

будь-яка з сервосистем в приладі. Спільно з відображенням на коналогі встановлюються додаткові індикатори, які дають операторові точні чисельні значення диферента, глибини або пройденого шляху і т. д. Вони використовуються як аварійні в якості запасного відображення. На аналогічному принципі засновані лицьові частини навігаційних приладів для сучасних літаків, на яких умовно зображується поверхня землі, виконана так, щоб полегшити льотчикові саме предметне сприйняття наземної частини зображення, як земної поверхні, що лежить під ним.



**Рисунок 4.16.** Приклади індикації напрямів руху: *а)* перед рульовим лежить полотно «дороги» – підводний човен йде правильним курсом на заданій глибині; *б)* полотно «дороги» пішло вниз – підводний човен спливає вище заданої глибини; *в)* полотно «дороги» пішло вгору – човен йде правильним курсом, на глибині більшій за задану; *г)* полотно «дороги» пішло вгору і викривилося вліво – підводний човен занурився нижче заданої глибини і відхилився від курсу управо

#### 4.3.4 Комбіновані моделі

У сучасних ЗВІ усе більш широко використовуються комбіновані моделі, які включають компоненти моделей різних класів. Найбільш поширеними з них є мнемосхема, карта, а також відображення, що отримуються за допомогою стрілкових контрольно-вимірювальних приладів і лічильників.

*Мнемосхема* – наочне графічне зображення функціональної схеми ОКК (рис. 4.17). Різновиди мнемосхем і їх класифікація наведені в [23, 25, 56]. Мнемосхеми мають ознаки, характерні як для графічних, так і для абстрактних знакових моделей, а часто і для зображень. При їх побудові можуть використовуватися різні види кодування інформації і способи їх організації. Мнемосхеми ефективно використовують у наступних випадках:

- об'єкт керування має складну технологічну схему і велике число контрольованих параметрів;
- технологічна схема об'єкту може оперативно змінюватися в процесі роботи.

Мнемосхеми можуть відображати як загальну картину стану системи, технологічного процесу, так і стан окремих агрегатів, пристроїв, значення параметрів і т. п. Вони допомагають операторові, працюючому в умовах великої кількості інформації, що поступає, полегшити процес інформаційного пошуку, підпорядкувавши його певній логіці, яка диктується реальними зв'язками параметрів ОКК. Мнемосхеми полегшують операторові логічну систематизацію і обробку інформації, допомагають здійсненню технічної діагностики при відхиленнях процесу від норми, забезпечують зовнішню опору для вироблення оптимальних рішень і формування керуючих дій.

У основу побудови мнемосхем покладений ряд принципів, вироблених в процесі багаторічної практики їх застосування.

*Принцип лаконічності* – мнемосхема має бути простою, не повинна містити зайвих елементів, а інформація, яка відо-

бражається, має бути чіткою, конкретною і короткою, зручною для сприйняття і подальшої переробки.

Принцип узагальнення і уніфікації передбачає виділення і використання найбільш суттєвих особливостей ОКК, тобто на мнемосхемі не слід застосовувати елементи, що означають несуттєві конструктивні особливості системи, а символи схожих об'єктів і процесів необхідно по можливості об'єднувати і уніфікувати.

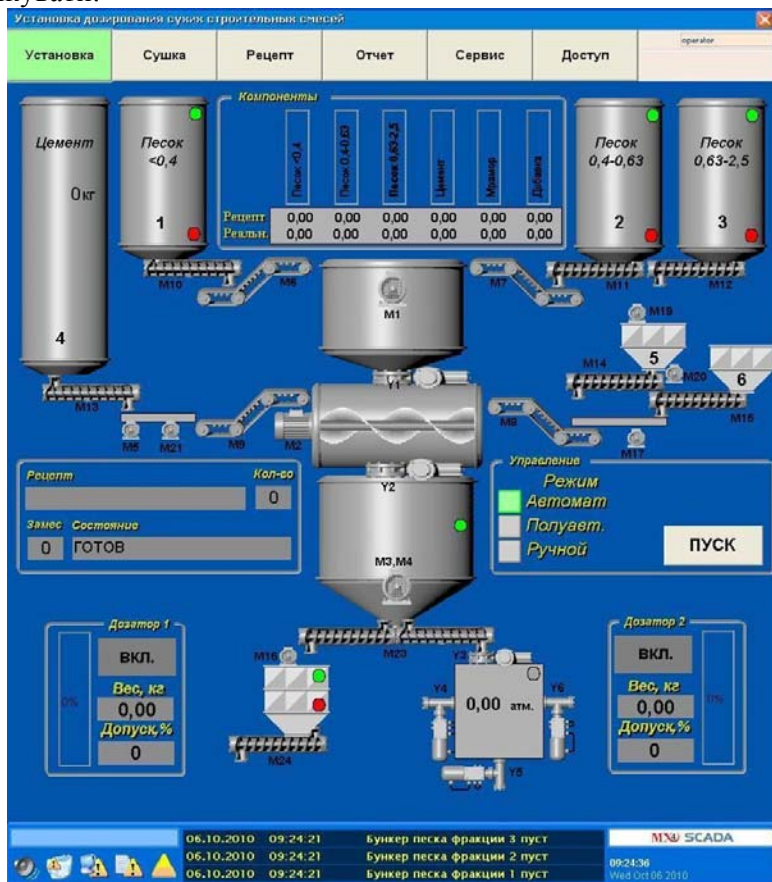


Рисунок 4.17. Приклад мнемосхеми установки приготування сухих будівельних сумішей

*Принцип акценту* до елементів контролю і керування – на мнемосхемах в першу чергу необхідно виділяти розмірами, формою або кольором елементи, найбільш суттєві для оцінки стану, прийняття рішення і дії на об’єкт керування.

*Принцип автономності* – відокремлення один від одного ділянок мнемосхеми, що відповідають автономно контрольованим і керованим об’єктам і агрегатам. Структура повинна показувати характер об’єкту і його основні властивості.

*Принцип просторової відповідності* елементів контролю і керування – розташування контрольованих і індикаторних приладів має бути чітко погоджене з розташуванням відповідних елементів керування.

*Принцип використання звичних асоціацій і стереотипів* – застосування таких умовних позначень параметрів, які асоціюють із загальноприйнятими буквеними позначеннями цих параметрів. Бажано застосовувати, замість абстрактних знаків символи, котрі асоціюються з об’єктами.

Мнемосхеми можуть розташовуватись на окремих панелях, на надбудові до приладового щита, на приставці до пульта або на робочій панелі пульта. Інформація на схемі може видаватися в аналоговій, аналогово-дискретній і дискретній формі. У останні роки для відтворення мнемосхем застосовують електронно-променеві або рідкокристалічні дисплеї. Їх використання доцільне у разі, коли об’єкт має складну, розгалужену структуру, коли технологічний процес часто змінюється і для його відображення потрібний набір мнемосхем. На дисплеї, залежно від поточної ситуації, може відображатися укрупнена мнемосхема усієї системи, мнемосхеми окремих об’єктів, процесів, вузлів і так далі. Потрібні мнемосхеми відображаються по виклику оператора або по сигналах ЕОМ.

Розглянемо основні вимоги, які необхідно враховувати при розробці мнемосхем [32, 35]. В процесі проектування важливо вибрати оптимальну форму мнемознаків. За формою вони мають бути замкнутим контуром. Кутові розміри мнемознака простої конфігурації (прямокутник, круг, квадрат, ромб, трикутник) мають бути не менше 20'. Кутові розміри складного мнемознака (із зовнішніми і внутрішніми деталями) мають бути не менше 35', а

кутовий розмір найменшої деталі – не менше 6'. Допоміжні елементи і лінії не повинні перетинати контур символу або яким-небудь іншим способом ускладнювати читання.

Яскравісний контраст між мнемознаками і фоном має бути не менше 65 %. Значення яскравісного контрасту ( $K$ ) у відсотках обчислюють по формулах для прямого контрасту (мнемознак темніше за фон)

$$K = \frac{B_{\phi} - B_o}{B_{\phi}} \cdot 100 \quad (4.11)$$

при оберненому контрасті (мнемознак світліше за фон)

$$K = \frac{B_o - B_{\phi}}{B_o} \cdot 100 \quad (4.12)$$

де  $K$  – яскравісний контраст;  $B_o$  – яскравість мнемознака;  $B_{\phi}$  – яскравість фону мнемосхеми.

Підвищені вимоги пред'являються до мнемознака, який сигналізує функціональний (особливо аварійний) стан окремих агрегатів або об'єктів. Елементи і групи елементів мнемосхеми, які найбільш суттєві для контролю і керування системи (використовуються при відмовах системи або в аварійній ситуації) необхідно виділяти розташуванням, розмірами, формою, кольором або іншим способом. Спеціальні сигнали (попереджувальні, аварійні, непланової зміни стану і т. п.) повинні відрізнятися більшою інтенсивністю (на 30–40 %) в порівнянні з сигналами нормального режиму або бути переривчастими (з частотою миготіння 3–5 Гц і тривалістю сигналу не менше 0,05 с).

З'єднувальні лінії на мнемосхемі мають бути суцільними, простої конфігурації, мінімальної довжини і мати найменше число перетинів. При роботі з мнемосхемами, які мають значні розміри, необхідно враховувати те, що граничними кутами огляду фронтальної площини мнемосхеми мають бути: по вертикалі не більше 90°; по горизонталі не більше 90° (по 45° в кожную сторону від нормалі до площини мнемосхеми).

Кольорове кодування елементів екранних мнемосхем повинне виконуватися в наступних кольорах: червоному, жовтому, зеленому, блакитному (синьому) і білому. При нормальній роботі

системи і справності усіх її елементів колір представлених на екрані елементів мнемосхеми має бути зеленим. Колір елементів мнемосхеми на екрані, які з часом втратили своє значення для оператора (наприклад, з'єднувальні лінії магістралей, що йдуть від повністю вироблених паливних баків літака, мають бути білими). В якості фону мнемосхем рекомендується застосовувати малонасичені кольори середньої частоти спектру.

При проектуванні мнемосхем розробляють зазвичай декілька варіантів. Оптимальний варіант вибирають шляхом лабораторного експерименту (моделюють на ЕОМ діяльність оператора з різними варіантами мнемосхеми). Критеріями оцінки служать час рішення завдань і число допущених помилок.

*Карта* – являє собою комбінацію зображення, графічних і знакових компонент. При побудові карт широко використовуються кодування площею, кольором, умовними знаками, буквами і цифрами. Зазвичай карта використовується як статична модель. Проте сучасна техніка дозволяє відображати за допомогою карт і динаміку об'єктів (наприклад, метеорологічних умов).

Різновиди карт так само, як і мнемосхем, дуже різноманітні і так само, як і мнемосхеми, в інженерно-психологічному плані вивчені ще недостатньо. Серед картографічних творів назвемо рельєфні карти (об'ємне тривимірне зображення місцевості), фотокарти (поєднуючі карти з фотопланами), блок-діаграми (зображення поверхні сполучене з подовжніми і поперечними вертикальними розрізами), атласи (систематичні зібрання карт, виконаних за загальною програмою, як єдиний цілісний твір).

Дослідження показують, що читання карти є складною роботою, і її ефективність залежить від множини чинників, передусім, таких, як запас знань спостерігача про об'єкти, що відображаються, диференційованість і рухливість просторових представлень, навички поетапного аналізу картографічного відображення.

Ефективність і надійність операцій прийому і переробки картографічної інформації залежать від таких характеристик карти, як її мірність (2D, 3D), масштаб, особливості використовуваної координатної сітки, кольорові і світлотіньові співвідношення елементів, тип і форма ліній, умовних знаків і т. д. Усі ці характеристики вимагають спеціального психологічного дослідження.

Останніми роками за допомогою сучасних інформаційних технологій створюються 3D карти, які містять чотири рівні деталізації: від грубих моделей до повного фотореалізму. Наприклад, найбільшими виробниками карт для навігаційних пристроїв Tele Atlas (належить TomTom) і NAVTEQ (належить Nokia) розроблений і впроваджується новий продукт під назвою Advanced City Models. До 2010 року у складі продукту розроблено 100 3D-моделей мегаполісів Азії і Північної Америки (рис. 4.18). Компанія Google вже уклала договір з Tele Atlas на використання цих 3D-моделей в програмних продуктах для мобільних і настільних платформ.

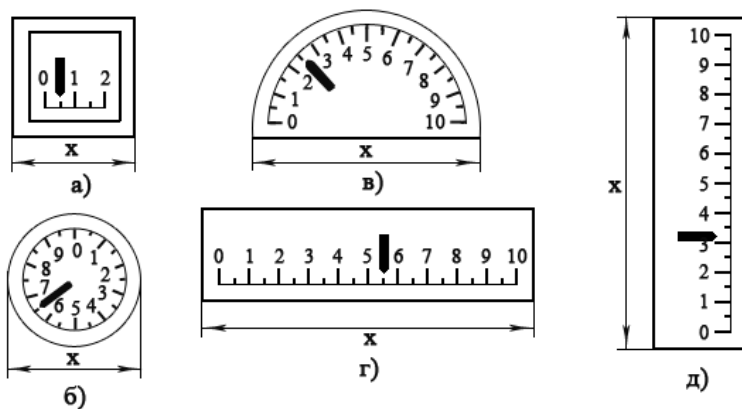


**Рисунок 4.18.** Приклад Advanced City Models компанії Tele Atlas

*Стрілкові контрольно-вимірвальні прилади* – один з найбільш поширених і вивчених видів ІМ [6, 8, 13, 57]. Він є комбінацією знакового (цифрового) і графічного способів відображення інформації. Стрілкові індикатори зазвичай використовуються при зчитуванні кількісних і якісних показників, перевірконому (контрольному) читанні, порівнянні показників.

Швидкість і точність зчитування показань багато в чому залежать від форми шкали і того, з якої ділянки шкали ведеться зчитування. Б. Слейтом встановлено, що найточніше читаються показання лічильників («відкрите вікно»), потім слідують кругові, напівкругові, горизонтальні і, нарешті, вертикальні шкали (рис. 4.19).

В дослідженнях, які проводились пізніше було виявлено, що круглі шкали дають кращі результати при зчитуванні показань з центрального верхнього сектора, а горизонтальні – з центральної частини шкали (тут вони перевершують круглі); по мірі наближення до країв цих шкал швидкість і точність зчитування значно спадають. Форму шкали треба вибирати з урахуванням характеру інформації, для якої вона призначена.



**Рисунок 4.19.** Форма шкал: *а)* – лічильник («відкрите вікно»); *б)* – кругова шкала; *в)* – напівкругова шкала; *г)* – горизонтальна шкала; *д)* – вертикальна шкала; *х* – розмір шкали.

Крім того швидкість та точність зчитування стрілкових індикаторів залежить від: конструктивних особливостей індикатора; розміру шкал та інтервалів між позначками; шрифту цифр; освітлення і контрастності; відстані оператора до пристрою. Так, при коротких експозиціях (менше 0,5 с) точніше читаються показання приладу з рухомою шкалою і нерухомою стрілкою. Зі збі-

льшенням експозиції перевагу мають прилади з нерухомими шкалами і рухомими стрілками.

Шкали приладів градуують штриховими відмітками визначених розмірів. Розрізняють головні, середні та малі відмітки. Точність зчитування зростає зі збільшенням інтервалу між відмітками, але лише до певної межі. Оптимальна довжина інтервалу між головними відмітками – 12,5–18 мм, а малими – 1,5 мм (дистанція спостереження 750 мм). Збільшення числа малих відміток призводить до зниження швидкості і точності зчитування. Щоб підвищити надійність розрізнення, мінімальна ширина штрихів, на думку багатьох авторів, має бути в 1,5–2 рази більше за порогову. Так, при дистанції спостереження 100 см при нормальному освітленні мінімальна ширина штриха має бути 0,44–0,58 мм. Оцифровані штрихи повинні бути в 2–4 рази товще і в 2–2,5 рази довше за мінімальні. Співвідношення ширини малих штрихів до їх висоти – від 1: 4 до 1:6.

Експериментально доведено, що клиновидна стрілка має переваги перед іншими. На точність зчитування впливає ширина стрілки. Чим вона вужче, тим менше виникає помилок при оцінці показань приладів. Кінець стрілки не має бути ширше за відмітки на шкалі і повинен доходити до найменшої відмітки шкали, але не перекривати її. Бажано, щоб стрілка по усій довжині мала один колір.

Залежність між діаметром шкали і точністю зчитування показань не є лінійною. Проведені експерименти дали різні результати відносно оптимального діаметру шкали. За даними [8] немає істотної різниці в точності зчитування показань шкал діаметром від 35 до 70 мм. При зменшенні діаметру до 17–18 мм і менше швидкість і точність зчитування значно погіршується. Те ж саме спостерігається і при збільшенні діаметру шкали до 120–150 мм.

В.І. Уайт, використовуючи прилади діаметром 25, 44 і 70 мм дійшов висновку, що оптимальним для дистанції спостереження 750 мм являється діаметр 44 мм. На думку А. Чапаніса, краще всього читаються шкали, що мають діаметр 75 мм. Неспівпадання даних, отриманих різними авторами, пояснюється тим, що їх експерименти проводилися не в тотожних умовах. За даними експериментів можна зробити висновок, що ефективність читання визначається не діаметром індикатора, а кутовими розмі-

рами. Оптимальні кутові розміри діаметру шкали знаходяться в межах  $2,5-5^\circ$ .

Цифри на шкалу слід наносити прямими лініями і тільки біля головних відміток. Вони мають бути простими, без прикрас. Точність зчитування цифр залежить від співвідношення висоти, ширини і товщини цифри. На товщину впливають освітлення і контрастність; оптимальне відношення товщини обвідки до висоти цифр при дифузному освітленні білих цифр на чорному фоні складає 1:10, а при такому ж освітленні чорних цифр на білому фоні – 1:6. Співвідношення ширини і висоти повинне складати 2:3. Відстань між цифрами повинна дорівнювати половині ширини цифри.

При конструюванні і розміщенні стрілкових індикаторів необхідно враховувати наступні основні вимоги [8]:

- стрілкові індикатори на панелі слід встановлювати в площині, перпендикулярній лінії погляду;
- цифри мають бути нанесені на шкали вертикально; значення цифрових показників на круглих шкалах повинне зростати за годинниковою стрілкою;
- найкращими є шкали з ціною ділення 1, 5, 10;
- для шкал, що встановлені на одній панелі, необхідно вибирати однакову систему ділення і однакові цифри;
- за умови одночасного контрольного зчитування з декількох приладів, їх стрілки встановлюються так, щоб вони мали однаковий напрям;
- для полегшення контрольного зчитування робочі та критичні діапазони слід виділяти кольором.

Експериментально доведено, що навичка читання стрілкових приладів формується у міру тренування оператора.

*Лічильники* – використовуються для отримання кількісних даних, у випадках, коли потрібна швидка і точна індикація. Їх слід розміщувати якомога ближче до поверхні панелі, щоб звести до мінімуму *паралакс* (від грецького «паралаксис» – відхилення – видима людиною зміна положення предмета внаслідок переміщення очей спостерігача, наприклад рух хвилинних стрілок настінного годинника) і тіні, забезпечити максимальний кут бачен-

ня. При послідовному зчитуванні цифри повинні слідувати одна за одною, але не частіше двох за 1 с.

Показання лічильників, що використовуються для індикації послідовності роботи устаткування, повинні скидатися автоматично після закінчення роботи. Необхідно передбачити можливість ручного скидання. Доцільний високий кольоровий контраст цифр і фону (чорні цифри на білому фоні і навпаки).

#### **4.4 Методика проектування інформаційних моделей**

Аналіз джерел [4, 5, 8, 13] показав, що порядок роботи при побудові ІМ, як правило, наступний.

1. Визначення задач системи та черговості їх вирішення.
2. Визначення джерел інформації, методів вирішення задач, часу, необхідного на їх рішення, а також необхідної точності і безпомилковості.
3. Складання переліку типів ОКК, визначення їх кількості та параметрів роботи системи.
4. Складання переліку ознак (станів, параметрів і т.д.) ОКК різних типів.
5. Ранжування об'єктів і ознак за ступенем важливості, вибір критичних об'єктів і ознак, урахування яких необхідне першочергово.
6. Розподіл функцій між людиною і машиною, в тому числі:
  - визначення числа рівнів керування і ступенів складності кожного з них з урахуванням психофізіологічних можливостей операторів;
  - вибір типів ІМ на кожному з цих рівнів;
  - визначення складу обладнання, можливих способів технічної реалізації ІМ.
7. Вибір системи і способів кодування ОКК, їх станів і ознак.
8. Розробка загальної композиції ІМ.
9. Визначення переліку виконавчих дій операторів, які необхідно здійснювати в процесі виконання завдання і після прийняття рішення.

10. Створення макета, який моделює можливі інформаційні ситуації, перевірка ефективності обраних варіантів ІМ і систем кодування інформації за критеріями безпомилковості, швидкодії, точності і напруженості роботи оператора.

11. Зміна за результатами експериментів композиції ІМ і систем кодування, перевірка ефективності кожного нового варіанту на макеті.

12. Визначення на макеті рівня професійної підготовки операторів і його відповідності заданому.

13. Складання інструкцій роботи операторів в системі керування.

Після вибору та перевірки оптимального варіанту ІМ і системи кодування інформації можна починати інженерне проектування ЗВІ.

#### 4.5 Приклади та ілюстрації

**Приклад 1. Розрахунок характеристик двійкового кодування алфавіту елементів ІМ.**

*Завдання:* Визначити мінімальне число розрядів, необхідне для двійкового кодування алфавіту елементів ІМ, що включає 32 літери російського алфавіту і 10 арабських цифр, що відображаються в трьох кольорах. Розрахувати інформаційну ємність екрану монітора персонального комп'ютера, що працює в стандартному текстовому режимі 80x25 (80 стовпців і 25 рядків), 16 кольорів.

*Розв'язок:* У відповідності з умовою задачі маємо  $N_{a3}=42$ ,  $N_{an}=3$ . Використовуючи співвідношення (4.2), отримуємо

$$n_a = [\log_2 42] + [\log_2 3] = [5,4] + [1,58] = 6 + 2 = 8$$

Таким чином, при поданні елементів алфавіту ІМ двійковим кодом число його розрядів  $n_a = 8$ , розрядність двійкових кодів знаків  $n_{a3} = 6$ , розрядність двійкових кодів ознак  $n_{an} = 2$ .

Визначаємо основу коду повного алфавіту ІМ за формулою (4.3)

$$N_a = N_{a3} N_{an} = 42 \cdot 3 = 126$$

Загальне число символів, що виводяться на екран

$$N_k = N_{zmc} N_{mc} = 80 \times 25 = 2000$$

Інформаційну ємність екрану визначимо за формулою (4.5)

$$I = N_k \log_2 N_a = 2000 \log_2 126 \approx 13\,955 \text{ біт}$$

### **Приклад 2. Організація інформаційного поля.**

*Завдання:* Проектується табло відображення стану каналів зв'язку. Елементами сигналізації стану каналів зв'язку вибрані індикатори розміром 25 x 25 мм, відстань між ними 10 мм. При виході каналу з ладу включається звуковий сигнал, а відповідний індикатор загоряється миготливим світлом з частотою 6,5 Гц. Оператор розташовується на відстані 60 см від табло. Час фіксації загоряння (згасання) індикатора  $t_\phi = 0,28$  с. Потрібно визначити, за станом якої кількості каналів зв'язку може слідкувати оператор, якщо за умовами протікання процесу керування оператор повинен знайти вихід каналу зв'язку з ладу не більше ніж через 5 с після його виникнення.

*Розв'язок:* Для вирішення задачі необхідно скористатися формулою (4.7). Однак перш необхідно визначити, чому дорівнює в даних умовах обсяг зорового сприйняття. Для цього знайдемо лінійні розміри площадки, обмеженої об'ємом фіксації  $15^\circ$ . З формули (2.1) маємо

$$h = 2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 60 \operatorname{tg} \frac{15}{2} = 15,8 \text{ см}$$

Оскільки кожен індикатор займає розмір  $2,5 + 1,0 = 3,5$  см, на площадці розміром  $15,8 \times 15,8$  см може бути розташовано 20 таких індикаторів. Проте обсяг фіксації не може перевищувати 8 елементів, тому в даному випадку  $a = 8$ . Тривалість фіксації визначається періодом мерехтіння індикатора  $T_u = 0,15$  с, значенням часу фіксації загоряння (згасання) індикатора  $t_\phi = 0,28$  с і становить у сумі 0,43 с. Виходячи з формули (4.7) маємо

$$N = a \left[ \frac{\tau_{in}(M+1)}{\tau_\phi} - 1 \right] = 8 \left[ \frac{5(1+1)}{0,43} - 1 \right] = 178$$

Отже, для виконання зазначеної вимоги ( $\tau_{in} < 5$  с) на табло контролю має бути розташовано не більш 178 індикаторів.

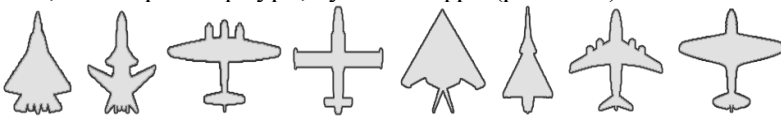
### **Приклад 3. Оптимальне кодування.**

*Завдання:* Нехай є вісім видів літаків, за якими веде спостереження оператор. Вірогідність появи об'єктів кожного класу рівні.

1. Побудувати алфавіт сигналів, що передають інформацію про літаки людині-оператору.

2. Модернізувати побудований алфавіт для передачі інформації про належність «своїй» і «чужій». Для чужих об'єктів передбачити розрізнення на дві підгрупи по злітній масі – першого класу (75 т і більше) і третього класу (від 10 до 30 т).

*Рішення:* Для виконання першого завдання, дотримуючись теорії інформації, можна використовувати код, що включає два символи, наприклад цифри 0 і 1, або два рівня яскравості, які добре розрізняються і точно розпізнаються, частоти миготіння, дві геометричні фігури і т. д. Тоді літак кожного виду може бути відображений за допомогою трьох символів, наприклад, «000», «100» або «три кола», «один квадрат і два кола» і т. д. Однак, у цьому випадку декодування інформації кожен раз буде пов'язано з необхідністю оцінки послідовності символів. Спростимо завдання, замінивши вісім комбінацій, що включають по три символи, вісьмома самостійними символами. У цьому випадку будуть прийнятні не всі способи візуального кодування, так як оптимальне число точно ідентифікованих градацій багатьох ознак візуального сигналу менше восьми. Наприклад, не можна використовувати яскравість, число точок, довжину ліній, але успішно можуть бути використані умовні знаки, геометричні фігури, букви і цифри (рис. 4.20).



**Рисунок 4.20.** Приклад алфавіту, для відображення інформації щодо восьми типів літаків

Для виконання другого завдання будемо виходити з наступного. При порівняно невеликих обсягах інформації, переданої оператору, доцільно кожен вид відображуваних об'єктів позначати самостійним символом. Але чим більше число видів, а отже, і символів, тим важче забезпечити їх добру розрізненість і розпізнаваність і тим більше часу буде потрібно для навчання оператора. Для подолання цих труднощів перейдемо до багатовимірного кодування.

При цьому кожна з ознак об'єкта позначимо певним кодом. Наприклад, приналежність – кольором, або буквою, або типом лінії, штрихуванням, злітну масу – площею, або цифрою і т. д. Тоді для позначення всіх класів потрібно вісім умовних знаків, що розрізняються не тільки формою, але також кольором і величиною.

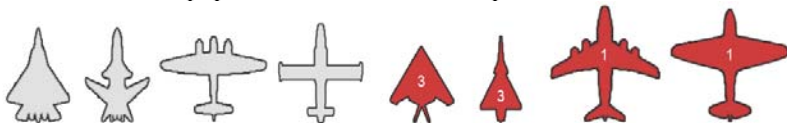


Рисунок 4.21. Приклад модернізованого алфавіту

#### 4.6 Практичні завдання

*Завдання 1.* Побудувати алфавіт сигналів зорової модальності для ІМ диспетчера залізничного вузла. ІМ повинна відображати наступну інформацію:

- кількість шляхів (4);
- види локомотивів, що прибувають на кожен шлях і розрізняються за типом енергетичної установки (тепловози, електровози, контактньо-акумуляторні електровози і електротепловози);
- види локомотивів, що прибувають на кожен шлях і розрізняються за родом служби (електровози – вантажні, пасажирські, тепловози – вантажні, пасажирські та маневрові).

*Завдання 2.* Визначте клас ІМ і види алфавіту для наступних прикладів (рис. 4.22 і рис. 4.23).

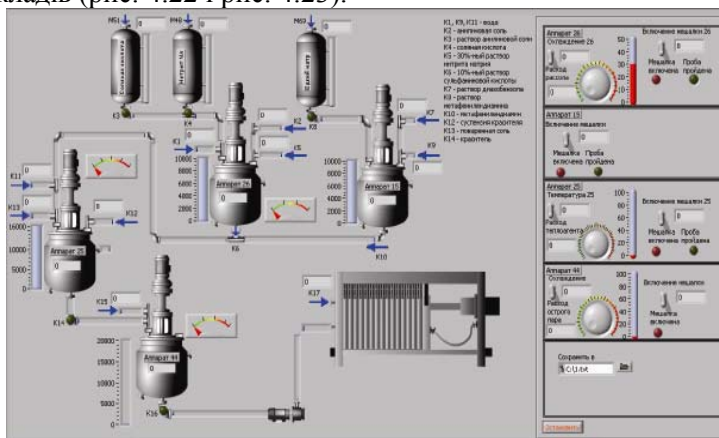


Рисунок 4.22. Інформаційна модель. Приклад 1



4.24). Дистанція спостереження 75 см. Діаметр шкали кожного індикатора прийняти 70 мм.

*Завдання 6.* Оператор знаходиться на відстані 2м від табло контролю стану об'єктів керування. На кожному з індикаторів табло висвічується один умовний знак.

На якій відстані один від одного слід розташувати індикатори, щоб час інформаційного пошуку був мінімальним? Як і чому зміниться час пошуку, якщо індикатори розташувати на більшій або меншій відстані один від одного в порівнянні з отриманим оптимальним значенням?



а)



б)



в)



г)

**Рисунок 4.24.** Приклади шкал автомобільних спідометрів

*Завдання 7.* Зміна стану об'єкта фіксується включенням відповідного індикатора. Світіння індикатора – переривчасте, з частотою 4 Гц. Задача оператора – у мінімально можливий час виявити індикатор, що миготить. На даному пульті керування проведено експериментальне дослідження часу інформаційного пошуку (виявлення індикатора, що миготить). Отримано такі дані часу інформаційного пошуку (у мс):

1120	620	540	970	750	920	830	1030	610	570
580	960	570	830	990	670	940	780	920	830
560	680	720	670	1080	580	610	550	1100	950

Знайти теоретичне (розрахункове) значення математичного очікування часу пошуку. Перевірити, чи підтверджуються результати розрахунків експериментальними даними.

*Завдання 8.* Розробити багатовимірний звуковий вид алфавіту для ІМ оператора АСКТП. Оператор за допомогою ІМ здійснює контроль і керування шістьма об'єктами. Перший і другий об'єкт у ході техпроцесу переміщуються. Кодування звуком в ІМ має використовуватися у разі переходу будь-якого з об'єктів в небезпечний або аварійний стан. За допомогою звукового сигналу оператор також має отримувати таку інформацію про об'єкти, що рухаються: ідентифікація об'єкта (№ 1 або № 2); характер їх руху (прискорення, уповільнення); напрямок руху. У якості сигналізатора використовується гудок.

#### **4.7 Контрольні запитання**

1. Що таке концептуальна модель?
2. Яким основним вимогам повинна задовольняти інформаційна модель?
3. Які основні характеристики інформаційних моделей?
4. Які інформаційні моделі найбільш ефективні – суцесивні або симультанні?
5. Які рівні часової розгортки розрізняють в інформаційних моделях?
6. Що таке зона ясного бачення?

7. Що необхідно враховувати при прийнятті рішень щодо просторової організації інформаційних моделей?

8. Що таке алфавіт або категорія кодування?

9. Які види модальностей сигналів використовуються в сучасних СЛТС?

10. У яких випадках рекомендується використання слухової модальності?

11. Які недоліки слухового аналізатору?

12. Які недоліки зорового аналізатору?

13. Що необхідно враховувати при виборі виду алфавіту?

14. Які існують категорії кодування зорової інформації?

Наведіть приклади.

15. Як вибрати оптимальний код?

16. Що таке основа коду?

17. Які сигнали більш ефективні з точки зору швидкості та надійності прийому інформації оператором – одномірні чи багатомірні? Наведіть приклади багатомірних сигналів.

18. Які проблеми виникають при побудові багатомірних сигналів?

19. Від чого залежить припустима довжина коду для кожного виду алфавіту?

20. Що таке міра абстрактності коду?

21. Які існують вимоги до побудови кодових знаків?

22. Які основні правила компонування знакової інформації?

23. Що таке формуляр?

24. У чому різниця між індуктивним і дедуктивним способами побудови знакових алфавітів?

25. Як розрізняються знаки за складністю? Наведіть приклади.

26. Які фігури належать до простих?

27. Які фігури розрізняються краще – трикутник або квадрат?

28. У яких випадках використовують кодування числом точок або геометричних елементів? Наведіть приклади.

29. У яких випадках використовують кодування типом лінії?

30. Які недоліки кодування розміром?

32. У яких випадках використовують ширину лінії?

33. Які види алфавіту можуть використовуватися при кодуванні просторовою орієнтацією?
34. Які вимоги до буквено-цифрових знаків?
35. Від яких факторів залежить ідентифікація цифр і букв?
36. Яке число точно ідентифікуємих сигналів по колірному тону?
37. Які оптичні явища та ефекти треба враховувати при кодуванні кольором?
38. Яка оптимальна довжина алфавіту при кодуванні яскравістю?
39. У якому інтервалі людина спроможна відносно точно оцінювати частоту миготінь?
40. Які основні вимоги до кодування звуковими сигналами?
41. У яких межах повинна бути частотна характеристика тональних сигналів?
42. Які основні вимоги до кодування мовними сигналами?
43. Які існують класи інформаційних моделей?
44. Які існують види зображень?
45. Які існують види знакових моделей?
46. У яких випадках використовується технологія eye-tracking?
47. Які недоліки технології eye-tracking?
48. Що таке інформаційна ємність знакового табло?
49. Що таке коналוג? Назвіть види діяльності де використовуються коналוגи.
50. У яких випадках використовують мнемосхеми?
51. На яких принципах базується розробка мнемосхем?
52. Які основні вимоги необхідно враховувати при розробці мнемосхем?
53. Від чого залежить швидкість і точність зчитування показань стрілкових приладів?
54. Чи існує оптимальний діаметр шкали стрілкових приладів?
55. Які основні вимоги необхідно враховувати при конструюванні та розташуванні стрілкових приладів?
56. Що необхідно враховувати при роботі з лічильниками?
57. Який порядок роботи при побудові інформаційних моделей?

*Враховуючи поточний жалюгідний стан наших програм, можна сказати, що програмування все ще чорна магія і, поки, ми не можемо називати його технічною дисципліною.*

*Біл Клінтон*

## **ЧАСТИНА 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕРГОНОМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ**

### **5 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ЕРГОНОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ**

#### **5.1 Аналіз інструментарію автоматизації проектування інформаційних моделей**

Враховуючи орієнтацію промисловості на комп'ютеризацію технологій керування, однією із важливих задач ергономічного проектування СЛТС є розробка ІМ засобів відображення інформації індивідуального користування, тобто ІМ, що відображаються на екранах моніторів персональних комп'ютерів операторів різних типів. Це зумовлено тим, що вирішення даної задачі (тобто, організація переходу від реального об'єкту, реальної ситуації до її формалізованого відображення на ЗВІ) визначає, в кінцевому підсумку, якість діяльності людини–оператора в СЛТС. Тому саме інтелектуальна підтримка процесу ЕЗП ІМ була обрана для подальшого розгляду в рамках даної книги.

На основі розглянутої в [71] еволюції інформаційних систем можна виділити два класи інтелектуальних систем, що задовольняють вимогам забезпечення інтелектуальної підтримки діяльності проєктувальника ІМ – це системи інтелектуальної

підтримки (СПП) і ЕС. За способом зв'язку з об'єктом керування і з експлуатаційним персоналом інтелектуальні інформаційні системи можна розділити на три основних типи: інформуючі системи, дорадчі системи і системи-тренажери. Нашим цілям відповідають лише дорадчі системи – СПП, що забезпечують формування рекомендацій про послідовність і перелік можливих дій користувача в процесі розв'язування задачі.

СПП і ЕС поєднує характер і складність розв'язуваних задач, але відрізняють наступні особливості [1, 11]:

- інтелектуальна підтримка процесу прийняття рішення потрібна насамперед в аварійних і екстремальних ситуаціях, у той час як ЕС використовуються, в основному, в повсякденній роботі;

- СПП пред'являють до ЗВІ спеціальні вимоги; інформація і знання повинні виводитися на екран дисплея в максимально зручній формі;

- СПП сполучається з ОК інформаційними каналами, тобто основна частина інформації надходить автоматично від об'єкта і лише незначна частина – по запиті СПП від оператора. У ЕС, в основному, вся інформація надходить від людини;

- ЕС застосовують універсальні процедури виведення, які інколи виявляються ефективними, але придатні далеко не для всіх задач. В СПП використовується спеціалізований логічний вивід, що відповідає тій предметній області (ПДО), тій задачі, на яку налаштована дана СПП.

В процесі проектування ІМ ергономіст може мати справу з рішенням наступних задач, що підрозділяються за новизною:

- задачі що повторюються, зазвичай це задачі які легко автоматизувати;

- нові задачі, вони відносяться до класу слабоструктурованих задач, і тому характеризуються недостатністю інформації, відсутністю чітких та строгих методів їх вирішення. Перспективним представляється розробка окремих, достатньо типових для тиражування, програмно-інформаційних комплексів, що дозволять здійснювати інтелектуальну підтримку ергономістів-проектувальників ІМ;

- унікальні задачі.

Хоча окремі складові унікальних задач відносяться до типів перерахованих вище, взагалі, такі задачі потребують проведення окремих досліджень, проробки та детального обговорення при прийнятті тих чи інших рішень, які ми розглядати не будемо. Таким чином діяльність проектувальника ІМ можна розглядати з однієї сторони, як рутинну, що визначається рамками нормативно-технічної документації, а з іншої – творчою, з елементами «евристики».

Для забезпечення інтелектуальної підтримки діяльності такого роду, достатньо застосовувати системи класу СП [11]. При цьому СП повинні: звільнити проектувальників від рутинно-інтелектуальної діяльності; зменшити інтелектуальні навантаження і тим самим напруженість діяльності проектувальника. Але, створення СП не повинно: приводити до симпліфікації (спрощення), в даному випадку – позбавлення праці сенсу; приводити до невиправданих техніко-економічних і соціально-ергономічних витрат на створення СП.

## **5.2 Розробка системи інтелектуальної підтримки ергономічного проектування інформаційних моделей**

### **5.2.1 Системний аналіз діяльності проектувальника інформаційних моделей**

Системний аналіз складається з компонентного, морфологічного і еволюційного аналізів [5]. Метою компонентного аналізу є виявлення всіх сутностей (об'єктів, функцій, станів), які складають зміст даної СЛТС (N). Для цього побудуємо комплекс наступних компонентних моделей: компонентно-системних KSS(N); компонентно-елементних KES(N) і компонентно-функціональних KFS(N).

KSS(N) – це семантичний граф у вигляді ієрархічного дерева, вершинами якого є імена систем різного масштабу, а дугами - відношення «ціле (G)-частина (P)», яке позначається  $R_{GP}$  і відношенням «впливати»  $R_F$ . Дана модель являє собою знання про навколишнє середовище EES(N) і про внутрішній (підсистемний)

склад досліджуваної системи – ETS(N). Знання EES(N) включають: ім'я метасистеми (EES-0), у яку частиною входить досліджувана система; множина систем, що збурюють зовнішнє середовище (EES-1), які організаційно не пов'язані з ETS(N), але впливають на якість її функціонування. Центральною вершиною графа (коренем дерева) є метасистема EES-0. Кінцеві вершини графа – локальні підсистеми (LETS-N), у яких діє лише одна ОПР. Метасистема і досліджувана СЛТС зв'язані відношенням  $R_{GP}$ , а суміжні та збурювальні системи, з досліджуваною СЛТС – відношенням  $R_F$ .

У нашому випадку досліджуваною СЛТС – ETS(N), є система «проектувальник ІМ – СІП ЕЗП інформаційних моделей (далі СІП ЕЗП) - середовище», метасистемою EES-0 – організація в якій працює проектувальник, збурювальною системою EES-1 – умови і режими праці і відпочинку проектувальника, його емоційна напруженість і вказівки вищих організацій, а локальною LETS-N – «конкретний  $n$ -й проектувальник ІМ і його робоче місце».

Для всіх локальних підсистем LETS-N побудуємо множину KES(N)

$$KES(N) = \langle KTK, KDK - N \rangle, \quad (5.1)$$

де KTK – знання про типи компонентів будь-якої LETS-N; KDK-N – знання про конкретні компоненти, що утворюють дану локальну підсистему LETS-N

$$KTK = \langle ST, R_{GP}^{ST*ST} \rangle, \quad (5.2)$$

де  $ST = \{LHT - N.X.Y, TK\}$  – множина вершин типової структури;  $TK = \{Ti\} = \{TH, TM, TO, TE_1, TE_2, TE_3, TE_4, TE_5, TE_6\}$  – множина типів компонентів внутрішньої структури організації (рис. 5.1);  $R_{GP}^{ST*ST}$  – відношення «ціле-частина», задане на декартовому добутку  $ST*ST$  відповідно до рис. 5.1.

Елементами ETS(N) є: ергатичні елементи (спеціалісти, що працюють у складі ETS(N)) – користувач СІП ЕЗП (проектуваль-

ник ІМ), і група спеціалістів, що забезпечує розробку, функціонування, працездатність і розвиток СІП ЕЗП.

Неергачичний елемент – інформаційно-програмний комплекс у вигляді СІП ЕЗП. Зміст бази знань та даних (БЗД) про конкретні елементи ЕТС(N), представленої у вигляді КЕС(N), наступний:

ТЕ1: проектувальник ІМ, інженер по знаннях (ІПЗ), експерти в ПдО «Проектування ІМ» і ПдО «Технологічні процеси та ОКК», програміст, інженер-електронник, адміністратор БЗД;

ТЕ2: клавіатура, екран дисплею ПК, принтер;

ТЕ3: інформаційно-програмний комплекс (СІП ЕЗП), папір, ручка;

ТЕ4: предмет праці – база знань і даних СІП ЕЗП, норми, вимоги і принципи розробки СІП, ІМ і експертні знання; продукт праці – перетворена інформація у вигляді рекомендацій проектувальникові, локальні БЗД;

ТЕ5: стіл письмовий, робоче крісло;

ТЕ6: освітлення, вентиляція (кондиціонування).

Структура КФС(N) являє собою семантичний граф у вигляді ієрархічного дерева, вершинами якого є імена функціональних одиниць ( $F_i$ ) різного масштабу, а дуги відображають відношення  $R_{F_i F_j}$  – «для реалізації функціональної одиниці  $F_i$  (цілі, задачі) необхідно виконати функціональну одиницю  $F_j$  (задачу, процедуру, функцію)». Корінь дерева – поняття «Процес функціонування ЕТС(N)». Перший рівень вершин дерева – назва цілей –  $T_{R_i}$ , для яких створена досліджувана система N. Другий рівень – назва додаткових цілей  $T_{DR_{ij}}$ , які треба вирішити для досягнення цілей  $T_{R_i}$ . Третій рівень – назва задач  $T_{S_{ijk}}$ , які треба вирішити для досягнення додаткових цілей. Четвертий рівень – назва процедур  $T_{PR_{ijkl}}$ , які необхідно виконати для рішення задачі  $T_{S_{ijk}}$ . Компонентно-функціональна структура КФС(N) для ЕТС(N) представлена в табл. 5.1 у вигляді чотирьохрівневого списку, еквівалентного вказаному графові. При його розробці враховувалися наступні положення.

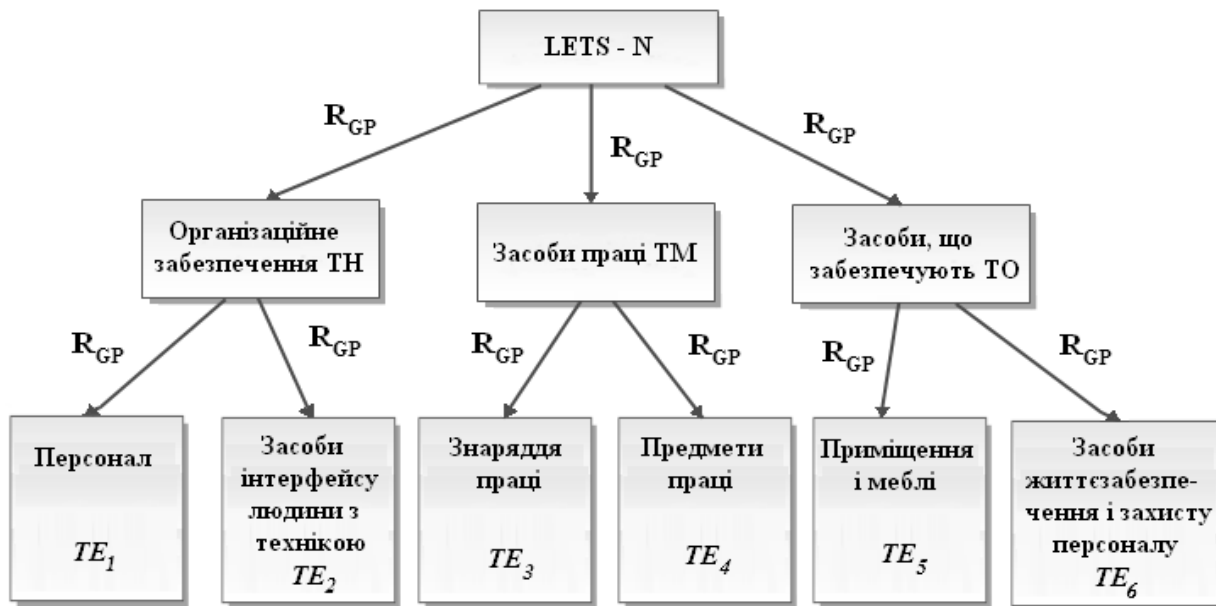


Рисунок 5.1. Компонентно-елементна структура локальної підсистеми

Виходячи з поставлених нами раніше задач, прикладною областю, СІП що розробляється є область «ЕЗП інформаційних моделей» («ЕЗП ІМ»). Існують різні типи ІМ, формування яких підпорядковується певним закономірностям. Далі будемо розглядати ІМ про стан і функціонування технологічних процесів. В зв'язку з цим, прикладна область, що розглядається декомпозується на наступні, структурно незалежні ПдО: ПдО «ЕЗП ІМ», яка містить знання про правила кодування складних повідомлень на дисплеях ПЕОМ; конкретні ПдО (дільниця, цех тощо), функціонування яких буде кодуватися у вигляді ІМ.

До теперішнього часу розроблено цілий ряд нормативних документів, які містять вимоги до ІМ і рекомендації по їх ергономічному проектуванню, опублікованих у відповідній літературі, тобто, джерелами знань про дану ПдО є деякі об'єктивізовані знання, переведені у форму, що є доступною для ІПЗ. Ввід в БЗД об'єктивізованих знань не представляє труднощів. При цьому використовуються текстологічні методи вилучення знань.

Іншим типом знань є знання спеціалістів в області «Характеристики технологічних систем і ОКК», для конкретних підприємств. Ці знання не зафіксовані в зовнішніх по відношенню до них сховищ і для їх вилучення потрібна допомога ІПЗ.

**Таблиця 5.1.** Компонентно-функціональна структура KFS(N)

Ме-та	Дод. цілі	Задачі	Проце-дури	Зміст
1	2	3	4	5
1				Забезпечення інтелектуальної підтримки проектувальника ІМ
	1.1			ІПЗ розробляє спосіб автоматизації процедур вилучення знань
		1.1.1		Забезпечити формалізацію і введення в БЗД знань експертів у конкретній ПдО «Технологічні процеси і ОКК»
			1.1.1.1	Розробка методики вилучення знань
			1.1.1.2	Розробка моделей представлення знань
			1.1.1.3	Розробка алгоритму вилучення знань

Продовження таблиці 5.1.

1	2	3	4	5
			1.1.1.4	Вилучення знань із експертів у конкретній ПдО, про об'єкти, що відображуються в ІМ і з експертів-проектувальників ІМ
			1.1.1.5	Формалізація вилучених знань (при цьому можливе їхнє коректування – повернення до п. 1.1.1.4) і введення їх у БЗД СІП ЕЗП
		1.1.2		Текстологічне вилучення знань про ПдО «ЕЗП ІМ»
			1.1.2.1	Вилучення знань із книг, нормативних документів, довідників, методичних керівництв і т. д.
			1.1.2.2	Формалізація і введення знань у БЗД СІП ЕЗП
	1.2			Автоматизація ергономічного проектування ІМ
		1.2.1		Збір інженером по знаннях відомостей про правила і норми процесу проектування ІМ
			1.2.1.1	Забезпечення довідковою інформацією про ПдО «ЕЗП ІМ»
		1.2.2		Вибір модальностей і способів кодування об'єктів, що відображається ІМ
			1.2.2.1	Вибір типу модальності сигналу
			1.2.2.2	Вибір виду алфавіту
			1.2.2.3	Вибір основи коду
			1.2.2.4	Вибір мірності коду
			1.2.2.5	Вибір міри абстрактності коду
		1.2.3		Розробка загальної композиції ІМ
			1.2.3.1.	Просторове розміщення ІМ
			1.2.3.2.	Компонування кодового знаку та групи
		1.2.4		Ергономічна оцінка результатів проектування ІМ

Продовження таблиці 5.1.

1	2	3	4	5
			1.2.4.1	Розробка правил ергономічної оцінки результатів проектування ІМ
			1.2.4.2	Коректування результатів проектування ІМ

Морфологічні моделі СЛТС відображають різного роду взаємозв'язки (організаційні, технологічні, часові та ін.), що існують між системами і компонентами, виділеними в результаті компонентного аналізу. Їхня номенклатура визначається цілями конкретного дослідження. Практично при будь-яких видах досліджень виникає необхідність мати функціонально-часові структури (FTS), а в багатьох випадках – суб'єктно-організаційні (SOS) і функціонально-організаційні (FOS) [5].

Так як структури SOS відображають тільки відношення  $R_o$ : «суб'єкт  $S_i$  є керівником суб'єкта  $S_j$ », то у даному випадку, необхідності їх побудови не було.

Структури FTS – функціональні мережі (графи), вершинами яких є функціональні сутності, а дуги відповідають елементам відношення  $R_i$ : «процедура (функція)  $F_i$ , безпосередньо передуює процедурі (функції)  $F_j$ ».

На підставі даних табл. 5.1 для ETS(N) побудуємо FTS(N) – алгоритмічну функціональну мережу процедур (рис. 5.2).

Еволюційні структури будуються лише в тому випадку, коли важливо відзначити можливі зміни компонентних або морфологічних структур, наприклад, відобразити склад спеціалістів, які працюють у СЛТС в ранкову, денну та вечірню зміни. У нашому випадку, немає необхідності вводити еволюційні структури.

Сукупність побудованих компонентних (KSS, KES, KFS) і морфологічних структур (FTS) утворили стаціонарний каркас інтегральної моделі СЛТС.

На підставі даних структури KFS(N) проведена декомпозиція процедур, на ергатичні (виконувані проектувальником ІМ разом з технікою) і автоматичні, що виконуються без втручання людини. До подальшого аналізу прийняті лише ергатичні інтелектуальні процедури, що виконують ОПР у процесі проектування ІМ.

Відповідно до табл. 5.1 проектувальник ІМ повинен виконувати процедури 1.2.2.1–1.2.2.5, 1.2.3.1, 1.2.3.2, 1.2.4.1 і 1.2.4.2.

Для ETS(N) усі процедури, з даного переліку є ергатичними та інтелектуальними.

Таким чином, у результаті проведеного системного аналізу отримана номенклатура інтелектуальних задач  $T_{Siik}$  і процедур  $T_{Priikl}$ , що характеризують проблемні ситуації  $P_{Si}$ , які можуть виникнути в процесі діяльності проектувальника ІМ.

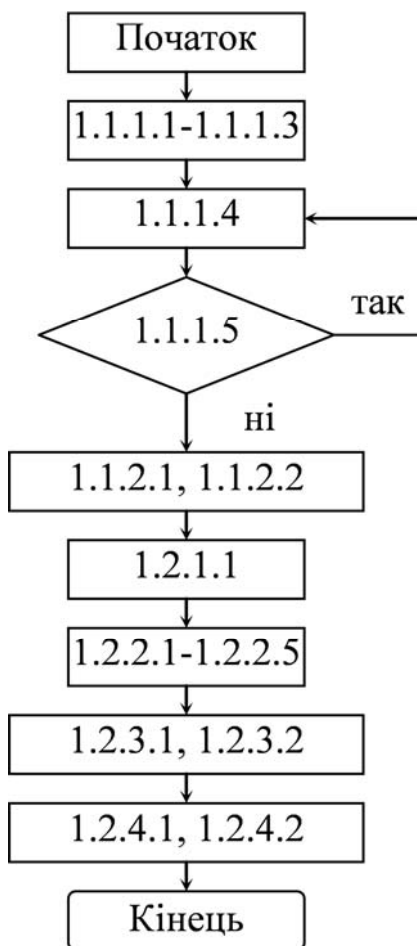


Рисунок 5.2. Алгоритмічна функціональна мережа процедур

Для кожної  $P_{Si}$ -ї проблемної ситуації ІПЗ повинен видобути з експертів відповідні декларативні та процедурні знання, формалізувати їх і ввести їх за допомогою програміста в БЗД системи.

### 5.2.2 Розробка структури системи інтелектуальної підтримки

Під СІП ЕЗП будемо розуміти програмну систему (отримала назву «ЕргоПРИМ»), яка керується за допомогою продукційних правил і складається з трьох основних підсистем (рис. 5.3): БЗД, яка містить декларативні та процедурні знання; вирішувача, який містить керуючі знання для отримання логічного виведення на основі цих знань і інтелектуального інтерфейсу (ІФ), який забезпечує взаємодію користувачів з СІП ЕЗП.

Система має наступні особливості:

- БЗД складається з сукупності локальних БЗД ( $KB_i$ );
- наявність метазнань представлених в модулях системи у вигляді метаправил (МП), які представляють знання СІП ЕЗП про себе, свою роботу, свою структуру, свою БЗД, схему вирішення проблемних ситуацій ЕЗП ІМ;
- спеціалізований логічний вивід.

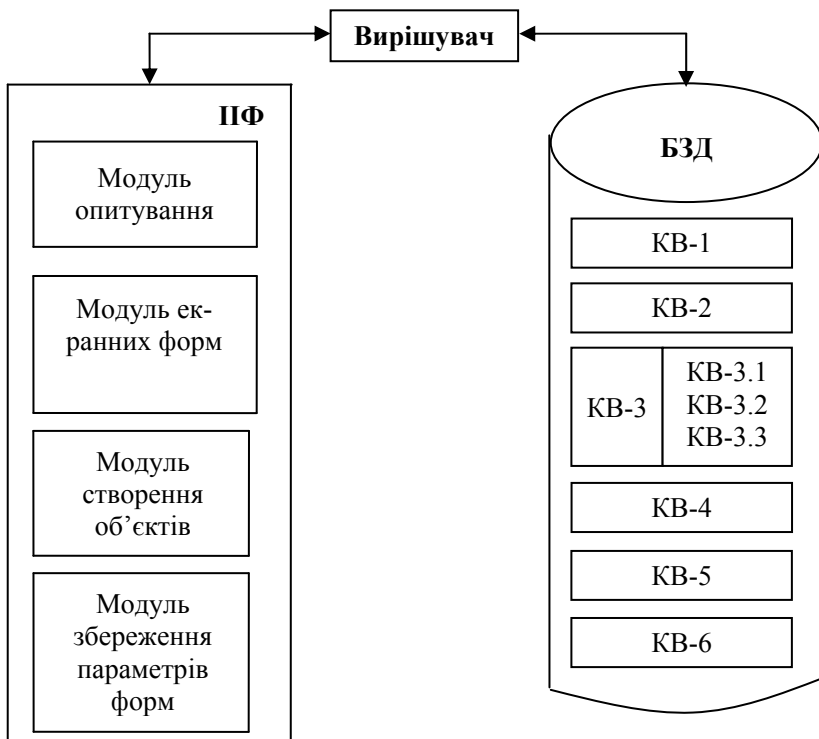
Прототип системи СІП ЕЗП був написаний мовою Visual Prolog 7.0. Після тестування прототипу й корекції помилок, система була реалізована мовою Visual Basic for Application у середовищі розробки Visual Studio.Net.

Декларативні знання (факти ПдО) представлені в системі у формі позначених константами предикатів (фундаментальних предикатів) виду ( $j$ ):  $P(x_1, x_2)$ , де  $P$  – назва предиката,  $x_i$ ,  $i=1,2$  – предметні константи;  $j$  – ім'я факту (у СІП ЕЗП порядковий номер факту в їх множині, яка зберігається в БЗД системи).

Процедурні знання (правила та МП) представлені в системі продукційними правилами виду:

$$(n); P_i : A_i \rightarrow K_i, \quad (5.3)$$

де  $n$  – ім'я продукції, тобто порядковий номер правила (МП);  $P_i$  – правило продукції;  $A_i$  – антецедент імплікації (умови застосування правила  $P_i$ );  $K_i$  – консеквент імплікації (оператор, який визначає результат застосування правила  $P_i$ ).



**Рисунок 5.3.** Структура СІП ЕЗП

### 5.2.2.1 Підсистема «База знань та даних»

Розглянемо склад локальних баз KB<sub>i</sub>, що використовуються при вирішенні *i*-ї проблемної ситуації та створюють глобальну БЗД системи.

KB-1. Містить декларативні та процедурні знання про проблемну область «Характеристика технологічних систем та їх ОКК», що введені в БЗД інженером по знанням та програмістом.

KB-2. Містить декларативні знання про конкретні характеристики технологічної системи та її ОКК, які були отримані в результаті роботи «Модуля опитування».

KB-3. Інформаційний масив «Проектування ІМ» використовується в режимі «Довідка» і містить розділи:

- «Організація структури ІМ» (КВ–3.1);
- «Кодування інформації в ІМ» (КВ–3.2);
- «Особливості приймання, зберігання і переробки інформації людиною-оператором при роботі з ІМ» (КВ –3.3).

КВ–4. «Словник» з тлумаченням всіх термінів, що належать до області проектування ІМ. Ця інформація вводиться в БЗД системи ІПЗ після текстологічного вилучення знань про вказану область.

КВ–5. Містить декларативні та процедурні знання, які необхідні для кодування інформації в ІМ двома типами модальності – зоровою та слуховою.

КВ–6. Містить архіви попередніх проектних рішень.

### 5.2.2.2 Підсистема «Вирішувач»

Формальне описання роботи вирішувача, що реалізує універсальний логічний вивід, можна представити четвіркою

$$U = \langle V, S, K, R \rangle \quad (5.4)$$

Розглянемо призначення складових даного кортежу.  $V$  – процес вибору, який здійснює вибір з БЗД підмножини активних продукцій  $P$  і підмножини активних даних  $D$ , які будуть використані в черговому циклі роботи інтерпретатора.  $S$  – процес зіставлення, який визначає множину визначень, тобто множину пар: правило  $P_i$  – дані  $D_i$ , де  $P_i \in P, D_i \in D$ .  $K$  – процес вирішення конфліктів, що визначає яке з визначень буде виконуватися.  $R$  – процес, який здійснює виконання обраного визначеного правила. Результатом виконання є модифікація стану БЗД або операція вводу/виводу.

Для систем класу СІП характерний не універсальний, а спеціалізований логічний вивід, який відповідає тій ПдО, тій задачі на яку налаштована дана СІП. Системний аналіз діяльності ергономіста (див. п. 5.2.1), дозволив виявити загальний список проблемних ситуацій  $PS_i$ , які СІП ЕЗП повинна інтелектуально-інформаційно підтримувати. Для кожної  $PS_i$ -ї проблемної ситуації ІПЗ вилучає із експерта необхідний для її рішення об'єм знань (фактів та правил) і розробляє моделі рішень у вигляді вирішуючих І/АБО графів (керуючих стратегій). Так як результатом дій

стратегії є не конфліктний набір правил  $P_i$  або фактів  $D_i$ , релевантних поточній проблемній ситуації  $PS_i$ , то необхідності у вирішенні конфліктів визначених змінних  $K$  – немає, тобто вирішувач СІП ЕЗП може бути представлений у вигляді:  $U = \langle V, S, R \rangle$ .

Говорячи про універсальний логічний вивід, що застосовується в більшості продукційних систем при рішенні задач, малося на увазі, що він зводиться до пошуку шляху в графі простору станів. Однак, для деяких категорій задач представлення в формі І/АБО графа є більш природним. Таке представлення основане на декомпозиції задач на підзадачі, що дає переваги в тому випадку, коли підзадачі взаємно незалежні, а значить, і вирішити їх можна незалежно одну від іншої.

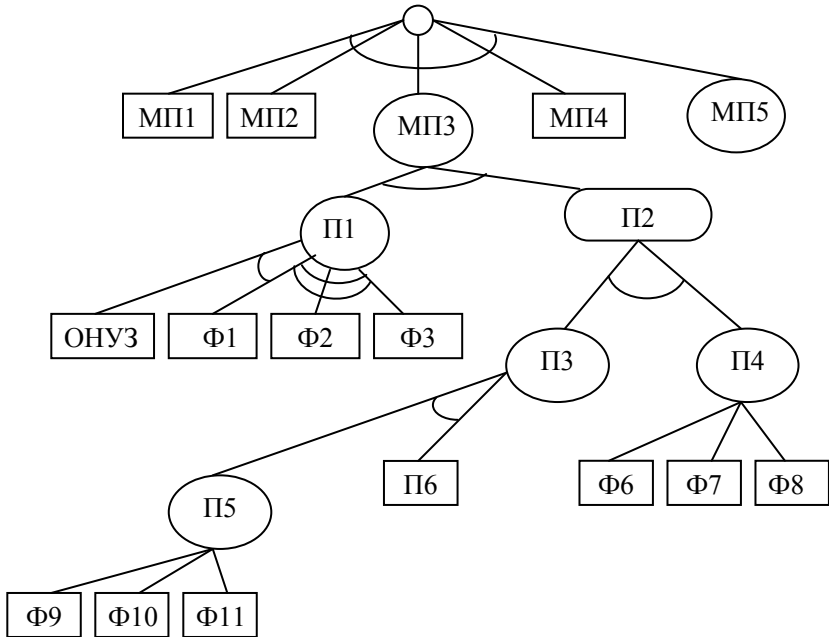
Вершини І/АБО графа відповідають задачам, а зв'язки між вершинами – відношенням між задачами. Вершина, із якої виходять кон'юнктивні зв'язки (позначимо їх півкруглими дужками), називається І – вершиною. Для того, щоб вирішити відповідну задачу, необхідно вирішити всі її задачі-спадкоємці. Вершина, з якої виходять диз'юнктивні зв'язки, називається АБО – вершиною. Для того, щоб вирішити відповідну задачу, необхідно вирішити одну з її задач-спадкоємців. Тривіальним задачам (для вирішення яких використовуються відомі правила або факти БЗД) відповідають цільові вершини (позначимо їх квадратами). Рішення представляється у вигляді вирішуючого графа – підграфа всього І/АБО графа.

Для того, щоб вирішити задачу «Проектування ІМ» (стартова вершина), необхідно побудувати вирішуюче дерево, що дає повну стратегію досягнення цілі. Іншими словами, для кожної  $PS_i$ -ої проблемної проектної ситуації необхідно побудувати підграф (вирішуюче дерево), що представляє собою модель суджень проектувальника, що вирішує  $i$ -у проблему.

Задача «Проектування ІМ» декомпозиується на наступні підзадачі (ПДЗ):

- визначення загального числа робочих полів (зон) (ПДЗ-1);
- визначення об'єму інформації в зоні (ПДЗ-2);
- виділення зони (ПДЗ-3);
- вибір розташування зони (ПДЗ-4);
- кодування об'єктів в зоні (ПДЗ-5).

Виходячи з цього набору підзадач можна побудувати І/АБО граф для вирішення задачі «Проектування ІМ» (рис. 5.4). І-вершини позначені на рис. 5.4 півкруглими дужками, а цільові вершини - прямокутниками.



**Рисунок 5.4.** Приклад І/АБО графу для вирішення задачі «Проектування ІМ» і підзадачі ПДЗ-3

Вирішення підзадач 1, 2, 4 тривіальне та описується у вигляді метавправил МП1, МП2, МП4 відповідно. Дані метавправила в синтаксисі мови Prolog наведені в таблиці 5.2.

Метавправило МП1 інформує проектувальника ІМ, що число зон має дорівнювати числу найменувань груп ОКК, яке введене експертом визначеного технологічного процесу до БЗД у процесі взаємодії з модулем «Опитування». Метавправило МП2 оповіщає про те, що об'єм інформації у зоні відповідає кількості ОКК в даній групі (також вже введене експертом в БЗД). Метавправило МП4 фіксує вибір проектувальника ІМ про розміщення

певної зони на екрані ПК (вертикально чи горизонтально), яка передається до модулю «Створення об'єктів» СІП ЕЗП.

**Таблиця 5.2.** Приклади представлення фактів та правил в БЗД

Номер МП	Вміст метаправила
МП1	число_зон (X):- write («Число зон дорівнює числу найменувань груп ОКК», ' ', X).
МП2	об'єм_інформації (Y):- write («Об'єм інформації в зоні відповідає кількості ОКК в даній групі», ' ', Y).
МП4	розташування_зони:- write («Оберіть розташування_зони: горизонтально (H) або вертикально (V)»), readterm (H), горизонтально (H); readterm (V), вертикально (V).

Для підзадач 3 та 5 необхідно створення підграфа. Розглянемо вирішення підзадачі 3.

Виділити зону на екрані ПК проектувальник може за допомогою типу лінії, кольору фону та яскравості. Для цього необхідно ввести метаправило МП3, що встановлює той факт, що для вирішення даної підзадачі необхідно, в свою чергу, вирішити підзадачу визначення способу виділення зон згідно правила П1:

**спосіб\_ виділення:-**

```
опитування_наявності_умов(зорова_модальність),
% ОНУЗ(3)
вибір_код(форма, тип_лінії);                % Ф1
вибір_умови(колір_фону);                    % Ф2
вибір_вид_алфавіт(яскравість).              % Ф3
```

Згідно з правилом П1, необхідно опитати проектувальника про наявність певних умов при кодуванні інформації зоровою модальністю за правилом ОНУЗ(3), а потім встановити йому, за правилами П2–П4, відповідну номенклатуру можливих способів виділення зон: тип лінії (факт Ф1), колір фону (Ф2) та яскравість (Ф3). Так як користувач має можливість вибрати як один, так і декілька способів виділення зон, вершина, що відповідає правилу

П1 може бути як І так і АБО типу, що позначено на рис.5.4 подвійними дужками.

Розглядаючи факти Ф1, Ф2 та Ф3 у вигляді логічних змінних, побудуємо вирішуюче дерево для способу виділення зон у вигляді таблиці 5.3 (на рис. 5.4 позначена як правило П2).

**Таблиця 5.3.** Вирішуюче дерево для способу виділення зон

Ф1	Ф2	Ф3	Правила
0	0	0	П7.
0	0	1	П8.
0	1	0	П4.
0	1	1	П8, П4.
1	0	0	П3.
1	0	1	П8, П3.
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>П3, П4.</b>
1	1	1	П8, П3, П4.

**Примітка.** Згідно з синтаксисом мови Prolog знак «,» означає кон'юнкцію правил.

В лівій частині таблиці перелічені всі 2<sup>n</sup> наборів значень змінних, а в правій – відповідні їм правила БЗД, що встановлюють оптимальні способи пред'явлення кодів або наступні дії СПІ ЕЗП. Наприклад, якщо вибрано виділення зони типом лінії та яскравістю, то необхідно вирішити підзадачі, представлені правилами П3 та П8. Введені правила та необхідні факти наведені в табл. 5.4.

Оптимальний спосіб пред'явлення коду яскравість встановлює правило П8. Правило П4 рекомендує та фіксує оптимальний колір фону зони – білий (Ф6), сіро-блакитний (Ф7), чорний (Ф8) або інший, обраний проектувальником із стандартного діалогового вікна палітри кольорів, а правила П3 та П5 – для типів лінії, що використовуються в СПІ ЕЗП. Для прикладу наведені дві градації яскравості, три кольори фону та три типа лінії). Оптимальність цих кодів забезпечується завданням оптимальних довжин кодів та дублювання коду тип лінії кольором за правилом П6 у відповідності з яким користувач отримує рекомендації по оптимальному поєднанню кольору лінії та фону.

**Таблиця 5.4.** Факти та правила, що входять у правило П2

Номер правил	Вміст правила
П7	перехід_к_пз4:- розташування_зони. % МП4
П8	яскравість (X):- градація_яскравість ("10:1 фону"); %Ф4 градація_яскравість ("20:1 фону"). %Ф5
П4	колір_фону:- write ("Рекомендується наступний колір фону в порядку переваги: \n", "білий \n", "сіро-блакитний \n", "чорний \n", "інший"), Color = dlg_ChoseColor (color OldColor).
П3	завдання_типу_лінії:- вибір_тип_лінії, %П5 сполучення_колір_фон. % П6
П5	вибір_тип_лінії:- тип_лінії (ps_Solid); %Ф9 безперервна тип_лінії (ps_Dash); %Ф10 пунктирна тип_лінії (ps_DashDot). %Ф11 штрих-пунктирна
П6	сполучення_колір_фон:- write ("Сполучення коду кольору знаків (лінії) і фону в порядку зменшення чіткості сприймання: \n", "синій на білому\n", "чорний на жовтому\n", "зелений на білому\n", "зелений на червоному\n", % вивід рекомендацій "червоний на жовтому\n", "оранжевий на пурпурному\n", "чорний на пурпурному\n", "оранжевий на білому\n", "червоний на зеленому").

Таким чином метаправило МП3 визначає всі можливі проблемні ситуації, що з'являються при вирішенні підзадачі 3, та представляє собою модель дій проектувальників ІМ у цих випадках.

Завдавши формально рішення підзадачі ПДЗ-5 у вигляді метаправила МП5, на рис 5.4 наведено приклад вирішуючого графа задачі «Проектування ІМ», для випадку, коли при вирішенні підзадачі ПДЗ-3 користувач вирішив скористуватися спо-

собами виділення зон, тип лінії і колір фону, що відповідає рішенню для сьомого набору змінних в табл. 5.3.

Розглянемо рішення, останньої підзадачі (ПДЗ-5) кодування об'єктів у зоні, представленої на рис. 5.4 метаправилом МП5. Дана підзадача декомпозується на підзадачу кодування *n*-го об'єкта в зоні (ПДЗ-5.1) і підзадачу просторового розташування моделі *n*-го об'єкта в зоні (ПДЗ-5.2).

Підзадача ПДЗ-5.2 вирішується проектувальником при інтерактивній взаємодії з модулем «Створення об'єктів» СІП ЕЗП. Розв'язок підзадачі ПЗ-5.1 ґрунтується на наступних положеннях:

- з метою зняття перевантаження із зорового аналізатора (або його дублювання в небезпечних ситуаціях) використовується слухова модальність;

- ґрунтуючись на рекомендаціях [22], для підвищення продуктивності виконання операцій з приймання і переробки зорової інформації, необхідно ввести обов'язкову умову дублювання різних видів алфавіту кодуванням кольором.

Тоді, на підставі цих положень, а також з урахуванням параметрів, що забезпечують оптимальне кодування (див. п. 4.2.1), прийнявши зоровий тип модальності основним, стратегія розв'язку підзадачі ПЗ-5.1 описується наступним правилом П10:

кодування_об'єкта:- інформація_компонування,	%П11
інформація_мірність,	%П12
інформація_міра_абстрактності,	%П13
інформація_психофізіологія,	%П14
вибір_виду_алфавіту,	%П15
дублювання_кольором,	%П16
вибір_оптимальних_параметрів_коду,	%П17
кодування_слуховою_модальністю.	%П18

Розглянемо послідовність дій, які обумовлені даним правилом. Відповідно до правил П11–П14, результатом досягнення перших чотирьох підцілей є інформаційна підтримка користувача про: компонентування кодового знака й групи; мірність коду; міри абстрактності коду й урахування психофізіологічних особливостей оператора, одержувана їм з відповідних локальних баз знань СІП

ЕЗП. Правило П15 являє собою вирішальне дерево вибору алфавіту, рекомендованого користувачеві для кодування  $n$ -го об'єкта в зоні. Потім, обрані види алфавіту можуть дублюватися видом алфавіту колір (П16) і проводиться вибір оптимальних параметрів кодів (П17). За правилом П18 перевіряється необхідність у дублюванні зорової модальності слуховою і здійснюється кодування слуховою модальністю (див п. 4.2.3).

### 5.2.2.3 Підсистема «Інтелектуальний інтерфейс»

Розглянемо призначення модулів підсистеми ПФ.

**Модуль опитування** містить правила і функції необхідні для: опитування експерта про конкретні характеристики технологічної системи та її ОКК; умови роботи оператора; ведення діалогу з проектувальником ІМ і інтелектуальної підтримки ергономічного проектування відповідної ІМ. Основні класи цього модуля – Rules и ConfigRules.

**Модуль екранних форм** включає усі екранні форми необхідні для функціонування СП ЕЗП. Основні класи цього модуля: AnswerContent, QuestionContent, ListElemContent, ContourView, MainForm, MainPropertiesWindow, RuleViewer, StartTree и StateLibrary.

**Модуль створення об'єктів** містить процедури і функції необхідні для створення об'єктів ІМ і зв'язків між цими об'єктами. Основні класи цього модуля: BaseObject, Elem, Param, State и Zone.

**Модуль зберігання параметрів** містить дані про об'єкти, що використовуються програмою і методи їх обробки.

Класи цього модуля: ViewSettings, SystemConfig, ProjectConfig, Main, ZoneSettings, ElemProperties, StateProperties, ParamProperties.

### 5.2.3 Огляд основних класів системи. Структура класів

Розглянемо основні класи СП ЕЗП.

Клас «Rules» – містить набір правил, відповідно до яких виконується кодування ІМ. Кожне правило містить виклик інших правил і одну з наступних функцій:

– RuleViewer.StartRule (question, title) – функція класу «RuleViewer», створює вікно із заголовком title і вмістом, визначеним об'єктом класу QuestionContent – question. Функція повертає об'єкт класу AnswerContent;

– InputDouble (question, title) – призначена для введення дійсного числа, створює вікно із заголовком title, текстом question, містить поле для введення і кнопки підтвердження і відміни. У разі введення нечислового значення видає повідомлення про помилку і пропонує повторити введення;

– InputNumber (default, prompt, title) – призначена для введення цілого числа, створює вікно із заголовком title, текстом prompt, містить поле для введення і кнопки підтвердження і відміни. При введенні порожнього рядка або відміні повертає значення default. У разі введення нечислового значення видає повідомлення про помилку і пропонує повторити введення;

– InputNumberEx (default, left, right, prompt, title) – призначена для введення дійсного числа, створює вікно із заголовком title, текстом question, містить поле для введення і кнопки підтвердження і відміни. Здійснює контроль значення (значення повинне знаходитися в діапазоні від left до right), що вводиться, і повертає введене число. При введенні порожнього рядка або відміні повертає значення default. У разі введення нечислового значення або значення, що не належить діапазону (left, right), видає повідомлення про помилку і пропонує повторити введення;

– InputText (default, prompt, title) – призначена для введення рядка, створює вікно із заголовком title, текстом prompt, містить поле для введення і кнопки підтвердження і відміни. При введенні порожнього рядка або відміні повертає значення default.

Загальний вигляд вікон, що створюються за допомогою вищеперелічених функцій, наведено на рис. 5.5.

Клас ConfigRules – містить набір правил, що викликаються при додаванні елементів проекту (зон, елементів, параметрів, станів). Правила, що містяться в класі ConfigRules дозволяють користувачеві задавати імена елементів проекту, а також додаткову інформацію про ці елементи (наприклад, тип стану або тип параметра).

Клас RuleViewer – надає засоби для створення вікон з питаннями трьох типів, визначених в переліку QuestionStyle: YesNo – питання з вибором одного з двох можливих варіантів відповіді (рис. 5.6), OneSelected – питання з вибором одного з множини варіантів відповідей, MultiSelected – питання з вибором багатьох варіантів відповідей (рис. 5.7).

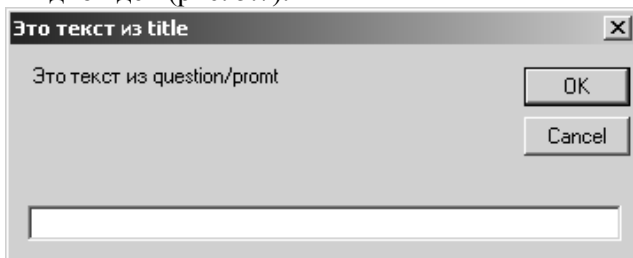


Рисунок 5.5. Загальний вигляд вікон введення

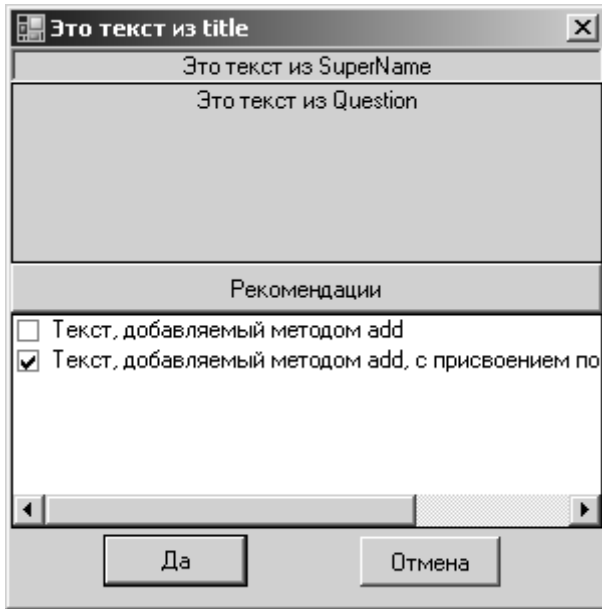


Рисунок 5.6. Вид вікна з питанням типу Yes–No

Клас містить наступні поля:

– answ As AnswerContent – об’єкт класу AnswerContent, що містить відповідь користувача;

- ques As QuestionContent – об’єкт класу QuestionContent, що містить питання;
- titleForm As String – рядок, що відображається в заголовку вікна.



**Рисунок 5.7.** Вид вікна з питанням типу OneSelected і MultiSelected

Клас QuestionContent – призначений для опису зовнішнього вигляду і логічної структури вікна з питанням. Клас містить наступні поля:

QuestionList As Collection – список, що містить варіанти відповідей на питання (кожен варіант відповіді є екземпляром класу ListElemContent);

- Question As String – рядок з питанням;

- QStyle As QuestionStyle – стиль питання: YesNo, OneSelected і MultiSelected;

- OkText As String – містить текст, що відображається на кнопці підтвердження (за замовченням – Да);

- CancelText As String – містить текст, що відображається на кнопці відміни (за замовченням – Отмена);

– `Comment As String` – містить текст рекомендації, що відображається при натисненні на кнопку «Рекомендации», якщо значення `Comment` не задане, то кнопка «Рекомендации» не відображається;

– `SuperName As String` – містить текст, що відображається у верхній частині вікна і вказує на поточний об'єкт.

У класі є єдиний метод – `Add`, який призначений для додавання варіанту відповіді на питання типу `OneSelected` або `MultiSelected`. Значення за умовчанням задаються в конструкторі `New`.

Клас `ListElemContent` – призначений для зберігання одного з варіантів відповіді на питання з класу `QuestionContent` і поля, яке визначає, чи буде відмічений цей варіант за умовчанням.

Клас `AnswerContent` – призначений для зберігання інформації про відповідь користувача і містить наступні поля:

– `AnswList() As Byte` – список вибраних варіантів відповідей для питання типу `MultiSelected` (якщо варіант був вибраний, то відповідний елемент масиву дорівнює 1, інакше – 0);

– `Answ As Boolean` – показує яку кнопку натиснув користувач (кнопку підтвердження – приймає значення `true` чи відміни – приймає значення `false`);

– `OneAnsw As Integer` – варіант відповіді для питання типу `OneSelected`.

Клас `BaseObject` – батьківський клас для усіх об'єктів системи (елементи, параметри, зони, стани). Містить дві функції:

– `GetParent` – отримати батьківський об'єкт;

– `GetName` – отримати ім'я об'єкту.

Клас `ContourView` – містить функції і процедури, що дозволяють користувачеві створювати власні форми.

Розглянемо схему класів проекту ІМ (рис. 5.8).

`ProjectConfig` – клас проектів (користувач може одночасно працювати з різними проектами в різних вікнах).

`Zone` – клас зони ІМ.

`Elem` – клас елементів ІМ.

`State` – клас станів ОКК.

`ViewState` – клас, що сполучає класи `State` і `View`.

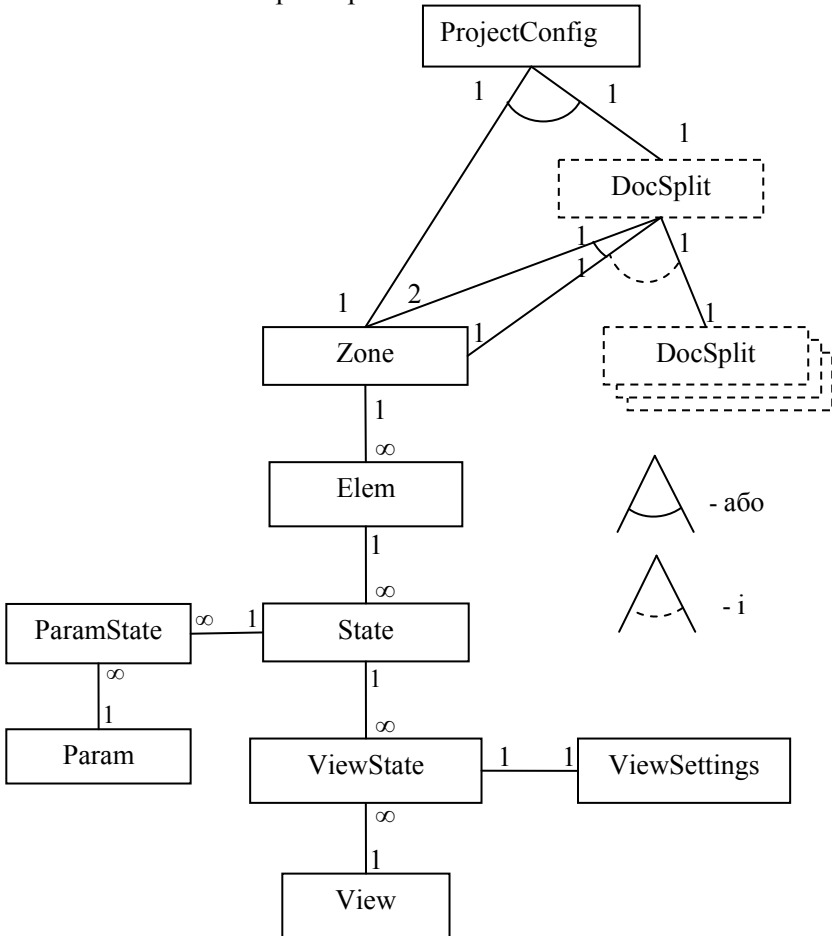
`View` – клас відображень (геометричних фігур, тексту, ліній, зображень і т. д.).

`ViewSettings` – клас параметрів відображення (колір, розмір,

штрихування і т. п.).

ParamState – клас, що сполучає класи Param і State.

Param – клас параметрів.



**Рисунок 5.8.** Схема класів СІП ЕЗП

Кореним класом є клас ProjectConfig. Цей клас може містити в собі або один об'єкт класу Zone, або один об'єкт класу DocSplit (штучно введений клас, що дозволяє створювати в ІМ більше за одну зону). Об'єкт класу DocSplit складається з двох частин, кожна з яких може містити в собі або об'єкт класу Zone,

або ще один об'єкт класу DocSplit. Кожен об'єкт класу Zone може містити в собі об'єкти класу Elem (зона може бути і порожньою). Кожен об'єкт класу Elem містить в собі, як мінімум, один об'єкт класу State (так званий «базовий стан»). Кожен об'єкт класу State містить в собі, як мінімум один об'єкт класу View пов'язаний з цим об'єктом через клас ViewState. Такий взаємозв'язок пояснюється економією оперативної пам'яті і часу, необхідного на обробку дій користувача (переміщення якого-небудь елемента по зоні, його копіювання і т. д.). Таким чином, якщо в двох різних станах елемент відображається за допомогою однієї і тієї ж геометричної фігури зі зміною тільки її кольору, то немає необхідності зберігати в пам'яті два об'єкти класу View. Досить, усього лише, зв'язати вже наявний об'єкт класу View з об'єктом класу State за допомогою використання класу ViewParam.

Основні методи класів:

- Clone – копіювання параметрів об'єкту класу;
- ToStream – збереження параметрів об'єкту класу у файл;
- FromStream – читання параметрів об'єкту класу з файлу.

Приклад схеми класів представлення ІМ наведено на рис 5.9.

Для більшості з вищезгаданих класів існують підкласи з ім'ям <ім'я класу> Properties. Ці класи містять усі параметри батьківських класів, що настроюються (наприклад: колір, товщина лінії), які відображаються у вікні властивостей. Для відображення у вікні властивостей, перед самим параметром в тексті програми, прописуються наступні рядки:

```
<ComponentModel.DisplayName(Тут вказується назва параметра)> _  
<ComponentModel.Description(Тут вказується опис параметра)> _  
<ComponentModel.Browsable(True)> _ 'чи відображати цей параметр у вікні властивостей  
<ComponentModel.Category(Тут вказується категорія параметра)> _.
```

Крім того, існує можливість для вказівки типів об'єктів, для яких ця властивість буде відображатися:

```
<Ergo.DisplayLineAttr()> _ - при додаванні цього рядка перед описом властивості, властивість буде відображатися тільки для об'єктів з відповідним типом.
```

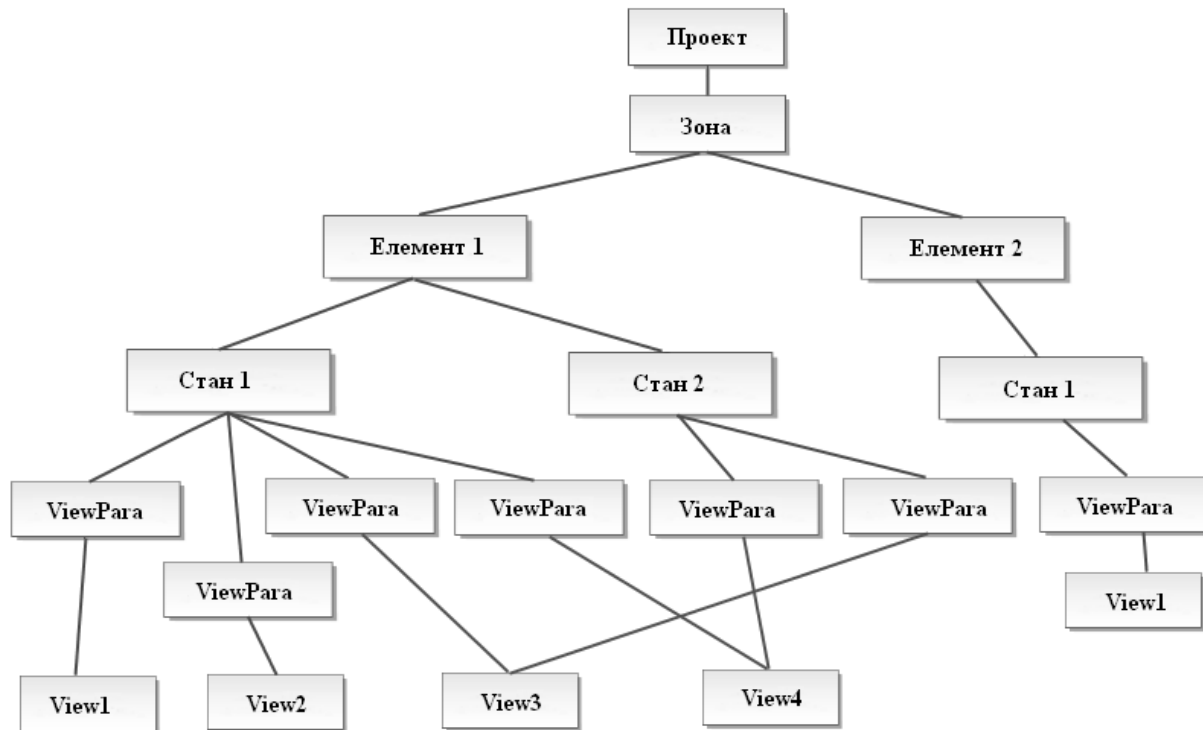


Рисунок 5.9. Приклад представлення інформаційної моделі

## 5.2.4 Приклад реалізації кодування слуховою модальністю

Розглянемо реалізацію кодування слуховою модальністю в СП ЕЗП.

При кодуванні слуховою модальністю потрібне рішення усіх підзадач, що описуються правилом П10, окрім специфічних тільки для зорової модальності (правила П11 і П16). Оскільки результатом дії правил П12–П14 є виведення інформаційних масивів, що містять рекомендації і для слухової модальності, для вирішення поставленого завдання необхідно вирішити тільки підзадачі вибору виду алфавіту і оптимальних параметрів коду.

Рішення підзадачі вибору виду алфавіту визначається правилом П19

```
вибір_алфавіту_слух(X1,X2):-  
    вибір_виду_алфавіту(звукові сигнали), % П20  
    вибір_виду_алфавіту(мовні сигнали). % П21
```

Правила П20 и П21 задають можливі види алфавіту цієї модальності.

Рішення підзадачі вибору оптимальних параметрів коду у вигляді правила П17, покажемо на прикладі виду алфавіту «звукові сигнали», що визначається правилом П20. Номенклатура необхідних параметрів і їх характеристик для цього виду алфавіту визначена в [11] і представлена в табл. 5.5.

У першому стовпці таблиці приведені назви параметрів і їх характеристик, що є підцілями при рішенні задачі кодування слуховою модальністю. У другому і третьому стовпцях приведені сукупності фактів і правил, необхідних для завдання відповідних параметрів і їх характеристик.

Кома, що розділяє факти або правила, означає, що для досягнення відповідних цілей (підцілей), необхідно їх розглядати кон'юнктивно. Підзадача визначення тривалості інтервалу вирішується тільки при встановленні факту введення інтервалу.

**Таблиця 5.5.** Результати аналізу правил для виду алфавіту звукові сигнали

Цілі, підцілі	Факти	Правила
Ц1 Вибір частоти	Ф98, Ф99, Ф102, Ф85	П80 П85 П87 П93 П97
Ц1.1. Зміна частоти	Ф100	П88
Ц2. Вибір тривалості	Ф102, Ф85	П82, П84, П91
Ц2.1 . Зміна тривалості	Ф97	П100, П101
Ц3. Інтервал між сигналами	Ф85, Ф102	П89 П90
Ц3.1. Тривалість інтервалу	Ф85, Ф102, Ф95	П83 П92 П95
Ц4 Рівень звукового тиску	Ф85, Ф102, Ф103, Ф98	П81 П86 П94 П96 П98
Ц4.1. Зміна рівня звукового тиску	Ф101	П99

Усі факти і правила, які були використані в табл. 5.5, з номерами узятими з [11] наведені в табл. 5.6.

**Таблиця 5.6.** Необхідні факти і правила

№ правила	Опис фактів і правил
1	2
П80	ЯКЩО вид алфавіту (слухова, звукові сигнали) (Ф95) ТО частота тональних сигналів 200–5000 Гц.
П81	ЯКЩО вид алфавіту (слухова, звукові сигнали) (Ф95) ТО допустимий рівень звукового тиску сигналів на робочому місці від 30 до 100 дБ.
П82	ЯКЩО вид алфавіту (слухова, звукові сигнали) (Ф95) ТО тривалість окремих сигналів не менше 0,2 с.
П83	ЯКЩО вид алфавіту (слухова, звукові сигнали) (Ф95) ТО інтервали між сигналами не менше 0,2 с.
П84	ЯКЩО вид алфавіту (слухова, звукові сигнали) (Ф95) ТО тривалість звучання інтенсивних звукових сигналів не більша 10 с.
П85	ЯКЩО умова (частота, високочастотний маскуючий шум) (Ф98) ТО частота до 10000Гц, що максимально відрізняється від частоти шуму.
П86	ЯКЩО умова (частота, високочастотний маскуючий шум) (Ф98) ТО допустимий рівень звукового тиску від 110 до 120 дБ І необхідно забезпечити перевищення порогу маскування від 10 до 16 дБ.

Продовження таблиці 5.6.

1	2
П87	ЯКЩО умова (частота, наявність в приміщенні поста управління акустичних екранів) (Ф99) ТО частота тональних сигналів 200 – 1000 Гц.
П88	ЯКЩО умова (частота, зміна частоти) (Ф100) ТО крок зміни не менше 3 % по відношенню до початкової частоти.
П89	ЯКЩО умова (частота, сигнал застережливий) (Ф102) ТО сигнал переривчастий.
П90	ЯКЩО умова (об'єкт, сигнал аварійний) (Ф85) ТО сигнал має бути переривчастим.
П91	ЯКЩО умова (частота, сигнал застережливий) (Ф102) АБО умова (об'єкт, сигнал аварійний) ТО тривалість сигналу 1–3с.
П92	ЯКЩО умова (частота, сигнал застережливий) (Ф102) ТО тривалість інтервалів між сигналами 1–3 с.
П93	ЯКЩО умова (частота, сигнал застережливий) (Ф102) ТО частота сигналів 200–600 Гц.
П94	ЯКЩО умова (частота, сигнал застережливий) (Ф102) ТО рівень звукового тиску не вищий 80–90 дБ.
П95	ЯКЩО умова (об'єкт, сигнал аварійний) (Ф85) ТО тривалість інтервалів 0,2–0,8 с.
П96	ЯКЩО умова (об'єкт, сигнал аварійний) (Ф85) ТО рівень звукового тиску не вищий 100 дБ.
П97	ЯКЩО умова (об'єкт, сигнал аварійний) (Ф85) ТО частота сигналів 800–2000 Гц.
П98	ЯКЩО умова (тип, сигнал повідомляючий) (Ф103) ТО рівень звукового тиску не вищий 95 дБ.
П99	ЯКЩО умова (тиск, зміна звукового тиску) (Ф101) ТО крок зміни не менше 3 дБ.
П100	ЯКЩО умова (звук, зміна тривалості) (Ф97) ТО крок зміни має бути не менше 25 % по відношенню до початкової тривалості.
П101	ЯКЩО умова (звук, зміна тривалості) (Ф97) ТО найточніше розпізнаються градації частоти і числа перерв.

Вирішальне дерево для досягнення цілі Ц1 наведено у вигляді табл. 5.7.

**Таблиця 5.7.** Вирішальне дерево для визначення частоти сигналів

№ п/п	Ф98	Ф99	Ф102	Ф85	Використовуване правило
1	0	0	0	0	П80
2	0	0	0	1	П97
3	0	0	1	0	П93
4	0	0	1	1	П22
5	0	1	0	0	П87
6	0	1	0	1	П23
7	0	1	1	0	П93
8	0	1	1	1	П22
9	1	0	0	0	П85
10	1	0	0	1	П97
11	1	0	1	0	П93
12	1	0	1	1	П22
13	1	1	0	0	П87
14	1	1	0	1	П23
15	1	1	1	0	П93
16	1	1	1	1	П22

Оскільки значення змінних Ф98, Ф99, Ф102 і Ф85, що відповідають певному стану ОКК, вводяться користувачем, то у разі задання їм одночасного знаходження ОКК у декількох станах (цьому відповідають набори 4, 8, 12 і 16), йому виводиться повідомлення виду «Помилка введення», визначене правилом П22. Правило П23 встановлює той факт, що при наборах 6 і 14 частоту слід вибирати в діапазоні 800–1000 Гц. Це правило отримане в результаті аналізу значень діапазонів частот, що задаються правилами П85, П87 и П97 умовні частини яких відповідають цим наборам.

Для досягнення підцілей Ц1.1, Ц2.1 і Ц4.1, на підставі даних табл. 5.5, побудова вирішальних дерев не потрібна, оскільки ці підзадачі вирішуються тривіально. В [11] отримані вирішальні дерева для усіх цілей, що залишилися, і підцілей, які в цьому навчальному посібнику не розглядаються.

На підставі вищевикладеного, можна побудувати вирішальне дерево, для розробленого правила П19, тобто рішення задачі кодування  $n$ -го об'єкту слуховим типом модальності.

В СІП ЕЗП реалізовані обидва, можливі при кодуванні слухом, виду алфавіту, розглянуті в п. 4.2.3: кодування мовними сигналами і кодування звуком. Для реалізації першого виду алфавіту використано програмування \*.wav – файлів. При побудові алфавіту звукових сигналів реалізована можливість задавати наступні параметри генерації (частота, зміна частоти, гучність, зміна рівня гучності, тривалість звучання сигналу, зміна тривалості звучання сигналу, тривалість інтервалу між сигналами). Обидва методи використовують функцію

*My.Computer.Audio.Play(sndStream,  
AudioPlayMode.Background),*

де *sndStream* – звуковий потік; *AudioPlayMode.Background* – метод відтворення (фоновий).

У разі відтворення файлу, в якості звукового потоку вказується wav-файл. При генерації звукового сигналу потік створюється функцією

*Public Function CreateWaveStream(ByVal frequency As Integer, ByVal duration As Integer, ByVal volume As Byte, ByVal wf As WaveFormat) As System.IO.Stream,*

де *frequency* – частота звуку; *duration* – тривалість; *volume* – гучність звуку; *wf* – формат звукового потоку (фіксується в заголовку).

Дана функція створює звуковий потік за допомогою функції:

$$b = 127 + volume * Math.Sin(i * t / wf.SamplesPerSecond),$$

де  $i$  – поточний елемент дискретизації (загальна кількість дискретів пропорційна тривалості (*duration*));  $t$  – період синусоїди; *wf.SamplesPerSecond* – кількість дискретів в секунді.

### 5.2.5 Приклад автоматизації проектування інформаційної моделі

Інтелектуальну підтримку процесу ергономічного проектування ІМ розглянемо на прикладі роботи проектувальника з

СІП ЕЗП (програмою «ЕргоПРИМ»). Нехай його завданням є побудова ІМ для машиніста поїзда. Розглянемо один з варіантів сучасної АС керування поїздом. Систему такого класу можна розглядати як систему підтримки прийняття рішень машиніста, тобто систему, яка буде аналізувати ситуацію ззовні засобу пересування, прогнозувати можливі дії в конкретній ситуації, контролювати адекватність поведінки машиніста, аналізувати відповідність керуючих впливів реальній ситуації, спостерігати за фізичним та психологічним станом людини з метою виключення аварій, які можуть статися через недбале поводження, неухважність, недосвідченість або її поганого самопочуття.

Автоматизована система керування поїздом базується на аналізі відеопотоків, що одержуються від відеокамер, встановлених зовні і всередині кабіни локомотива. Основна камера (орієнтована фронтально) забезпечує систему даними для розпізнавання всіх значимих об'єктів, що перебувають у фронтальному полі зору машиніста (попереду поїзда). Основне її призначення - розпізнавання рейок, їх можливого повороту і ухилу (вгору або вниз від горизонту). Також за допомогою цієї камери, з використанням БЗД системи, відбувається детектування поточної погоди і різних об'єктів зовнішньої сцени, таких як: мости, тунелі, станції і перони. Дві інші камери знаходяться всередині кабіни локомотива і орієнтовані на машиніста. Вони призначені для визначення його дій, детектування всіх його переміщень, розпізнавання дій його рук, контролю панелі приладів. Одна з основних функцій такої системи – визначення рівня адекватності дій машиніста: контроль за його головою, за її поворотами, нахилом, і за частотою моргання очей.

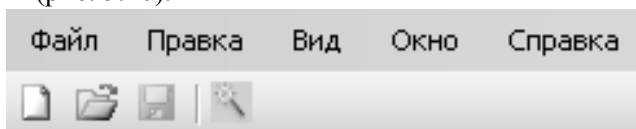
На підставі вищевикладеного сформулюємо вимоги до ІМ, що проектується.

**Постановка задачі.** Розробити ІМ машиніста поїзда, що дозволяє:

1. Виводити інформацію про стани поїзда: не рухається, рухається.
2. Напрямок руху: поворот вліво, вправо, вперед, назад.

3. Ухил: спуск або підйом (до 30°).
4. Виводити інформацію про швидкість поїзда: від 0 до 200 км/ч.
5. Виводити розраховану інформацію про адекватність поведінки машиніста: від 0 до 100 %. Якщо адекватність машиніста падає нижче 40 % (наприклад голова його нерухома, а підборіддя опущене протягом деякого критичного часу), повинен генеруватися сигнал тривоги.
6. Виводити інформацію про стани погоди: сніг, дощ, ясно.
7. Час доби: день, ніч.
8. Видимість: висока, низька.
9. Відобразити наступну якісну інформацію: гальмування (так, ні), зв'язок (включений або вимкнений).
10. Виводити інформацію про наявність (відсутність) наступних об'єктів зовнішньої сцени: міст, тунель, станція.

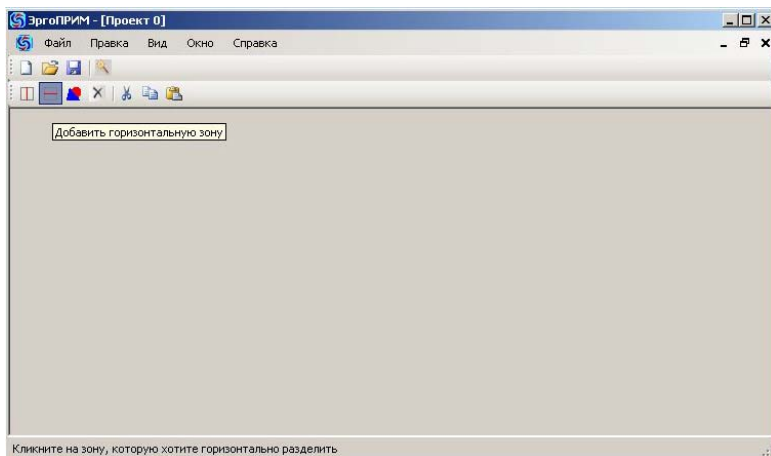
**Рішення за допомогою системи ЕргоПРИМ.** Після запуску системи ЕргоПРИМ на екрані з'являється головне меню даної програми (рис. 5.10).



**Рисунок 5.10.** Головне меню системи

Для створення нового проекту ІМ вибираємо підпункт меню Файл→Новый і розгортаємо робочу область проекту, що з'явилася на все вікно.

За результатами аналізу вихідних даних, було прийнято рішення структурно виділити в ІМ, що проектується чотири області (зони). Для поділення ІМ на зони виберемо на панелі інструментів («Редактирование») пункт «Добавить горизонтальную зону» (рис. 5.11). Потім необхідно клікнути лівою кнопкою миші в тому місці робочої області, де слід утворити нову зону (відокремити потрібну частину робочої зони).



**Рисунок 5.11.** Вибір дії «Добавить горизонтальную зону»

Далі з тієї ж панелі інструментів вибираємо пункт «Добавить вертикальную зону» і виконуємо горизонтальне розділення більшої за площею зони, отриманої після попереднього розбиття робочої області на частини. Знову вибираємо пункт «Добавить горизонтальную зону» і поділяємо отриману зону на дві. На цьому, розділення ІМ на зони закінчено (рис. 5.12).

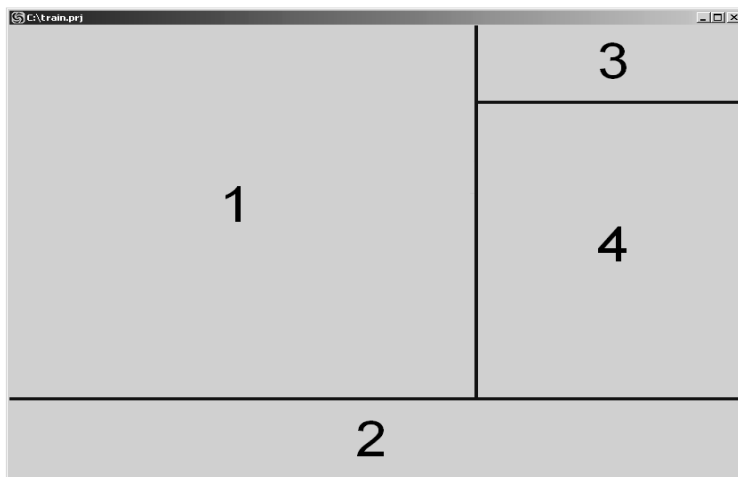
Зона №1 призначена для розміщення інформації пунктів 1–3, 6, 7, 10 (див. постановку задачі).

Зона №2 призначена для розміщення інформації пункту 9 і сигналу тривоги.

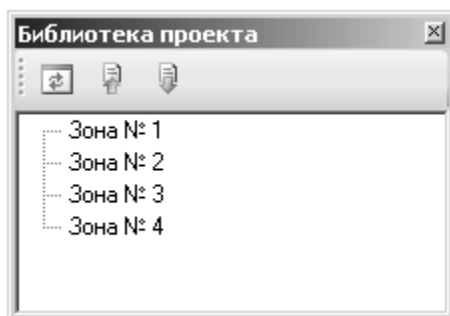
Зона №3 призначена для розміщення інформації пункту 8.

Зона №4 призначена для розміщення інформації про швидкість руху та адекватність поведінки машиніста.

Створимо дерево проекту, що містить опис об'єктів у кожній зоні (стан, параметри, одиниці виміру і т.д.). Відкриємо бібліотеку проекту Вид→Бібліотека шляхом натискання на відповідну кнопку на панелі інструментів. У бібліотеці проекту вже описані зони на які була розділена ІМ (рис. 5.13).

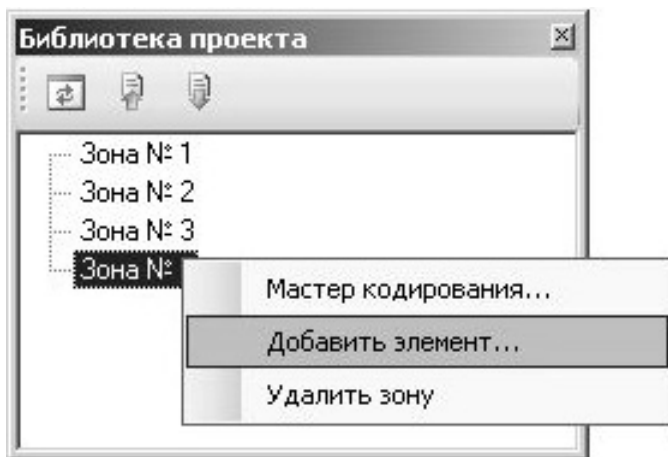


**Рисунок 5.12.** Результат розбиття ІМ на зони



**Рисунок 5.13.** Початкова бібліотека проекту

Задамо набір об'єктів для кожної зони у відповідності з прийнятими раніше рішеннями. Як приклад розглянемо створення об'єкта «Скорость» в зоні №4. По правому кліку миші на зоні №4, вибираємо пункт «Добавить элемент...» (рис. 5.14). Відкривається наступне вікно (рис. 5.15). Вводимо в ньому найменування об'єкта «Скорость». В результаті цих дій, в зону №4 буде доданий відповідний об'єкт, з характеристиками по замовчанню «Параметры» і «Состояния» (рис. 5.16).



**Рисунок 5.14.** Додавання нового об'єкта в зону №4



**Рисунок 5.15.** Введення імені нового об'єкта в зоні №4

Для введення значень швидкості поїзда заходимо в меню Библиотека проекта→Скорость→Параметры і робимо клік правою кнопкою миші. Вибираємо пункт «Добавить параметры» (рис. 5.17). У новому вікні натискаємо на кнопку «Количественный» (рис. 5.18), і вводимо найменування параметра – «Значение скорости» (рис. 5.19).

Далі змінимо назву початкового стану з «Базовое состояние» на «Поезд не движется». Для цього робимо клік правою кнопкою миші на «Базовое состояние» і в формі, що відкрилася обираємо пункт «Изменить свойства состояния». У вікні, що

з'явилося вводимо нове ім'я стану «Поезд не движется» (рис. 5.20). При натисканні кнопки «ОК», відкривається нове вікно (рис. 5.21). Вказуємо тип стану – «Нерабочее» і натискаємо кнопку «Да».

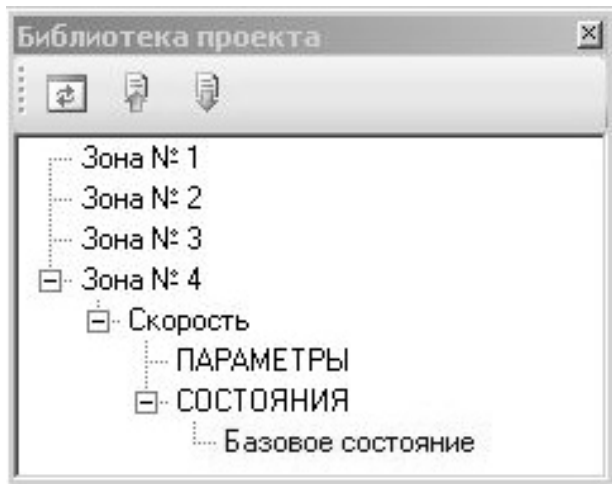


Рисунок 5.16. Результат додавання об'єкта «Скорость» в зону №4

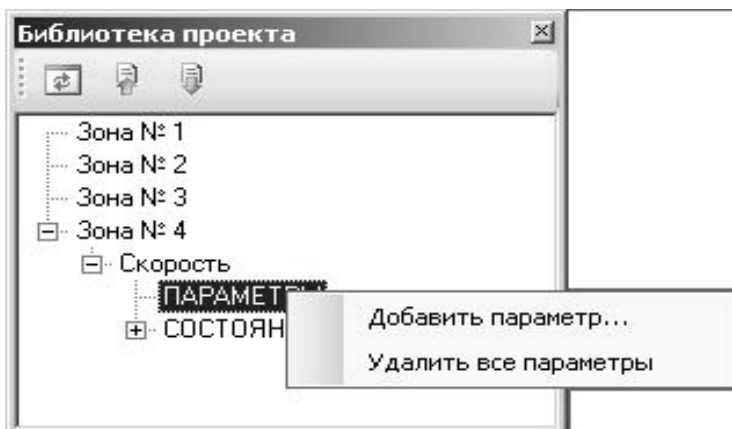


Рисунок 5.17. Вибір дії «Добавить параметры»

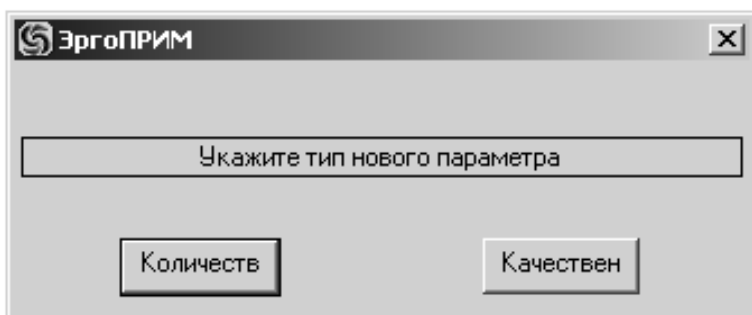


Рисунок 5.18. Завдання типу параметра

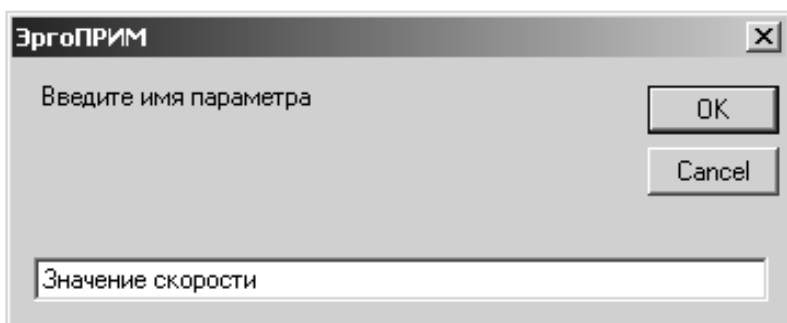
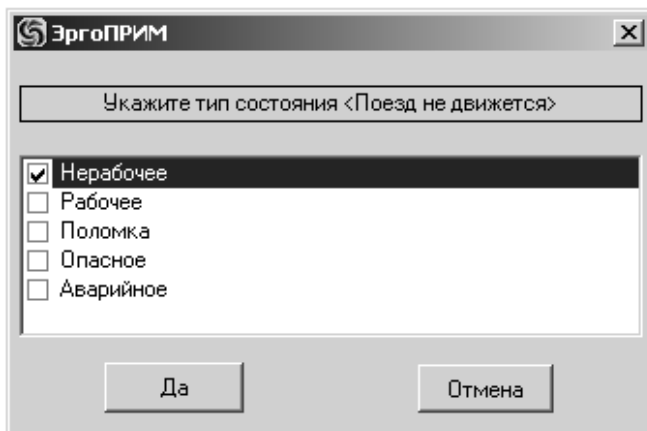


Рисунок 5.19. Введення найменування параметра

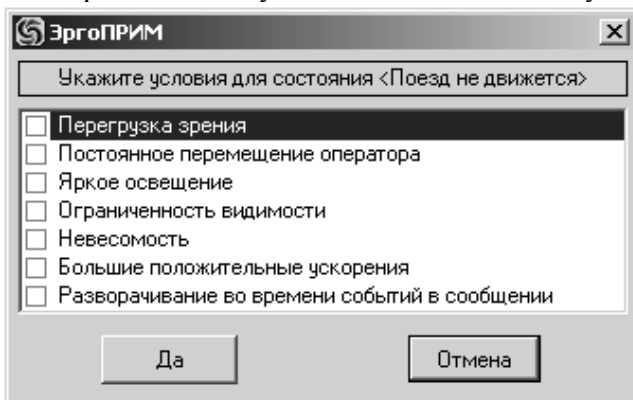


Рисунок 5.20. Введення найменування стану



**Рисунок 5.21.** Вибір типу стану

У новому вікні вибору умов для стану «Поезд не движется» (рис. 5.22) здійснюємо вибір умов для машиніста. У даному випадку не вибираємо жодної умови і натискаємо кнопку «Отмена».

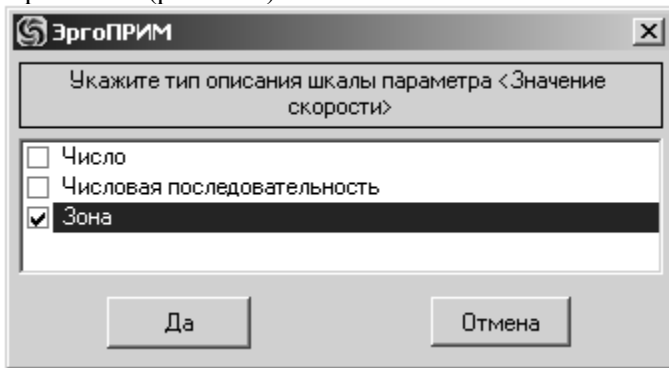


**Рисунок 5.22.** Вибір умов роботи машиніста для стану «Поезд не движется»

Далі створюємо стан «Поезд движется». Натискаємо на Библиотека проекта → Скорость → Состояния правою кнопкою миші і обираємо пункт «Добавить состояние». У вікні, що з'явилося вводимо назву «Поезд движется» (аналогічно рис.5.20).

Натискаємо кнопку «ОК» і у вікні указання типу стану (рис. 5.21), обираємо тип «Рабочее». Так як умови роботи машиніста не змінилися, у формі вибору умов для стану (рис. 5.22) не обираємо жодної умови.

Задамо параметри, якими описується стан «Поезд движется». Для цього, натискаємо правою кнопкою миші на Библиотека проекта→Скорость→Состояния→Поезд движется і вибираємо пункт «Добавить параметр к состоянию». З'являється список всіх доступних параметрів. У даному випадку список має лише один параметр – «Значение скорости». Вибираємо цей параметр і натискаємо кнопку «Да». У новому вікні вказуємо тип опису шкали параметра – Зона (рис. 5.23).



**Рисунок 5.23.** Вибір типу опису шкали параметра

Натискаємо кнопку «Да». У вікні, що з'явилася вказуємо пункт От\_\_До\_\_ (рис. 5.24) і натискаємо кнопку «Да». У вікні, що з'явилося вводим нижню границю швидкості – 0, а потім верхню – 200 (рис. 5.25). Натискаємо кнопку «ОК». Шкалу швидкості створено (рис. 5.26).

Тепер необхідно її відредагувати. Для цього заходимо в меню Библиотека проекта → Скорость → Состояния → Поезд движется → Значение скорости і обираємо пункт «Редактировать параметр». У вікні властивостей параметра «Значение скорости», змінимо колір верхнього значення шкали «200» на червоний. Для цього змінюємо значення властивості «Цвет заливки» на Red (рис. 5.27).

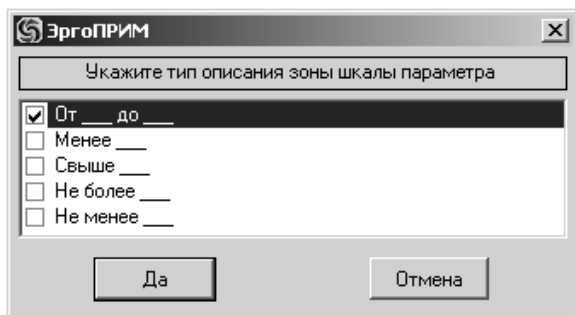


Рисунок 5.24. Вибір типу опису шкали параметра

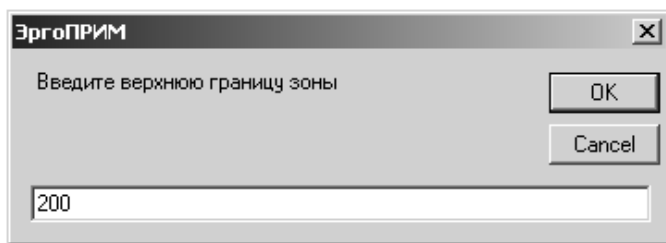


Рисунок 5.25. Введення значення верхньої границі зони

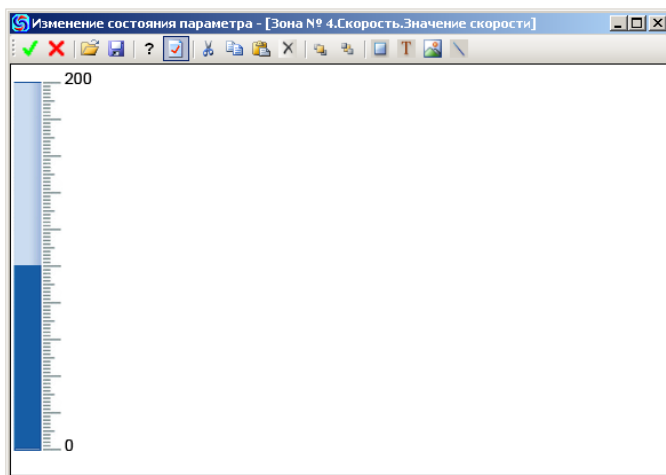


Рисунок 5.26. Шкала параметра «Значение скорости»

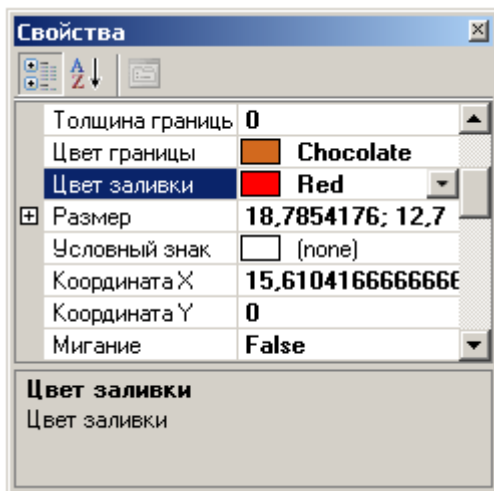


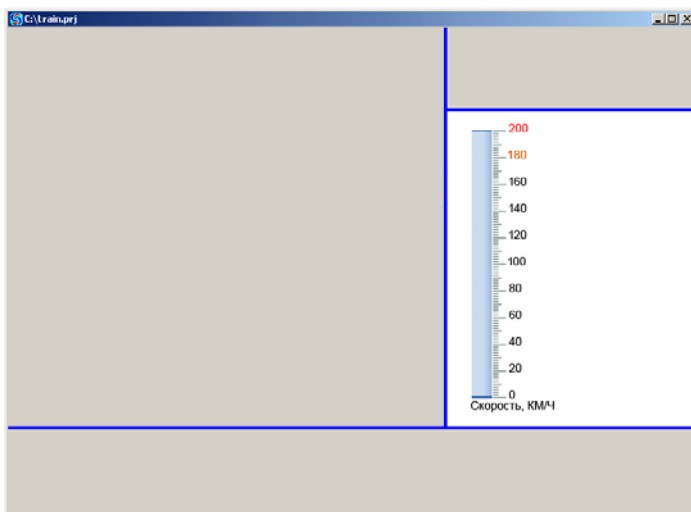
Рисунок 5.27. Приклад зміни властивості «Цвет заливки»

Далі додамо напис «Скорость КМ/Ч» і цифри для інших відміток шкали. Для цього знову заходимо в меню Библиотека проекта → Скорость → Состояния → Поезд движется → Значение скорости і обираємо пункт «Редактировать параметр». У вікні редактора, що реалізує буквено-цифровий спосіб кодування в ІМ, натискаємо кнопку «Добавить текст», вибираємо шрифт, його параметри, вводимо текст у вікні і натискаємо кнопку «Применить» (рис. 5.28).



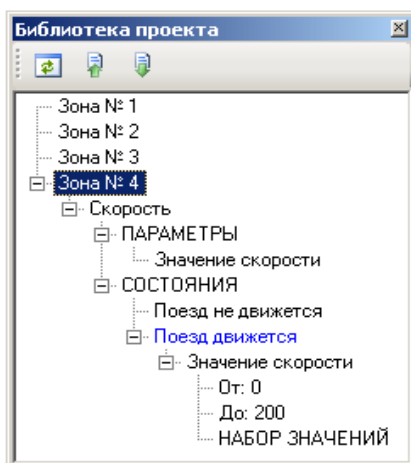
Рисунок 5.28. Приклад буквено-цифрового кодування

В результаті отримаємо відредаговану і готову до застосування в зоні № 4 ІМ шкалу (рис. 5.29).



**Рисунок 5.29.** Результат проектування шкали параметра «Значение скорости»

Дерево проекту, що відповідає прийнятим вище проектним рішенням наведено на рис. 5.30.



**Рисунок 5.30.** Фрагмент дерева проекту для зоны №4

Далі, як приклад, розглянемо кодування сигналу тривоги звуком і частотою миготіння. Для цього, створимо об'єкт «Тривога» та його стан «Да» в зоні №2 ІМ (рис. 5.31).

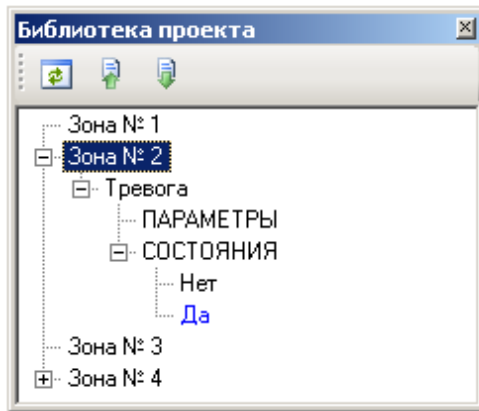


Рисунок 5.31. Фрагмент дерева проекта для зоны №2

Для кодування стану «Да», обираємо його в дереві проекту і натискаємо на ньому правою кнопкою миші для виклику «Мастера кодирования». Система пропонує закодувати стан об'єкта видами алфавіту (рис. 5.32), відповідно до правил, наведених в табл. 4.1.

Вибраємо види алфавіту: «Абстрактные геометрические фигуры», «Звук», «Буквенно-цифровой» і «Частота мельканий». Натискаємо кнопку «Да» і у вікні для алфавіту «Абстрактные геометрические фигуры» виберемо пункт «Добавить» для виконання кодування стану об'єкта «Тревога». Натискаємо кнопку «Да» і з пред'явленого списку видів алфавіту (рис. 5.33) обираємо «Условные знаки». Потім, у вікні вибору каталогу, вибираємо файл, що містить зображення умовного знаку для сигналу тривоги і натискаємо кнопку «Открыть». Кодування формою завершено.

Далі, у відповідності з раніше прийнятим рішенням, «Мастер кодирования» системи ініціалізує вікно буквено-цифрового кодування (рис. 5.34). Після вибору пункту «Добавить» відкриється вікно редактора, що реалізує буквено-цифровий спосіб кодування (рис. 5.28). У його вікні введемо текст «Тревога» в обра-

ному форматі і натискаємо кнопку «Применить». Етап буквено-цифрового кодування закінчено.

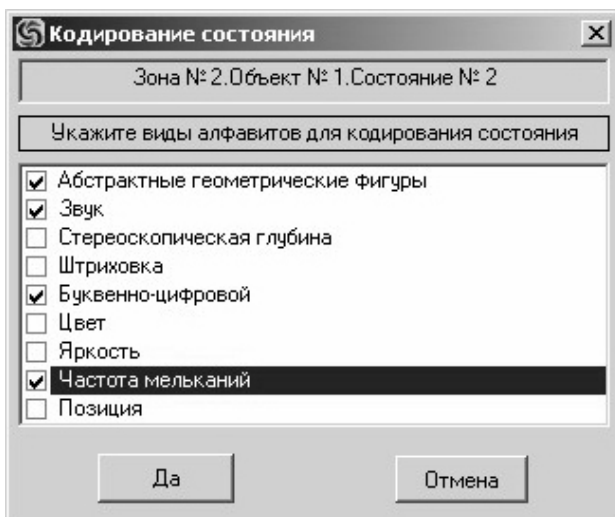


Рисунок 5.32. Вибір алфавіту для кодування стану

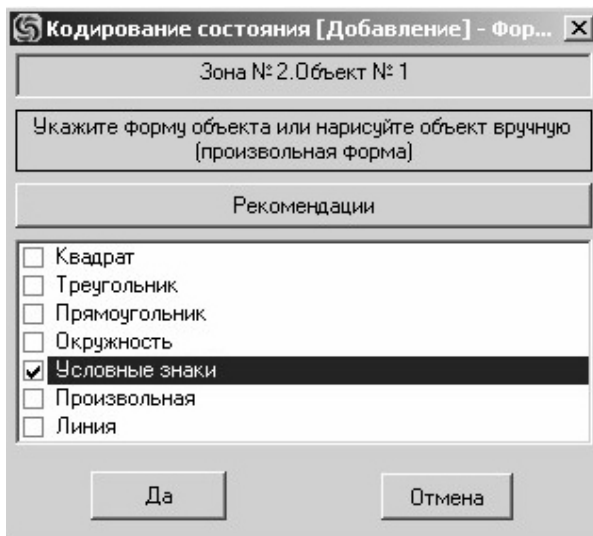
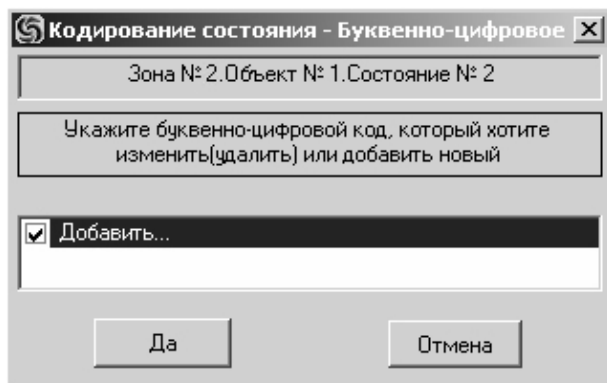
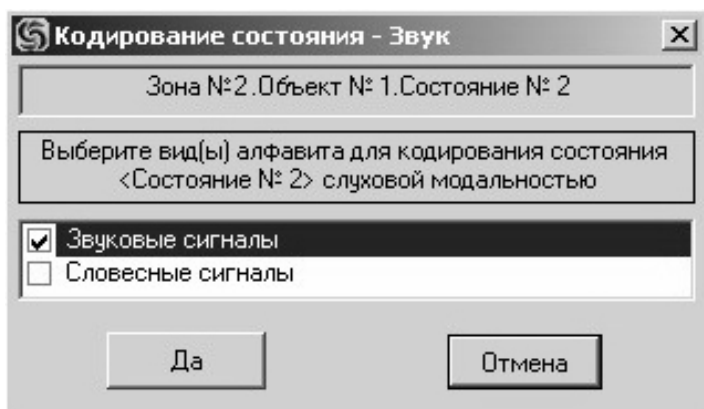


Рисунок 5.33. Вибір виду алфавіту «Условные знаки»



**Рисунок 5.34.** Приклад початку кодування буквенно-цифровим алфавітом

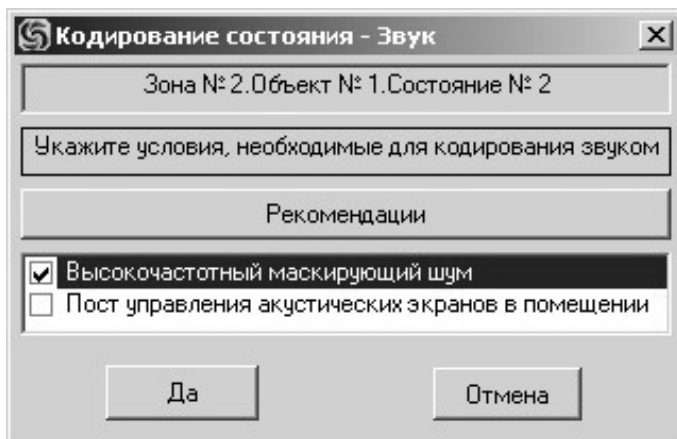
Далі, у відповідності з прийнятим рішенням, «Мастер кодування» системи ініціалізує вікно для кодування слуховою модальністю (рис. 5.35).



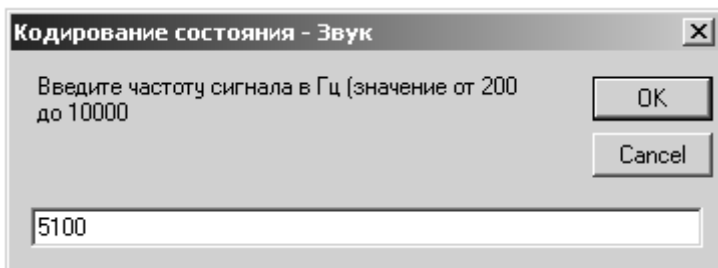
**Рисунок 5.35.** Кодування слуховою модальністю

Обираємо кодування алфавітом «Звуковые сигналы». Після натискання на кнопку «Да» виводиться вікно опитування умов, необхідних для вибору відповідних правил кодування зву-

ком (рис. 5.36). Враховуючи реальні умови роботи машиніста поїзда, вибираємо наявність «Высокочастотного маскирующего шума». Натискаємо кнопку «Да» і вводимо значення частоти сигналу тривоги (5100 Гц) у вікні з рекомендаціями (рис. 5.37).



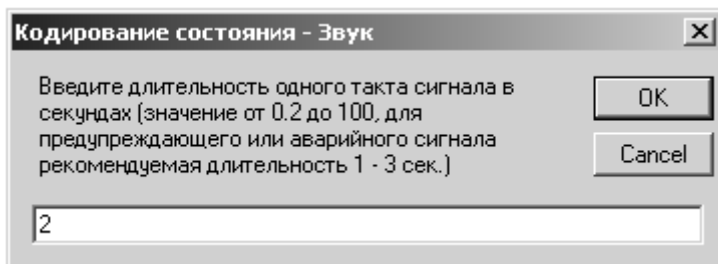
**Рисунок 5.36.** Опитування умов, необхідних для кодування звуковими сигналами



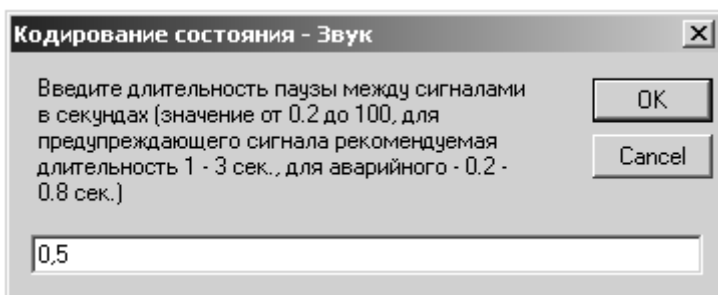
**Рисунок 5.37.** Вибір частоти сигналу тривоги

Після натискання на кнопку «ОК», з'являється вікно вибору типу сигналу – «Прерывистый» або «Непрерывный». Обираємо переривчастий тип сигналу і в наступному вікні вибираємо тривалість такту сигналу 2 секунди (рис. 5.38). Далі вводимо три-

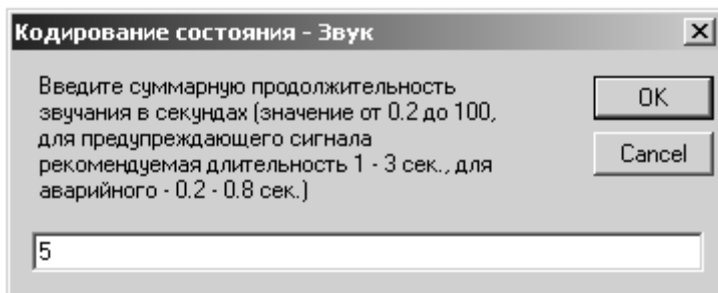
валість паузи між сигналами 0,5 секунди (рис. 5.39) і сумарну тривалість сигналу 5 секунд (рис. 5.40). Натискаємо кнопку «ОК». Етап кодування звуковими сигналами закінчено.



**Рисунок 5.38.** Задання такту сигналу тривоги



**Рисунок 5.39.** Задання паузи між сигналами тривоги



**Рисунок 5.40.** Задання тривалості звучання сигналу тривоги

Далі, у відповідності з раніше прийнятим рішенням, «Мастер кодирования» системи ініціалізує вікно для кодування частотою миготіння (рис. 5.41), яке містить список фігур, уже введених в проект ІМ. Обираємо зі списку зображення умовного знака, який був введений для кодування стану об'єкта «Тревога».

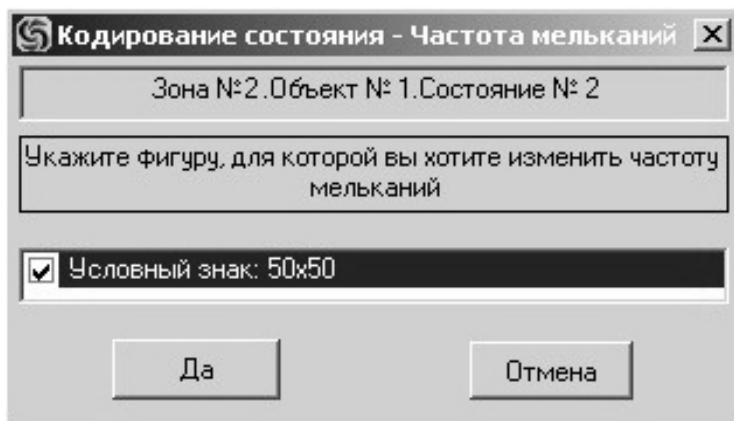


Рисунок 5.41. Вибір умовного знака

Натискаємо кнопку «Да». У вікні, рекомендацій вводимо вибрану частоту миготіння умовного знаку – 120 разів на хвилину (рис. 5.42).

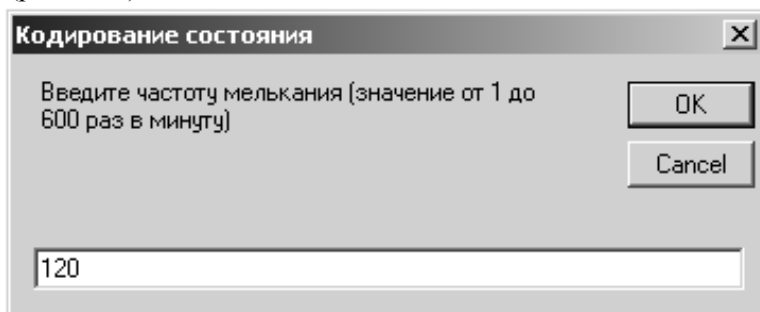
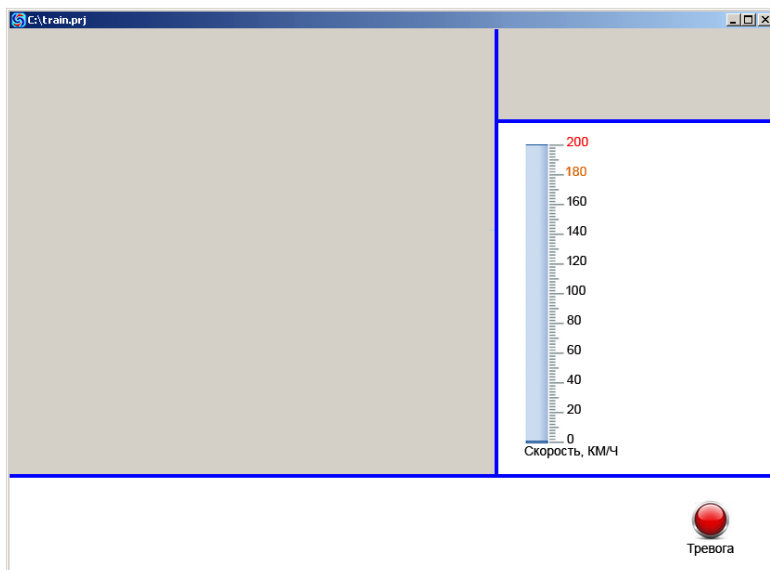


Рисунок 5.42. Завдання частоти миготіння

Натискаємо кнопку «ОК». Сигнал тривоги в зоні №2 створено (рис. 5.43) – це кнопка червоного кольору, що миготить з частотою 2 Гц і має напис «Тревога». Решта об'єктів ІМ створюється аналогічно.

На рис. 5.44 наведено приклад остаточного проекту ІМ для ситуації: потяг не рухається і знаходиться на станції; погода – сніг; час доби – день; ухил – 0°; видимість – висока; адекватність машиніста – 80 %; гальмування немає; зв'язок відключений; сигналу тривоги немає.



**Рисунок 5.43.** Реалізація сигналу «Тревога»

На рис. 5.45 наведено приклад остаточного проекту ІМ для ситуації: потяг рухається вперед на підйом 13° зі швидкістю 100 км/год і повертає праворуч; погода – дощ; час доби – ніч; видимість – низька; адекватність машиніста – 20 %; гальмування немає; зв'язок включений; сигнал тривоги включений.

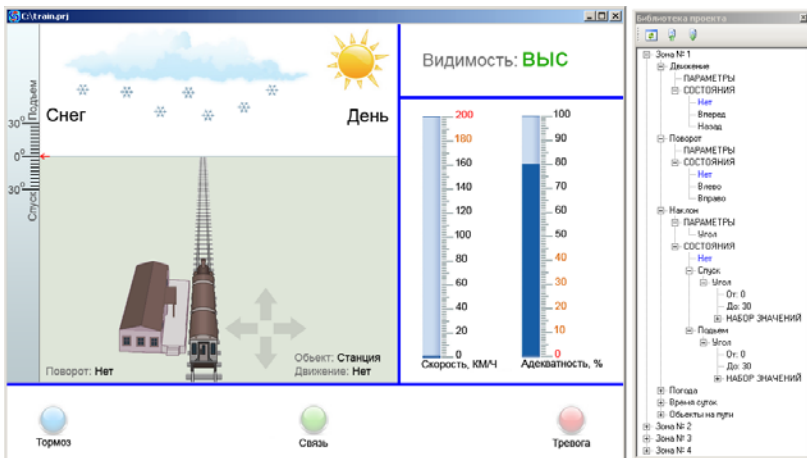


Рисунок 5.44. Приклад інформаційної моделі №1

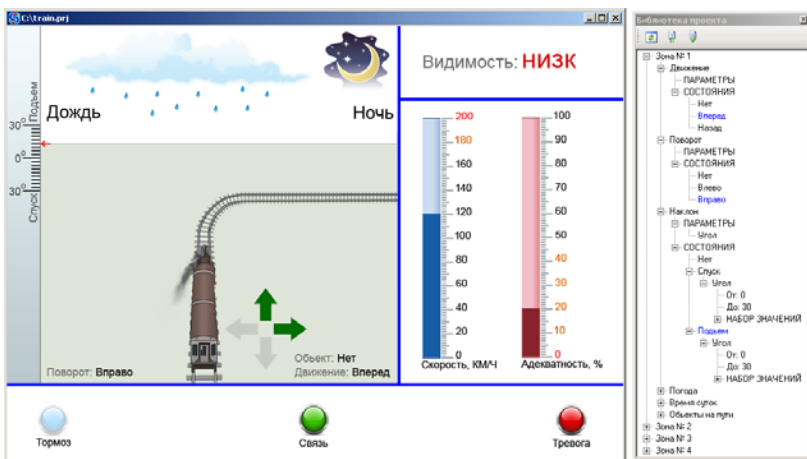


Рисунок 5.45. Приклад інформаційної моделі №2

### 5.3 Практичні завдання

*Завдання 1.* Обрати будь-якого спеціаліста та виконати системний аналіз його діяльності. Визначити список інтелектуальних процедур і функцій для обраного виду діяльності.

Наприклад, можна обрати діяльність таких спеціалістів:

1. Кухар-кондитер.
2. Менеджер з продажу комп'ютерної техніки.
3. Секретар деканату.
4. Менеджер з туризму.
5. Лікар терапевт.
6. Дизайнер web-сайтів.
7. Стилист.

*Завдання 2.* Побудувати вирішуюче дерево у вигляді І/АБО графа для наступних задач:

1. Проектування формуляра.
2. Розробка шкали стрілкового прибора.
3. Розробка буквено-цифрового алфавіта.
4. Розробка алфавіту умовні знаки.
5. Розробка web-сайта.
6. Проектування мнемосхем.
7. Вибір виду алфавіту.

*Завдання 3.* Написати реферат на одну з таких тем:

1. Інтелектуальні інформаційні системи.
2. Порівняльний аналіз експертних систем і систем підтримки рішень.
3. Динамічні експертні системи.
4. Порівняльний аналіз моделей подання знань та особливості їхнього застосування.
5. Методи логічного виведення.
6. Методи придбання нових знань в експертних системах.
7. Застосування методів штучного інтелекту в SCADA-системах.

*Завдання 4.* На алгоритмічній мові програмування високого рівня (наприклад, C#, Pascal) створити програму, що реалізує наступні види графічних моделей – графік, діаграма, креслення, блок-схема.

*Завдання 5.* Розробити програму на мові Prolog, що реалізує вирішуючі дерева із завдання 2, та графічно зображує їх у вигляді дерева.

*Завдання 6.* За допомогою програмного комплексу СІП ЕЗП розробити проєкт ІМ для диспетчера залізничного вузла (див. п. 4.6 *Завдання 1*). Модель додатково повинна надавати інформацію про час та дату прибуття локомотивів.

## **5.4 Контрольні запитання**

1. Які класи інтелектуальних систем задовольняють вимогам забезпечення інтелектуальної підтримки діяльності проєктувальника інформаційних моделей?

2. Чим відрізняються експертні системи від систем інтелектуальної підтримки?

3. Які основні вимоги до систем інтелектуальної підтримки процесу проєктування?

4. Які складові частини системного аналізу діяльності проєктувальника?

5. Що таке компонентно-системна модель?

6. Що таке компонентно-елементна модель?

7. Що таке компонентно-функціональна модель?

8. Види морфологічних моделей.

9. У яких випадках використовують еволюційні структури?

10. Яку інформацію отримує дослідник після проведення системного аналізу?

11. Назвіть основні складові частини системи інтелектуальної підтримки ергономічного проєктування інформаційних моделей.

12. Які види знань містить база знань та даних системи інтелектуальної підтримки ергономічного проєктування інформаційних моделей?

13. Назвіть склад локальних баз підсистеми «База знань та даних».

14. Які особливості має підсистема «Вирішувач»?
15. Що таке I/АБО графи?
16. На які підзадачі декомпозується задача «Проектування ІМ»?
17. Як вирішується підзадача «Виділення зони на екрані»?
18. Наведіть приклад продукційного правила.
19. Як вирішується підзадача «Кодування об'єктів в зоні»?
20. Назвіть склад модулів підсистеми «Інтелектуальний інтерфейс» СІП ЕЗП «ЕргоПРИМ».
21. Яке призначення класу Rules СІП ЕЗП «ЕргоПРИМ»?
22. Яке призначення класу RuleViewer СІП ЕЗП «ЕргоПРИМ»?
23. Який клас є батьківським класом для усіх об'єктів системи СІП ЕЗП «ЕргоПРИМ»?
24. Які класи створюють схему проекту інформаційної моделі СІП ЕЗП «ЕргоПРИМ»?
25. Які підзадачі треба вирішити при кодуванні слуховою модальністю?
26. Назвіть номенклатуру параметрів та їх характеристик для виду алфавіта звукові сигнали.
27. Які функції необхідно використовувати для програмної реалізації кодування звуком та мовними сигналами?

*Можна створити літак з будь-якими технічними характеристиками, які тільки побажає Міністерство військово-повітряних сил, якщо при цьому не вимагається, щоб він міг літати.*

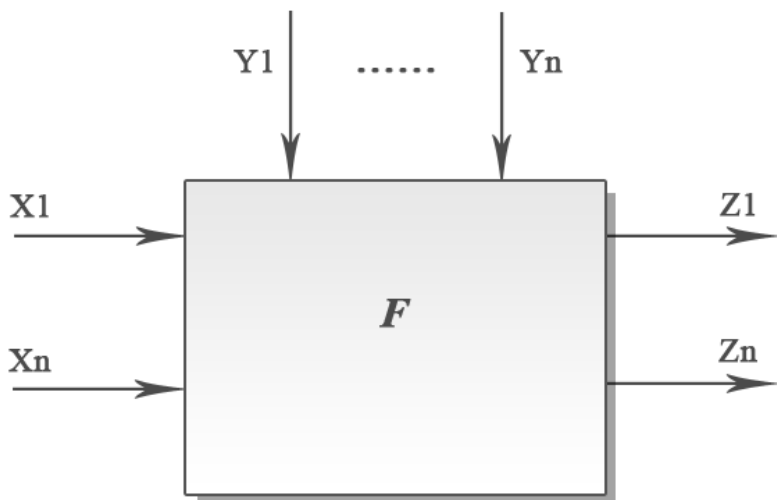
*Віллі Мессершмідт*

## **6 ЕРГОНОМІЧНА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОГО ТА ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

### **6.1 Аналіз ергономічних вимог до виробів виробничо-технічного та побутового призначення**

Будь-який виріб виробничо-технічного або побутового призначення, можна представити у вигляді ієрархічної системи, що взаємодіє з довкіллям. Графічно конструкцію виробу можна представити як систему, що складається зі змінюваних  $X$  і незмінних  $Y$  чинників (обмежень) середовища, показників якості  $Z$  і зв'язків  $F$  між чинниками і показниками якості. Це представлення моделі конструкції показане на рис. 6.1.

До змінюваних в процесі конструювання чинників відносяться, наприклад, марки матеріалів, що вживаються, форма і розміри елементів конструкції, взаємне розташування компонентів і вузлів, вид електричних зв'язків, характер кріплення компонентів, способи тепловідводу, герметизації, характер базової конструкції, зовнішнє оформлення тощо. Обмеженнями є чинники, що не змінюються конструктором: ресурсні, системотехнічні, схемотехнічні, конструкторські, технологічні і експлуатаційні.



**Рисунок 6.1.** Графічне представлення моделі конструкції

Система показників якості  $Z$  визначає придатність конструкції для використання її за тим чи іншим призначенням, що регламентується технічним завданням на розробку конструкції. Кожен показник залежить від характеру конструкції і обмежень

$$Z = \varphi(F, X_i, Y_j) \quad (6.1)$$

Вимоги середовища (чинники середовища), які відносяться до одного елемента системи технічного об'єкту відноситимуться до усього комплексу документів, що описують цей елемент в системі «Опис технічного об'єкту». При цьому в кожному конкретному документі може пред'являтися лише частина цих вимог.

Далі розглядаються лише ергономічні вимоги і властивості, що пред'являються до виробів виробничо-технічного і побутового призначення [43, 44], номенклатуру яких наведено в табл. 6.1. Ергономічні властивості формуються на основі ієрархії комплексних ергономічних показників, які розкривають зміст властивостей вищого рівня. Комплексні показники (КП) формуються з гру-

пових ергономічних показників, які, у свою чергу представляють сукупність одиничних ергономічних показників.

Кожному ергономічному показнику присвоєний унікальний ідентифікатор, кількість цифр в якому вказує на місце в системі ієрархії показників ( $E_i$  показник – комплексний ергономічний показник першого рівня,  $E_{i,j}$  – ергономічний показник другого рівня,  $E_{i,j,k}$  – одиничний ергономічний показник).

Аналіз даних табл. 6.1 показав, що разом з такими найбільш загальними властивостями, як керованість, обслугованість і опановність, згідно ДСТУ 3963-2000, необхідно щоб виріб мав наступні властивості: *зручність використання за призначенням, гігієнічність виробу і середовища робочої зони та безпечність.*

**Таблиця 6.1.** Номенклатура ергономічних вимог до виробів виробничо-технічного та побутового призначення

КП 1-го рівня	КП 2-го рівня	Одиничний показник
1	2	3
Зручність використання за призначенням E1	Фізичне навантаження (тяжкість виконуваної роботи). E1.1	Динамічне фізичне навантаження (обсяг виконуваної роботи, маса переміщуваного вантажу). E1.1.1 Статичне фізичне навантаження (зусилля по утриманню вантажу). E1.1.2 Відхилення робочої пози і рухів від фізіологічно раціональних характеристик. E1.1.3
	Психофізіологічне навантаження (напруженість роботи). E1.2	Рівень монотонності роботи. E1.2.1 Інформаційне навантаження користувача. E1.2.2 Напруженість зорових аналізаторів. E1.2.3 Напруженість слухових аналізаторів. E1.2.4 Інтелектуальна напруженість. E1.2.5 Нервово-психічна та емоційна напруженість. E1.2.6

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
	Розвиток втоми і зниження функціонального стану користувача виробу за заданий час. E1.3	Рівень енергозатрат. E1.3.1 Зміна функціонального стану людини. E1.3.2 Рівень зниження емоційного фону. E1.3.3 Рівень зниження мотивації до роботи. E1.3.4
	Ергономічність конструкції і компоновки робочого місця оператора E1.4	Відповідність конструювання робочого місця функціям оператора, умовам його діяльності. E1.4.1 Зручність доступу до зон обслуговування і можливого ремонту. E1.4.2 Зручність крісла. E1.4.3
	Відповідність конструкції виробу і його елементів антропометричним характеристикам людини (ГОСТ 12.2.049). E1.5	Урахування розмірів тіла людини і його частин. E1.5.1 Урахування форми тіла людини і його частин. E1.5.2 Урахування вагових характеристик людини. E1.5.3
Зручність керування і контролю (керованість) E2	Зручність сприйняття інформації, що відображається. E2.6	Рівні прямого і зворотного контрастів. E2.6.1 Коефіцієнт нерівномірності яскравості інформаційних елементів. E2.6.2 Нерівномірність характеристики яскравості поля екрану. E2.6.3 Розміри символів, що відображаються. E2.6.4 Лінійні значення перекручення зображення в площині екрану. E2.6.5

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
Керованість E2	<p>Ергономічність форми, розмірів, розташування панелей приладів і пультів керування. E2.1</p>	<p>Відповідність форми панелей і пультів керування алгоритму обслуговування виробу. E2.1.1                      Відповідність розмірів панелей і пультів керування алгоритму обслуговування виробу. E2.1.2                      Відповідність взаємного розташування панелей і пультів керування алгоритму обслуговування виробу. E2.1.3                      Відповідність кутів огляду панелей, пультів керування антропометричним і психофізичним характеристикам оператора. E2.1.4</p>
	<p>Ергономічність засобів відображення візуальної інформації. E2.2</p>	<p>Відповідність зовнішньої освітленості знаків, сигналів, написів ергономічним вимогам. E2.2.1                      Відповідність способів кодування інформації ергономічним вимогам. E2.2.2                      Відповідність розмірів знаків, сигналів, написів ергономічним вимогам. E2.2.3                      Відповідність конфігурації знаків, сигналів, написів ергономічним вимогам. E2.2.4                      Відповідність кутів огляду знаків, сигналів, написів ергономічним вимогам. E2.2.4</p>
	<p>Ергономічність засобів акустичної інформації. E2.3</p>	<p>Відповідність типів повідомлень алгоритму експлуатації виробу (дзвінок, зумер, сирена, мова, музичний тон). E2.3.1                      Відповідність характеру повідомлень алгоритму експлуатації виробу (простий, складний, безперервний з відключенням при реагуванні на нього). E2.3.2</p>

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
Керованість E2	<p>Ергономічність засобів тактильної інформації E2.4</p>	<p>Відповідність засобів надання інформації алгоритму експлуатації виробу (вібрацією, конфігурацією, температурою, силою струму). E2.4.1 Відповідність рівнів електричних, хімічних і теплових сигналів ергономічним вимогам. E2.4.2</p>
	<p>Зручність конструкції ОК виробом E2.7</p>	<p>Відповідність форми і конструктивного виконання ОК ергономічним вимогам. E2.7.1 Відповідність розмірів ОК ергономічним вимогам. E2.7.2 Відповідність зусиль, необхідних для приведення ОК в дію, ергономічним вимогам. E2.7.3</p>
	<p>Ергономічність розміщення ОК. E2.5</p>	<p>Відповідність характеру керуючих рухів оператора, функціональному стану керованої системи E 2.5.1 Відповідність способів об'єднання декількох ОК ергономічним вимогам. E2.5.2 Відповідність відстаней до ОК антропометричним характеристикам оператора. E2.5.3 Достатність засобів захисту ОК. E2.5.4</p>
	<p>Рациональність компонування виробу. E2.8</p>	<p>Відповідність габаритів виробу ергономічним вимогам (ГОСТ 12.2.049). E2.8.1 Оптимальність розміщення і компонування ЗВІ (ГОСТ 23000, ГОСТ 12.2.032). E2.8.2 Оптимальність розміщення і компонування ОК виробом (ГОСТ 23000, ГОСТ12.2.032, ГОСТ 12.2.033). E2.8.3</p>

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
Опановність виробу E3	Якість ІМ. E3.1	Адекватність ІМ. E3.1.1 Стереотипність ІМ. E3.1.2 Достатність інформації про виріб і процес. E3.1.3 Надмірність інформації про виріб і процес. E3.1.4 Структурна впорядкованість ІМ. E3.1.5
	Повнота і зручність інструкції з експлуатації виробу. E3.2	Рівень повноти інструкції (керівництва). E3.2.1 Зрозумілість викладання інструкції. E3.2.2 Якість оформлення матеріалу. E3.2.3
Обслугованість виробу E4	—	Комфортність та швидкість проведення технічного обслуговування, ремонту, підготовки до експлуатації. E4.1.1 Складність алгоритму обслуговування і ремонту E4.1.2 Зручність доступу до елементів, що регулюються і замінюються. E4.1.3 Наявність технічних засобів діагностування несправностей. E4.1.4 Якість технічної документації. E4.1.5
	Ергономічність експлуатаційної документації E4.2	Комплектність експлуатаційної документації. E4.2,1 Зручність структури викладу матеріалу, рівнів розшифровки і перекодування інформації. E4.2.2. Якість ілюстрацій, схем, графічних елементів, формату документації E4.2.3 Здатність документації до зберігання E4.2.4
	Ергономічність оснащення і інструментів необхідних для експлуатації виробу E4.3	Зручність застосування контрольно-вимірювальної апаратури і перевіркової апаратури. E4.3.1 Відповідність освітлювальної апаратури заданим нормам загального і локальних освітлень. E4.3.2 Зручність і безпека використання інструменту при проведенні робіт в заданих умовах діяльності. E4.3.3

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
Гігієнічність виробу і середовища робочої зони Е5	Фізичні чинники виробу і середовища робочої зони Е5.1	Вплив виробу на мікроклімат (ГОСТ 12.1.005, ДСТУ 3038). Е5.1.1 Рівні шуму (ГОСТ 12.1.003). Е5.1.2 Рівні вібрації (ГОСТ 12.1.012). Е5.1.3 Рівні ультразвуку (ГОСТ 12.1.001). Е5.1.4 Рівні іонізуючих випромінювань. Е5.1.5 Рівні статичного поля (ГОСТ 12.1.045). Е5.1.6 Рівні електромагнітних полів радіочастот (ГОСТ 12.1.006). Е5.1.7 Рівні НВЧ-випромінювань (ГОСТ 12.1.038). Е5.1.8 Показники рівня освітленості робочих поверхонь і органів керування. Е5.1.9
	Хімічні чинники виробу і середовища робочої зони. Е5.2	Приріст рівнів концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005). Е5.2.1 Зміст шкідливих компонентів в матеріалах і покриттях виробу. Е5.2.2
	Біологічні чинники виробу і середовища робочої зони Е5.3	Рівні концентрації мікроорганізмів в повітрі або на поверхні предметів. Е5.3.1 Рівні концентрації грибків на поверхні предметів. Е5.3.2
Безпека виробу Е6	—	Рівень безпеки чинників механічного походження. Е6.1.1 Рівень безпеки чинників хімічного походження. Е6.1.2 Рівень безпеки дії електричного струму. Е6.1.3 Рівень безпеки дії шкідливих випромінювань. Е6.1.4 Рівень безпеки дії екстремальних температур. Е6.1.5 Рівень безпеки, обумовлений повнотою урахування у виробі психофізіологічних характеристик споживача. Е6.1.6 Рівень безпеки, обумовлений алгоритмом експлуатації виробу. Е6.1.7

*Зручність використання виробу за призначенням* – відповідність виробу антропометричним, біомеханічним, психофізіологічним характеристикам контингенту потенційних користувачів під час його експлуатації, носіння, транспортування, підготовки до використання, налагодження, регулювання, монтажу, (демонтажу), збереження.

*Гігієнічність виробу і середовища робочої зони* – відповідність фізичних, хімічних і біологічних чинників виробу і середовища робочої зони гігієнічним нормам.

*Безпечність виробу* – рівень ергономічності виробу, що відображає загальну безпеку здоров'я та діяльності людини з виробом у конкретному середовищі.

Таким чином, визначена номенклатура ергономічних показників що підлягають обліку в КД виробу. Не зважаючи на те, що кожен знову розроблений конструкторський документ підписується розробником документу і особою, що перевіряє цей документ, не виключено, що в ньому є помилки. Процес перевірки документів нині не усвідомлений, не організований і не об'єктивний. Отже, потрібна розробка формалізованої технології знаходження явних, прихованих і невиявлених помилок в КД.

## **6.2 Розробка методики виявлення інженерних помилок в конструкторській документації**

### **6.2.1 Цілі і задачі розробки**

Початковими даними для аналізу є розроблений робочий комплект КД дослідного зразка, за яким виготовлений і досліджений зразок, проведено доопрацювання документації технічного проекту.

Об'єкт дослідження – повний комплект КД, створений на стадії технічного проектування, відкоригований за результатами проведених випробувань зразків. Цей комплект передуватиме розробці документації для серійного виробництва нового виробу.

Навіть якщо проведені випробування показали, що основні вимоги, які пред'явлені в технічному завданні до нового технічного об'єкту виконані, виріб виконує своє функціональне при-

значення, не виключено, що в ньому міститься ряд прихованих і явних помилок. Усі невиявлені помилки знайдуть відбиття в технічному об'єкті, створеному згідно з цією документацією.

Таким чином, предмет дослідження – інженерні помилки реалізації дизайнерських і ергономічних показників в комплекті КД.

Мета – створити методику (технологію) перевірки повного комплекту КД, що мінімізує кількість інженерних помилок, упущень, неточностей, явних і прихованих.

Результат застосування методики – відкоригований комплект КД з виявленими і усуненими інженерними помилками.

В якості засобу перетворення мети в результат пропонується використовувати ЛМС (у вигляді автоматизованої системи і операторів – членів колективу розробників комплекту КД), яка дозволяла б перевірити і проаналізувати документи технічного об'єкту «знизу–вгору».

Функції людини в цій ЛМС: встановлювати повний комплект КД кожного ієрархічного рівня і приймати рішення.

Функції «машини»:

- формалізувати і контролювати процедуру перевірки усього комплекту КД;
- надавати користувачеві (розробникові) інформацію необхідну для перевірки;
- доповнювати інтелектуальні можливості людини, компенсувати недоліки його мислення;
- фіксувати прийняті рішення.

### **6.2.2 Модель взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників з конструкторською документацією**

На підставі розгорнутої номенклатури конструкторських документів і дизайн-ергономічних вимог (у п. 6.1, в якості прикладу, розглянуті ергономічні вимоги), був розроблений комплекс моделей, які відображають взаємозв'язки дизайн-ергономічних показників з КД. Взаємозв'язок показників, необхідних для обліку в одному з документів, – складальному кресленні, наведено в табл 6.2.

Модель взаємозв'язків, для виділеного жирним шрифтом рядка таблиці, представимо у вигляді спрямованого графа (рис. 6.2).

На рис. 6.2 зображені наступні вершини та зв'язки:  
 SK – складальне креслення;  
 ДЗ – цілісність композиційно-пластичного рішення форми;  
 ДЗ.1 – гармонійність об'ємно-просторової структури;  
 ДЗ.1.1 – сопідпорядкованість основних і другорядних елементів форми виробу за розмірами, пропорціями і масштабом;  
 ДЗ.1.2 – міра масштабності виробу і його елементів (візуальна відповідність розмірам тіла людини);  
 E2 – зручність керування і контролю (керованість);  
 E2.8 – раціональність компонування виробу;  
 E2.8.1 – відповідність габаритів виробу ергономічним вимогам;  
 E2.8.2 – оптимальність розміщення і компонування ЗВІ;  
 RF – відношення  $xRFy$  – « $x$  впливає на  $y$ »;  
 POF – відношення  $xPOFy$  – « $x$  є часткою  $y$ ».

Відповідно до цієї моделі, при розробці складального креслення виробу мають бути ураховані взаємозв'язані дизайнерські вимоги до цілісності композиційно-пластичного рішення форми (ДЗ) і ОЕВ до керованості (E2). При цьому, розробник повинен враховувати їх взаємний вплив на складальну конструкцію (креслення) виробу. Про це свідчать відповідні зв'язки типу  $RF$  між вершинами SK, ДЗ і E2.

**Таблиця 6.2.** Приклад взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників для складального креслення

Дизайн (Д)		Ергономіка (Е)	
1	2	3	4
Д1	Д1.1 (Д1.1.1, Д1.1.2)	E1	E1.4 (E1.4.1, E1.4.2)
	Д1.2 (Д1.2.1, Д1.2.2, Д1.2.3)		E1.5 (E1.5.1, E1.5.2, E1.5.3)
	Д1.3 (Д1.3.2)	E2	E2.1 (E2.1.1, E2.1.2, E2.1.3, E2.1.4)
	Д1.5 (Д1.5.1)		E2.2 (E2.2.2, E2.2.3, E2.2.4, E2.2.5)
Д2	Д2.1 (Д2.1.1, Д2.1.2, Д2.1.3)	E2.5	(E2.5.1, E2.5.2, E2.5.3, e2.5.4)
	Д2.2 (Д2.2.1)		E2.7 (E2.7.1, E2.7.2)

Продовження таблиці 6.2.

1	2	3	4
ДЗ	ДЗ.1 (ДЗ.1.1, ДЗ.1.2)		<b>Е2.8 (Е2.8.1, Е2.8.2)</b>
	ДЗ.2 (ДЗ.2.1, ДЗ.2.2)		
	ДЗ.3 (ДЗ.3.1, ДЗ.3.2)		
	ДЗ.4 (ДЗ.4.1, ДЗ.4.2, ДЗ.4.3)		
Д4	Д4.1 (Д4.1.1)		

Дизайнерська і ергономічна властивості ДЗ і Е2, мають в якості одного з групових показників, гармонійність об'ємно-просторової структури (ДЗ.1) і раціональність компоунвання виробу (Е2.8) відповідно. Ці показники являють відповідно сукупність одиничних показників: сопідлеглість основних і другорядних елементів форми виробу по розміру, пропорціях і масштабу (ДЗ.1.1); міра масштабності виробу і його елементів (ДЗ.1.2); відповідність габаритів виробу ергономічним вимогам (Е2.8.1) і оптимальність розміщення і компоунвання ЗВІ (Е2.8.2).

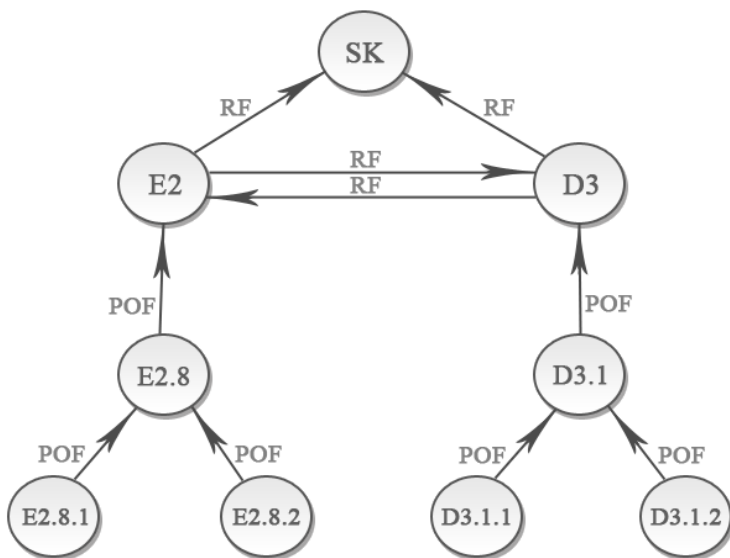


Рисунок 6.2. Модель взаємозв'язків у вигляді графа

### 6.2.3 Опис методики виявлення інженерних помилок

Крок 1. Виріб (далі технічний об'єкт) необхідно представити у вигляді ієрархічної структури (рис. 6.3).

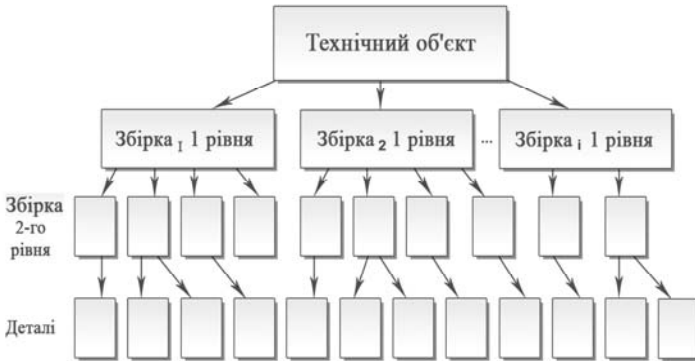


Рисунок 6.3. Ієрархічна структура технічного об'єкту

Крок 2. Керівник проекту (головний конструктор, начальник проекту) на основі розгорнутої номенклатури комплекту конструкторської документації [27] складає для кожного рівня конкретну номенклатуру КД технічного об'єкту, що розробляється, з метою виявлення помилок або розробки нових документів.

Крок 3. Керівник проекту, виходячи з номенклатури чинників середовища (вимог) розглянутих в п.6.1, уточнює конкретну номенклатуру чинників середовища для технічного об'єкту, що розробляється.

Крок 4. Починаючи з верхнього ієрархічного рівня опису технічного об'єкту (див. рис.6.3), керівник проекту визначає вимоги, до об'єкту, які повинні знайти відображення у відповідних конструкторських документах для кожного вибраного на попередньому кроці чинника середовища. Той факт, що одна і та ж вимога знайшла відображення в різних документах, вказує на їх взаємозв'язок. Отже, два будь-яких документи можуть бути абсолютно не пов'язані між собою, можуть бути пов'язані одним або декількома вимогами і не мати ніяких зв'язків за іншими вимогами.

Крок 5. Виконати дії, описані на кроці 4, для усіх рівнів ієрархії комплексу КД технічного об'єкту.

Крок 6. Якщо на кроці 3 в якості чинників середовища були вибрані дизайн і ергономіка, керівник проекту при виконанні кроків 4 і 5 повинен керуватися розробленою в п. 6.2.2 моделлю взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників з КД.

Крок 7. На підставі прийнятого керівником проекту рішень, кожен конструктор, що брав участь в розробці технічного об'єкту, перевіряє урахування необхідних вимог в розроблених ним документах.

Крок 8. Усі виявлені в процесі перевірки невідповідності, вважаються помилками і мають бути зафіксовані у відповідному документі для ухвалення рішень по їх усуненню.

Проведений аналіз дизайнерських і ергономічних показників, розроблена модель їх взаємозв'язку з КД і методика виявлення інженерних помилок, стали основою для розробки автоматизованої системи «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в КД».

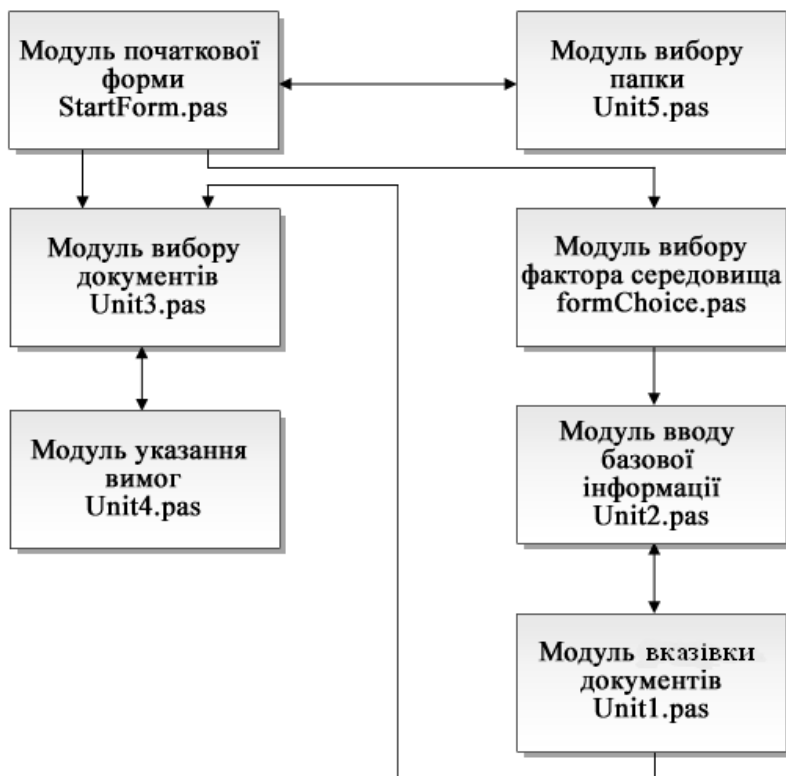
### **6.3 Розробка структури системи**

Автоматизована система «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в КД» була розроблена під керівництвом автора на кафедрі програмних засобів ЗНТУ. Програмний комплекс, структура якого наведена на рис. 6.4, розроблений в середовищі програмування Delphi 7 і працює під керуванням операційної системи (ОС) Windows 9x/2000/XP, оскільки він використовує функції цієї ОС. Для установки програми вимагається не менше 10 Мб вільної оперативної пам'яті.

Склад модулів програмного комплексу:

– startForm.pas – модуль початкової форми, яка забезпечує завдання початкових даних: введення інформації про П.І.Б. члена колективу розробників, який вводить дані; шифр проекту і папка,

в яку будуть зберігатися результати перевірки, або звідки будуть отримані дані про попереднє введення;



**Рисунок 6.4.** Структура автоматизованої системи «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в КД»

– formChoice.pas – форма вибору фактора середовища, вимоги до якого перевірятимуться;

– Unit1.pas – форма, за допомогою якої операторові надається можливість відмітити документи, які є в наявності по поточному конструкторському елементу (КЕ) (виріб, складення, деталь), вказати для кожного документу децимальний номер, а для

деталей і складення вказати їх місце (внутрішнє або зовнішнє) розташування;

- Unit2.pas – форма для введення базової інформації про КЕ: склад елементу; кількість і найменування елементів, що входять до складу цього елементу;

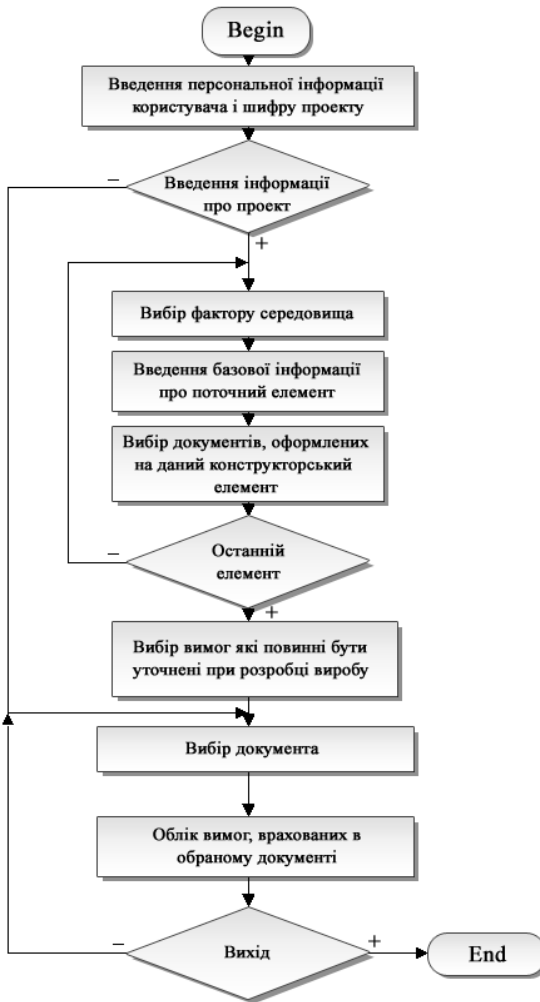
- Unit3.pas – форма для відображення інформації про введені документи: децимальний номер документу і його тип; також надає можливість вибору документу для подальшої вказівки вимог, врахованих або неврахованих в ньому; забезпечує можливість збереження даних про документи, які входять до складу проекту;

- Unit4.pas – форма для вказівки вимог, врахованих або неврахованих в поточному документі. Дані з врахованими і неврахованими вимогами зберігаються у файл результатів в директорію, вказану на початку роботи програми;

- Unit5.pas – форма для вибору папки для збереження результатів, або для використання даних, що були введені раніше.

#### **6.4 Основні рішення по реалізації компонентів автоматизованої системи**

Розглянемо алгоритм роботи основних модулів АС (рис. 6.5). Система починає свою роботу після запуску модуля стартової форми startForm.pas, яка забезпечує завдання початкових даних: введення інформації про П.І.Б. члена колективу розробників (оператора), котрий вводить дані; шифр проекту і папка, куди зберігатимуться результати перевірки, або звідки братимуться дані про попереднє введення. В процесі роботи модуля відбувається визначення значення деяких глобальних змінних, в яких зберігаються початкові дані, що вводяться.



**Рисунок 6.5.** Алгоритм функціонування програмного комплексу

По закінченню роботи цього модуля створюється файл результату, куди заноситься початкова інформація виду:

```

<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Отчёт</TITLE>

```

```

</HEAD>
<BODY>
<TABLE BORDER=5 WIDTH=100% RULES=GROUPS
FRAME=HSIDES>
<COLGROUP ALIGN=CENTER>
<COLGROUP ALIGN=CENTER>
<COLGROUP ALIGN=CENTER>
<COLGROUP ALIGN=CENTER>
<CAPTION><H3>
Изделие: %шифр проекта% </H3>
</CAPTION>
<THEAD>
<TR>
<TH>Проверил</TH>
<TH>Документы</TH>
<TH>Учтённые показатели</TH>
<TH>Неучтённые показатели</TH>
</TR>
</THEAD>
<TBODY>

```

Потім, при введенні даних про новий проект, на екран виводиться форма вибору фактора середовища модуля frmChoice.pas, на відповідність з яким перевірятиметься КД. Дані про можливі чинники середовища завантажуються з файлу \data\treb.txt в змінну типу TStringList trebListT при виклику форми. При видаленні або додаванні фактора середовища, відповідно змінюється список trebListT, який відразу ж, після внесення змін, зберігається у файл \data\treb.txt за допомогою методу SaveToFile(FName: String).

Після вибору фактора середовища по черзі запускаються форми введення основних даних про виріб, складення модуля Unit2.pas і відповідна форма для введення даних про наявні конструкторські документи для заданого КЕ модуля Unit1.pas.

При роботі модуля Unit2.pas дані про склад КЕ зберігаються в змінну типу TStringList allList, у форматі

$$name\#Ns|S1|S2|.|SNs\#Nd|D1|D2|.|DNd\#Tel,$$

де *name* – назва поточного КЕ; *Ns* – кількість складень цього елемента; *Si* – назва *i*-го складення; *Nd* – кількість деталей у складі

цього елементу; *Di* – назва *i*-ої деталі; *Tel* – тип елементу, набуває значення 0 (виріб), 1 (складення) або 2 (деталь).

Одночасно із заповненням списку `allList` заповнюється список `tempList`, в якому зберігається інформація в такому ж виді, як і в списку `allList`. Ця змінна використовується для контролю інформації, що вводиться. З її допомогою визначається KE, інформація про який вводиться надалі, для чого вибирається останній елемент списку. Для нього вибирається складення, інформація про яке ще не вводилася. У разі, якщо кількість складень дорівнює 0, то вибирається деталь, про яку інформація ще не вводилася. Потім зменшується кількість складень або деталей, відповідно, а з рядка видаляється найменування вибраного складення або деталі. Якщо ж рівним 0 виявляється і кількість складень і кількість деталей, то цей елемент списку видаляється і відбувається перехід до попереднього елементу списку. Випадок коли список `tempList` порожній, свідчить про те, що введена інформація про усі елементи, які коли-небудь зустрічалися в системі, і відбувається перехід до безпосереднього урахування вимог.

При роботі модуля `Unit1.pas` інформація про документи зберігається в змінну типу `TStringList` у вигляді

Документ<sub>1</sub> | ДецимальнийНомер<sub>1</sub>#. . . #Документ<sub>n</sub> |

ДецимальнийНомер<sub>n</sub>

Також до останнього елементу списку `allList` додається:

#Placement,

де `Placement` – місце розташування елементу (0 – усередині, 1 – зовні).

Далі необхідно відмітити інформацію про ті вимоги, які мають бути враховані в КД. Тому для кожного документу виробу, в якому можуть зустрічатися вимоги, які відносяться до фактора середовища, вибраного раніше, відображається форма указання вимог модуля `Unit5.pas`. При указанні вимог, які мають бути враховані при розробці виробу в цілому, ця форма викликається рекурсивно до тих пір, поки не будуть переглянуті усі документи, що відносяться до виробу. При цьому, інформація про вибрані вимоги, зберігається в змінну типу `TStringList checkedTrebIzd`, яка

надалі використовується при перевірці урахування вимог. Перевірка відбувається за допомогою методу `IndexOf (S: String)`. Якщо пошук дає результат, а вимога не вибрана, як врахована при розробці цього документу, то вимога вважається неврахованою (фіксується помилка в проекті). Збереження у файл відбувається шляхом додавання у файл рядків при кожному натисненні на кнопку `BitBtn1` («Ok»)

```
<TBODY>
```

```
<TR><TD>ФИО</TD><TD>Документ</TD><TD>Учтённое  
требование1</TD><TD> Неучтённое требование1  
</TD></TR>
```

```
<TR><TD></TD><TD></TD><TD>Учтённое требование2  
</TD><TD> Неучтённое требование2</TD></TR>
```

```
...
```

```
<TR><TD></TD><TD></TD><TD>Учтённое требованиеn  
</TD><TD> Неучтённое требованиеn</TD></TR>
```

```
</TBODY>
```

Після указання вимог, які мають бути враховані при розробці виробу, відображається форма вибору документу для перевірки (модуля `Unit4.pas`), яка відображалася б і у разі завантаження раніше введеної про проект інформації. При цьому, якщо відбувається завантаження раніше введеної інформації, то з файлів заповнюються програмні списки `allList`, `allDocsList`, `checkedTrebIzd` за допомогою методу `loadFromFile (FName: String)`. Аналогічні дії виконуються при збереженні цих змінних за допомогою методу `saveToFile (FName: String)`.

При завершенні роботи програми інформація про перевірені документи (враховані і невраховані вимоги) зберігається в окремий файл типу `%proName%_result.htm`, де `%proName%` – шифр проекту, а також в окремі файли зберігаються списки `allList`, `allDocsList`, `checkedTrebIzd`. Формат `html` для збереження результатів обліку вимог обраний спеціально, оскільки він забезпечує зручний вид відображення введеної інформації.

## 6.5 Робота користувача з програмним комплексом

Після запуску програми Project1.exe здійснюється виведення початкової форми програми (рис. 6.6).

У відповідні поля startової форми необхідно ввести інформацію: прізвище, ім'я і по батькові конструктора (розробника), котрий почав роботу з програмою; шифр проекту; місцезнаходження папки, в яку будуть зберігатися результати, або з якої мають бути завантажені дані про наявні документи в проекті, збережені при попередніх запусках програми. Для вибору папки на диску можна використовувати кнопку «...», натиснувши на яку пропонується вибрати папку.

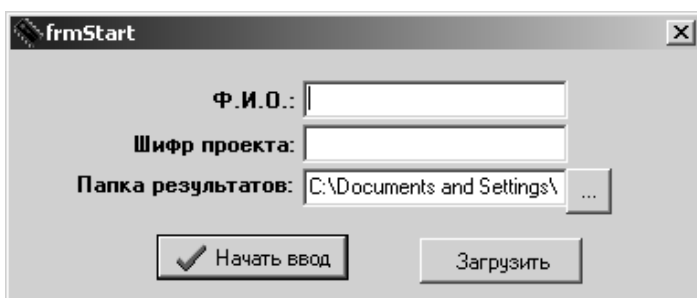


Рисунок 6.6. Стартова форма програми

Після введення інформації в startову форму необхідно натиснути одну з кнопок: «Начать ввод» або «Загрузить». Якщо введення інформації про наявні документи КД робиться для цього проекту уперше, то необхідно натиснути на кнопку «Начать ввод». Якщо слід використовувати інформацію про документи, збережені раніше, необхідно натиснути на кнопку «Загрузить». При цьому слід враховувати, що збережена інформація повинна знаходитися в папці, яка вказана в полі «Папка результатов».

Після натиснення на кнопку «Начать ввод» з'явиться форма вибору фактора середовища, який перевіряється (рис. 6.7). У цій версії системи доступні тільки вимоги по ергономіці і дизайну, які перевірятимуться при подальшій роботі програми.

Після натиснення на кнопку «Далее» з'явиться форма введення даних про виріб (рис. 6.8). Починаючи з цього кроку і далі, дії

оператора розглянути на прикладі аналізу помилок в КД трубки-пульта радіостанції «Акваторія», що має одне складення «Трубка».

У цій формі вказують наступну інформацію:

- найменування виробу;
- склад елемента, тобто з чого складається виріб (складення і деталі, складення або деталі);
- вказати кількість тих елементів, з яких складається виріб (складень і деталей);
- ввести найменування тих складень і деталей, які входять до складу виробу.

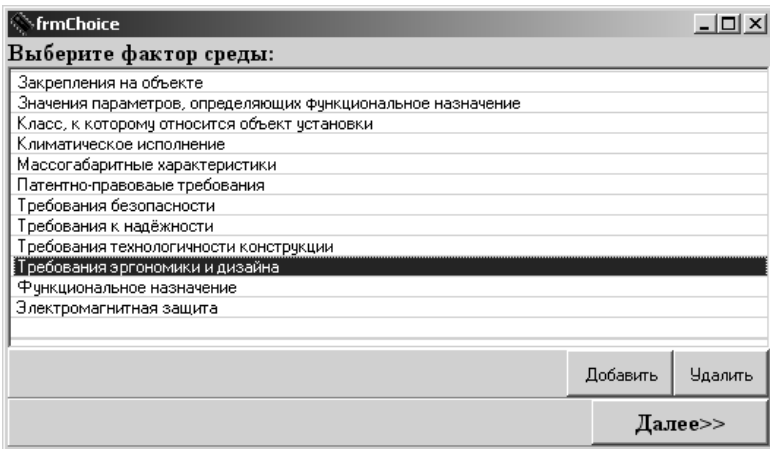


Рисунок 6.7. Форма wyboru чинників середовища «Ергономіка і дизайн»

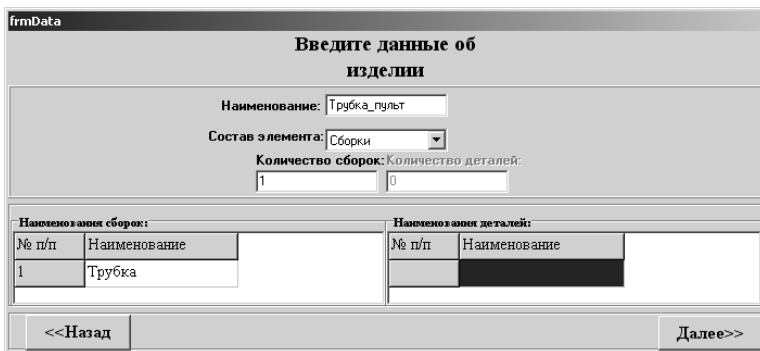


Рисунок 6.8. Введення даних про виріб «Трубка-пульт»

Після введення інформації слід натиснути на кнопку «Далее>>». Для перевірки або коригування інформації, внесеної на попередньому етапі, можна скористатися кнопкою «<<Назад». Далі виводиться форма (рис. 6.9), в якій необхідно вказати документи на поточний виріб (Трубка-пульт) і вказати їх десятимальні номери у відповідних полях. Потім натискають кнопку «Далее>>».

frmDocs	
Укажите документы изделия Трубка_пульт	
Документ	Децимальный номер
<input checked="" type="checkbox"/> Сборочный чертеж изделия	ЛКЖС.467444.012 СБ
<input checked="" type="checkbox"/> Спецификация	ЛКЖС.467444.012
<input checked="" type="checkbox"/> Чертеж общего вида	ЛКЖС.467444.012 ОВ
<input type="checkbox"/> Габаритный чертеж изделия	
<input checked="" type="checkbox"/> Электромонтажный чертеж изделия	ЛКЖС.467444.012 Э1
<input checked="" type="checkbox"/> Монтажный чертеж изделия	ЛКЖС.467444.012 М1
<input type="checkbox"/> Эксплуатационные документы изделия	
<input checked="" type="checkbox"/> Схема электрическая принципиальная изделия	ЛКЖС.467444.012 Э2
<input type="checkbox"/> Перечень элементов	
<input type="checkbox"/> Ведомость спецификаций	
<input type="checkbox"/> Ведомость покупных изделий	
<input type="checkbox"/> Ведомость ссылочных документов	
<input type="checkbox"/> Ведомость разрешения применения покупных изделий	
<input type="checkbox"/> Ведомость держателей подлинников	
<input type="checkbox"/> Ведомость технического предложения	
<input type="checkbox"/> Ведомость эскизного проекта	
<input type="checkbox"/> Ведомость технического проекта	
<input checked="" type="checkbox"/> Пояснительная записка	ЛКЖС.467444.012 ПЗ
<input checked="" type="checkbox"/> Технические условия	ЛКЖС.467444.012 ТУ
<input type="checkbox"/> Программа и методика испытаний	
<input type="checkbox"/> Расчеты	
<input type="checkbox"/> Упаковочный чертеж	
<input type="checkbox"/> Ремонтные документы	
<input type="checkbox"/> Патентный формуляр	

Рисунок 6.9. Вибір існуючих в наявності документів

Якщо до складу виробу входили складення (наприклад, складення «Трубка»), здійснюється виведення відповідної форми (рис. 6.10). Згідно з даними рис. 6.10 складення «Трубка» має дві деталі – Корп\_поз1 і Корп\_поз2. Після натиснення на кнопку «Далее>>>», з'явиться форма, аналогічна формі укавання наявних документів виробу (див. рис. 6.9). Проте вказувати необхідно вже інформацію про документи для складення (рис. 6.11).

**Введите данные о сборке**

Наименование: Трубка

Состав элемента: Детали

Количество сборок: 0      Количество деталей: 2

Наименования сборок:		Наименования деталей:	
№ п/п	Наименование	№ п/п	Наименование
		1	Корп_поз1
		2	Корп_поз2

<<Назад      Далее>>

**Рисунок 6.10.** Введення даних про складення «Трубка»

При цьому, для складень і деталей (надалі) вказують також їх місце розташування у виробі: «усередині» або «зовні», оскільки це впливає на номенклатуру дизайн-ергономічних вимог, які повинні враховуватися при розробці КД цих елементів. Приклад заповнення інформації для деталі Корп\_поз1, котра знаходиться зовні складення «Трубка», наведено на рис.6.12.

Після завершення введення інформації про наявні документи можливі два варіанти подальших дій. У першому випадку, якщо відповідно до моделі (див. приклад в п. 6.2.2), серед відміченого переліку документів є ті, в яких повинні враховуватися вимоги дизайну або ергономіки, то виводиться форма укавання врахованих вимог (рис. 6.13). За допомогою цієї форми оператор (розробник) вказує вимоги, враховані ним в поточному документі.

Після натиснення на кнопку «Ок» відбувається перехід до наступного документу виробу, в якому мають бути враховані вимоги ергономіки або дизайну. Після того, як усі документи виробу, складення і деталей цього виробу проглянуто і відмічені ті вимоги, які враховані в цих документах, відбувається виведення кінцевої форми (рис. 6.13). З цього ж етапу програма починає працювати, якщо на стартовій формі натиснути кнопку «Загрузить».

Документ	Децимальный номер
<input checked="" type="checkbox"/> Сборочный чертеж блока	ЛКЖС.468444.048 СБ
<input checked="" type="checkbox"/> Спецификация блока	ЛКЖС.468444.048
<input type="checkbox"/> Габаритный чертеж блока	
<input checked="" type="checkbox"/> Электромонтажный чертеж блока	ЛКЖС.468444.048 Э1
<input checked="" type="checkbox"/> Монтажный чертеж блока	ЛКЖС.468444.048 М1
<input checked="" type="checkbox"/> Эксплуатационные документы блока	ЛКЖС.468444.048 Э2
<input type="checkbox"/> Схема блока	
<input type="checkbox"/> Расчет блока	
<input type="checkbox"/> Ремонтные документы блока	
<input checked="" type="checkbox"/> Инструкция к блоку	ЛКЖС.468444.048 ИБ
<input checked="" type="checkbox"/> Карта технического уровня и качества блока	ЛКЖС.468444.048 КТ

Рисунок 6.11. Вибір існуючих в наявності документів для складення

Документ	Децимальный номер
<input checked="" type="checkbox"/> Чертеж детали	ЛКЖС.468444.048.01



Рисунок 6.12. Вибір існуючих в наявності документів для деталі «Корп\_поз1»

У другому випадку, якщо немає документів виробу, складення і деталей цього виробу, в яких повинні враховуватися вимоги до дизайну або ергономіки, на формі ці документи візуально будуть представлені іншою іконкою (рис. 6.14).

The screenshot shows a software window titled 'frmProverka'. At the top, it displays the user's name 'Ф.И.О.: Зеленев С.Т.' and the product name 'Изделие: "Трубка пульт"'. Below this, it states 'Сборочный чертеж изделия: "ЛКЖС.46744.012 СБ"'. The main area is titled 'Отметьте требования, которые учтены:' and is divided into two columns: 'Требования к дизайну:' and 'Требования к эргономике:'. Each column contains a list of requirements with checkboxes. In the 'Требования к дизайну:' column, the first 10 items are checked, while the remaining 14 are unchecked. In the 'Требования к эргономике:' column, the first 10 items are checked, while the remaining 10 are unchecked. At the bottom left, there is an 'OK' button with a checkmark icon.

Рисунок 6.13. Указання врахованих вимог

Можливості цієї форми наступні:

– при подвійному клацанні лівої кнопки миші на вибраному документі відбувається перехід на форму, на якій необхідно відмітити враховані в цьому документі вимоги (див. рис. 6.13). При цьому документи, в яких ергономіка і дизайн повинні враховуватися вказані з іконкою , а в яких не повинні – з іконкою ;

– можна зберегти інформацію про наявні документи, вибравши меню File=>Save. При цьому буде створена папка з назвою «ШифрПроекта\_data» в папці, в якій знаходиться програма Project1.exe.



The screenshot shows a window titled 'frmRes1' with a menu bar containing 'File' and 'Help'. Below the menu bar are three tabs: 'Документи по изделию', 'Документи по сборкам', and 'Документи по деталям'. The 'Документи по сборкам' tab is active, displaying a table with two columns: 'Документ' and 'Тип'. The table contains seven rows of data, each with a small icon in the first column.

Документ	Тип
ЛКЖС.468444.048	Спецификация блока
ЛКЖС.468444.048 ИБ	Инструкция к блоку
ЛКЖС.468444.048 КТ	Карта технического уровня и качества блока
ЛКЖС.468444.048 М1	Монтажный чертеж блока
ЛКЖС.468444.048 СБ	Сборочный чертеж блока
ЛКЖС.468444.048 Э1	Электромонтажный чертеж блока
ЛКЖС.468444.048 Э2	Эксплуатационные документы блока

**Рисунок 6.14.** Форма з даними про наявні документи

Після завершення роботи з документами, слід вийти з програми, вибравши пункт меню File=>Exit. Фрагмент кінцевих результатів перевірки з файлу \_result.html наведено в табл. 6.3.

Згідно з даними таблиці 6.3 в складальному кресленні блоку проекту КД, що аналізується зафіксовано дві невраховані ергономічні вимоги – «Соответствие расстояний до органов управления антропометрическим характеристикам оператора» (Е 2.5.3) і «Наличие и достаточность средств защиты органов управления» (Е 2.5.4).

Таким чином, розроблений програмний комплекс вирішує задачу автоматизації діяльності керівника проекту і колективу розробників по виявленню інженерних помилок і їх документуванню з метою подальшого аналізу.

## 6.6 Практичні завдання

*Завдання 1.* Розробити у вигляді спрямованого графа модель взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників з документом «Складальне креслення» згідно даних табл. 6.2 та [26, 44].

**Таблиця 6.3.** Результати перевірки помилок в складальному кресленні блоку

Проект:			
Про- верил	Документи	Учтённые показатели	Неучтённые показатели
1	2	3	4
Зеле- нов С.Т.	Сборочный чертеж блока: «ЛКЖС.468 444.048 СБ»	Д1 Художественная выразительность	Э2.5.3 Соответствие расстояний до органов управления антропометрическим характеристикам оператора
		Д1.1.1 Соответст- вие образа изделия его назначению	Э2.5.4 Наличие и достаточность средств защиты органов управления
		Д1.1.2 Соответст- вие образа изделия современным представлениям об изделиях данного типа	
		Д1.3 Соответствие моде	
		Д1.3.2 Соответст- вие композицион- но-пластических характеристик из- делия «модным» приёмам формооб- разования	
		Д2 Рациональ- ность формы	

Продовження таблиці 6.3.

1	2	3	4
		Д2.1 Функціонально-конструкторська обусловленність	
		Д2.1.1 Соответствие формы назначению изделия и условиям эксплуатации	
		Д2.1.2 Соответствие формы изделия его конструктивно-компоновочной схеме	
		Д2.2 Технологическая обусловленность	
		Д3.1 Гармоничность объёмно-пространственной структуры	
		Д3.1.2 Степень масштабности изделия и его элементов (визуальное соответствие размерам тела человек)	

*Завдання 2.* Обрати виріб побутового призначення (мобільний телефон, відеомагнітофон, піч НВЧ, музичний центр, відеокамера, телевізор тощо) та оцінити його юзабіліті ґрунтуючись на ергономічних властивостях висвітлених в [26, 44].

*Завдання 3.* Виявити інженерні помилки по урахуванню дизайн-ергономічних вимог у виданому викладачем проєкті КД на виріб, за допомогою автоматизованої системи «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в конструкторській документації».

*Завдання 4.* Написати реферат на одну з таких тем:

1. Система показників якості виробів виробничо-технічного і побутового призначення.
2. Види та причини інженерних помилок. Методи їх усунення.
3. Сутність ЄСКД. Електронна структура виробу згідно стандартів ЄСКД.
4. Взаємозв'язок дизайн-ергономічних показників у конструкторській документації.
5. Порівняльний аналіз моделей формалізованого описання взаємозв'язків дизайн-ергономічних показників у конструкторській документації.
6. Можливість гармонізації стандартів ЄСКД з міжнародними стандартами (ISO, IEC) у області конструкторської документації.
7. Сутність макетного методу проектування.

## **6.7 Контрольні запитання**

1. Яким чином можна представити конструкцію виробу?
2. Яка модель показників ергономічних властивостей виробів?
3. Назвіть основні ергономічні властивості виробів виробничо-технічного і побутового призначення.
4. Що таке зручність у використанні за призначенням?
5. Що таке керованість виробу?
6. Що таке опановність виробу?
7. Що таке обслугованість виробу?
8. Що таке гігієнічність виробу і середовища робочої зони?
9. Якими показниками описується безпека виробу?
10. Назвіть об'єкт та предмет дослідження методики виявлення інженерних помилок в конструкторській документації.
11. Які види відношень використовувались у моделі взаємозв'язку дизайн-ергономічних показників для складального креслення?
12. Назвіть основні кроки методики виявлення інженерних помилок.

13. Який вигляд має ієрархічна структура технічного об'єкту?
14. Що вважається помилкою при виконанні методики виявлення інженерних помилок?
15. Назвіть склад модулів автоматизованої системи «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в конструкторській документації»?
16. Який алгоритм функціонування автоматизованої системи «Аналізатор дизайн-ергономічних помилок в конструкторській документації»?
17. Яка структура файлу результатів перевірки комплекту конструкторської документації?
18. Звідкіля завантажуються дані про можливі чинники середовища?
19. Де зберігаються дані про склад конструкторського елемента?
20. У файлі якого формату відбувається фіксація помилок у проекті?
21. Яка інформація вводиться оператором у стартовій формі?
22. Яку інформацію вказують у формі введення даних про виріб?
23. На що впливає місце розташування складень і деталей у виробі?
24. Яку інформацію надає форма з даними про наявні документи?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна література

1. Ашеров А. Т. Ергономіка інформаційних технологій: оцінка, проектування, експертиза: Навч. посібник / Ашеров А. Т., Сажко Г. І. – Харків : УПА, 2005. – 255 с.
2. Введение в эргономику / под ред. В.П. Зинченко. – М.: Сов. радио, 1974. – 352 с.
3. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / Губинский А. И.. – Л. : Наука, 1982. – 270 с.
4. Зинченко В.П. Основы эргономики / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – М. : МГУ, 1979. – 344 с.
5. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытание. Справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашеров, И. Л. Бердников и др.; под общ. ред. А. И. Губинского. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
6. Литвак И. И. Основы построения аппаратуры отображения в автоматизированных системах / И. И. Литвак, Б. Ф. Ломов, И. Е. Соловейчик. – М.: Сов. Радио, 1975. – 352 с.
7. Ломов Б.Ф. Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение / Б.Ф. Ломов. – М.:, 1977. – 303 с.
8. Мунипов В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – М. : Логос, 2001. – 356 с.
9. Основы инженерной психологии / под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Высш.шк., 1986. – 448 с.
10. Попович П. Р. Эргономическое обеспечение деятельности космонавтов / П. Р. Попович, А. И. Губинский, Г. М. Колесников. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.

11. Сердюк С. Н. Разработка метода интеллектуальной поддержки процесса эргономического проектирования информационных моделей. Диссертация канд. техн. наук: 05.02.20/ С. Н. Сердюк. – СПб.: СПб ЭТУ, 1993. – 364 с.

12. Эргономика: Учебник / под ред. А. А. Крылова, Г. В. Суходольского. – Л.: ЛГУ, 1988. – 184 с.

13. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 184 с.

## Додаткова література

14. L. von Bertalanffy, General System Theory-A Critical Review, «General Systems», vol. VII, 1962, P. 1–20.

15. Saric I. System ergonomic as an integrated part of the product development process. – Ergonomics, 1979, vol.22, №9, P.1029-1038.

16. Shackel, B. (1991). Usability-Context, framework, definition, design and evaluation. In B. Shackel, & S. Richardson (Eds.), Human factors for informatics usability (p.27). Cambridge, UK: Cambridge University Press. – 438 с.

17. Usability Professionals' Association [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://upa.org.ru/Publications.aspx>

18. Азгальдов Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.

19. Андреева Г. М. Социальная психология. Учебник для вузов / Г. М. Андреева. – М.: – Аспект Пресс, 2008. – 363 с.

20. Анкудинов Г. И. Синтез структуры сложных объектов. Логико-комбинаторный подход / Г. И. Анкудинов. – Л.: ЛГУ, 1986. – 258 с.

21. Антонов А. В. Информация: восприятие и понимание / А. В. Антонов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 184 с.

22. Венда В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В. Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.

23. Венда В. Ф. Средства отображения информации / В. Ф. Венда. – М.: Энергия, 1969. – 304 с.

24. Вудсон У. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / У. Вудсон, Д. Коновер. – М.: Мир, 1968. – 260 с.

25. Галактионов А. И. Представление информации оператору / А.И. Галактионов. – М.: Сов. Радио, 1969. – 180 с.

26. Горюнова Л. Н. Операторская деятельность в человеко-технических системах / Л. Н. Горюнова. – СПб.: СПбГУ, 2006. – 68 с.

27. ГОСТ 2.102-68 (2002). Виды и комплектность конструкторских документов. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 8 с.

28. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

29. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

30. ГОСТ 20.39.108-85. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 32 с.

31. ГОСТ 19781-90. Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 20 с.

32. ГОСТ 21480-76. Система «Человек–машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 4 с.

33. ГОСТ 21786-76 Система «Человек–машина». Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.

34. ГОСТ 26387-84. Система «Человек–машина». Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

35. ГОСТ 28392-89 Мнемосхемы авиационные. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.

36. ГОСТ 28806-90 Качество программных средств. Термины и определения. (МКС 01.040.35). – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.

37. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Государственный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. – М.: Госстандарт России, 1994. – 10 с.

38. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000. Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование. – М.: Госстандарт России, 2001. – 16 с.

39. Губинский А.И. Обеспечение эргономического качества АСУ / А.И. Губинский. – Л.: ЛЭТИ, 1983. – 48 с.

40. Губинский А. И. Учет человеческого фактора в современных автоматизированных и производственных системах / А. И. Губинский. – Л.: ЛДНТП, 1989. – 22 с.

41. ДСТУ 2429-94. Система «людина–машина». Ергономічні та техніко-естетичні вимоги. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 12 с.

42. ДСТУ 3899-99. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999. – 33 с.

43. ДСТУ 3963-2000 Дизайн і ергономіка. Класифікація і номенклатура дизайнових та ергономічних показників якості побутових машин та приладів. – К.: Держстандарт України, 2000. – 48 с.

44. ДСТУ 4055-2001 Дизайн і ергономіка. Номенклатура дизайнових та ергономічних показників якості продукції виробничо-технічного призначення. – К.: Держстандарт України, 2001. – 30 с.

45. Душков Б.А. Основы инженерной психологии / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – М.: Академический проект, 2002. – 576 с.

46. Зараковский Г. М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г. М. Зараковский, В. В. Павлов. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
47. Зимняя И. А. Педагогическая психология / И. А. Зимняя. – М.: Логос, 2004. – 384 с.
48. Зинченко В. П. Образ и деятельность / В. П. Зинченко. – Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. – 608 с.
49. Зинченко В. П. Эргономические основы организации труда / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов, Г. Л. Смолян. – М.: Экономика, 1974. – 240 с.
50. Зинченко Т. П. Оpozнание и кодирование / Т. П. Зинченко. – Л.: ЛГУ, 1981. – 183 с.
51. Кожин А. М. Исследование оптимальных соотношений между яркостью сигналов-цифр на телевизионном экране и уровнями освещенности / А. М. Кожин, В. П. Либ. Проблемы инженерной психологии. Под ред. Б. Ф. Ломова. Вып. 2. – М.: МГУ, 1968. – 354 с.
52. Комсомольская правда в Украине №220/40 (3623/25018) 1–7 октября 2010 г.
53. Кондратьев В. П. Символическая форма записи алгоритмов работы оператора. / В. П. Кондратьев. Проблемы инженерной психологии. Под ред. Б. Ф. Ломова. Вып. 4. – Л.; ЛГУ, 1966. – 348 с.
54. Косилов С. А. Работоспособность человека и пути ее повышения / С. А. Косилов, Л. А. Леонова. – М.: Медицина, 1974. – 240 с.
55. Костюк В. И., Ходаков В. Е. Системы отображения информации и инженерная психология / В. И. Костюк, В. Е. Ходаков. – К.: Вища школа, 1977. – 192 с.
56. Котик М. А. Курс инженерной психологии / М. А. Котик. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.

57. Ломов Б. Ф. Человек и техника / Б. Ф. Ломов. – М.: Сов. Радио, 1966. – 463 с.
58. Матурана У. Древо познания / У. Матурана, Ф. Варела. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 224 с.
59. Миллер Дж. Магическое число семь плюс или минус два. / Дж. Миллер. Инженерная психология. Под ред. Д. Ю. Панова, В. П. Зинченко. – М.: Прогресс, 1964. – 476 с.
60. Науменко П.О. Упровадження міжнародних стандартів ISO 9001:2000 і сертифікація систем управління якістю на Харківському державному авіаційному виробничому підприємстві / П.О. Науменко // Інформаційний бюлетень Мінпромполітики України зі стандартизації, метрології та управління якістю. – 2004. – №1. – С.12
61. Николаев В. И. Информационная теория контроля и управления: (В прил. к судовым энерг. установкам) / В. И. Николаев. – Л.: Судостроение, 1973. – 288 с.
62. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – М.: МГТУ, 2002. – 336с.
63. Поплавська О. М. Ергономіка: Навч. посіб / О. М. Поплавська. – К.: КНЕУ, 2006. – 320 с.
64. Пул Г. Основные методы и системы индикации / Г. Пул. Под ред. Ю. А. Валова. – Л.: Энергия, 1969. – 408 с.
65. Ребрин Ю. И. Управление качеством: Учебное пособие / Ю. И. Ребрин. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174 с.
66. Ротштейн А. П. Формализованный анализ и синтез функциональных структур деятельности / А. П. Ротштейн // Кибернетика и вычислительная техника. Вып. 76, 1987. С.71–77.
67. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

68. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие / С. Ф. Сергеев. – М. : НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.

69. Сергеев С. Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред / С. Ф. Сергеев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 258 с.

70. Сергеев С. Ф. Эргономика иммерсивных сред: методология, теория, практика. Автореф. диссертации на соиск. учёной степени доктора психол. наук / С.Ф. Сергеев. – СПб: СПбГУ, 2010. – 42 с.

71. Сердюк С. Н. Классификация систем интеллектуальной поддержки эргономического обеспечения проектирования / С. Н. Сердюк // Эргономика и эффективность систем «человек–техника». Тез. Докл. XVII Межрегионального семинара, Игналина. – Вильнюс: Сов. эргоном. ассоц., ЛЭТИ, Акад. упр. Литвы, 1991. – С.82

72. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. – М.: Наука, 1969. – 203 с.

73. Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA-системы) // Мир компьютерной автоматизации. – 1999. – №3. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ankey.ru/tech/scada/intro.htm>

74. Смирнов Б. А. Инженерная психология. Экономические проблемы / Б. А. Смирнов, Б. А. Душков, Ф. П. Космолинский. – М.: Экономика, 2003. – 224 с.

75. Судебно-эргономическая экспертиза несчастных случаев в системах «человек–техника–среда» / А. Т. Ашеров, В. В. Сабадаш; Харьков: УИПА, 2008. – 145 с.

76. Суходольский Г. В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности / Г. В. Суходольский. – Л.: ЛГУ, 1976. – 120 с.

77. Человеческий фактор. В 6-ти т.т. Т.1. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина: Пер. с англ./ Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. – М.: Мир, 1991. – 599 с.

78. Человеческий фактор. В 6-ти т.т. Т.4. Эргономическое проектирование деятельности и систем: Пер. с англ. / Дж. О'Брайен, Х. Ван Котт, Дж. Векер и др. – М.: Мир, 1991. – 495 с.

79. Шлаен П. Я. Эргономика для инженеров: Эргономическое обеспечение проектирования человеко-машинных комплексов: проблемы, методология, технологии / П. Я. Шлаен, В. М. Львов. – Тверь: ТвГУ, 2004. – 476 с.

80. Экман Г. Психофизиологическое изучение картографических символов. / Г. Экман, Р. Линдман, В. Вильям-Олсон. Инженерная психология. Сб. пер. с англ., под ред. Д. Ю. Панова, В. П. Зинченко. – М.: Прогресс, 1964. – 476 с.

81. Эргономическая антропология в проектировании и оценке эргатических систем. Автореф. канд. психол. наук / А. Н. Строкина. – М.: МГУ, 2001. – 16 с.

82. Янкевич Е. Ф. Метод анализа иерархий: модификация системы оценок и их математической обработки / Е. Ф. Янкевич, Г. Ф. Коцюбинская // Управляющие системы и машины, №1/2, 1996, С. 85–91.

## АЛФАВІТНО-ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК

### А

- Адаптованість, 112
- Алфавіт, 162
  - вид, 167,175,188
  - вибір, 164, 167
  - внутрішній алфавіт, 80
  - довжина, 169
- Аналіз
  - інструментарію, 231
  - руху очей, 198
  - системний, 233
- Аналізатори
  - вібротактильний, 73,164
  - зоровий, 73, 160, 163
  - слуховий, 73, 163
- Аналізуємість, 112
- Анатомія людини, 35
- Антропологія, 35

### Б

- Багатократне використання, 119
- База даних, 104, 105
- Банк ергономічних даних, 31
- База знань і даних, 235, 241
- Безпечність, 114, 117, 118, 294
- Безповоротність, 118

### В

- Відмовостійкість, 111
- Відновлюваність, 111
- Відповідність контексту, 117
- Відповідність стандартам, 110

### Вивід

- логічний, 243
  - спеціалізований, 243
  - універсальний, 243
- ### Вироби
- виробничо-побутові, 286
  - виробничо-технічні, 286
  - ергономічні вимоги, 288–293
  - конструкція, 286–287
- ### Використання ресурсів, 112
- ### Вирішувач, 241, 243
- ### Враховуємість, 118

### Д

- Дія, 68
- Діяльність
  - ергатичних елементів, 42
  - оператора, 40, 68
  - проектувальника ІМ, 221, 233
- Документація
  - виробу, 289
  - конструкторська, 67, 284, 285
- Доступність, 113

### Е

- Ентропія
  - вимірального приладу, 87
  - джерела перешкод, 75
  - джерела повідомлень, 73
  - другого порядку, 87
  - першого порядку, 73, 87
  - фізичної системи, 72

Ергатичні системи, 30, 42  
– інформаційні, 41  
– виробничі, 41  
– експлуатаційні, 42  
Ергономіка, 12, 24  
– зв'язок, 32–38  
– задачі, 27–31  
– програмного забезпечення, 26  
Ергономічне забезпечення  
– проектування, 54  
– СЛМ, 54  
Ергономічне проектування, 54  
Ергономічність  
– адаптивна, 28  
– інформаційна, 28  
– інформаційних технологій, 100  
– наукова, 27  
програмно-інтелектуальна, 28  
– системна, 28  
Ефективність, 114

**Ж**  
Живучість, 118

**З**  
Завершеність, 111  
Задоволеність, 114  
Заміноздатність, 113  
Захищеність, 118  
ЗВІ, 40  
– буквено-цифрові, 169  
– індивідуального користування, 231  
– сучасні, 212

Знання  
– декларативні, 241–243  
– процедурні, 241–243  
Зрозумілість, 111  
Зручність, 111

**І**  
Інженерна психологія, 32  
Інтероперабельність, 119  
Інформаційна модель, 10, 40,  
– вимоги, 156, 157  
– класифікація, 191–220  
– проектування, 221, 244–250, 258–262  
– просторова організація, 159  
– релевантність, 103  
– СЛМ, 40  
– типи, 161  
– характеристики, 157–161  
Інформація  
– додаткова, 75  
– кількість, 74, 75  
– оцінка, 73  
– переробка, 73  
– прийом, 72  
– релевантність, 102  
– теорія, 79

**К**  
Керованість, 100, 102  
Коефіцієнт завантаженості, 80  
Концептуальна модель, 156  
Класи  
– AnswerContent, 250  
– BaseObject, 250  
– ConfigRules, 251

- ListElemContent, 250
- ProjectConfig, 250
- QuestionContent, 251
- RuleViewer, 251
- Rules, 250
- інформаційних моделей, 191
- Класифікація
  - ЛМС, 38–42
  - ІМ, 191–220
- Кодування
  - буквено-цифрове, 183
  - кольором, 186
  - просторовою орієнтацією, 182
  - розміром, 180
  - формою, 175
  - частотою миготінь, 187
  - яскравістю, 187
- Конфіденційність, 118
- Коректність, 110
- Корисність, 118

## **Л**

- Легкість використання, 118
- Людино-машинні системи, 39–42
- Людський фактор, 16

## **М**

- Макроергономіка, 25
- Машина, 39
- Мідіергономіка, 26
- Мікроергономіка, 26
- Метрики
  - функціональність, 110
  - надійність, 111

- зручність використання, 111
- переносимість, 112
- продуктивність, 114
- супровідність, 112
- Мнемосхема, 212
  - кольорове кодування, 215
  - принципи побудови, 212–214
- Модель
  - взаємозв'язків, 295
  - графічна, 206
  - знакова, 197
  - зображення, 193
  - інформаційна, 10, 40, 102
  - концептуальна, 156, 192
  - комбінована, 212
- Модифікованість, 112
- Модульність, 119

## **Н**

- Надійність
  - діяльності, 132, 134
  - елементів технічного забезпечення, 102
  - оператора, 137
  - програмних засобів, 111
- Настроюваність, 112
- Неергатичний елемент, 42
- Нормовідповідність, 113

## **О**

- Обслугованість, 56, 104
- Опановність, 56, 105, 111
- Оператор, 40
  - дослідник, 69
  - керівник, 69
  - маніпулятор, 69

– проектувальник, 71  
– спостерігач, 69  
– технолог, 68  
Орган керування СЛМ, 40

## **П**

Переміщуваність, 125  
Переносимість, 112  
Підхід  
– антропоцентричний, 27  
– машиноцентричний, 27  
– системний, 233  
Підсистема  
– база знань та даних, 241, 242  
– вирішувач, 241, 243  
– інтелектуальний інтерфейс, 241, 250  
Помилки  
– декодування, 171, 197  
– інженерні, 284  
– оператора, 46, 138  
Привабливість, 111  
Програмне забезпечення, 108  
Програмний засіб, 108  
Програмний продукт, 109  
Продуктивність, 111, 114, 117  
Продукційні правила, 241

## **Р**

Робоче місце оператора СЛМ, 40  
Релевантність, 102  
Розпізнаваність, 118

## **С**

Системи

– аутопоетичні, 31  
– гуманістичні, 41  
– ергатичні, 41  
– людина-машина, 39  
– людина-техніка, 41  
– організаційні, 41  
– технічні, 31  
Співіснування, 113  
Справжність, 118  
Стабілізованість, 109  
Стабільність модифікації, 119  
Стандарти  
– ISO/IEC 25010.2–2008, 114–119  
– ISO 9000, 62  
– ISO 9126, 109–114  
– ISO 9241, 56–60  
– гармонізація, 62  
– міждержавні, 63  
Стійкість, 117  
Структура  
– автоматизованої системи, 299  
– компонентно-елементна, 234–236  
– компонентно-системна, 233  
– компонентно-функціональна, 235  
– СП, 241  
Сумісність, 119

## **Т**

Тестуємість, 112  
Технічна доступність, 118  
Технічні засоби, 39  
Точність, 139

## **Ф**

### **Функції**

– оператора-маніпулятора, 69

– опитування експерта, 245

**Функціональність**, 110

## **Х**

### **Характеристики**

– одноканальної СМО, 87

– якості, 110-125

– яскравості, 67

## **Ц, Ч, Ю**

**Цілісність**, 118

**Часоємність**, 111

**Юзабіліті**, 58, 106

– метрики, 106, 125–127, 128–131, 132–137

## **Я**

### **Якість**

– модель, 109

– програмного забезпечення, 109

– програмного продукту, 109–114

– у використанні, 113–117

### **Яскравість**

– знаків, 187

– фону, 66, 215

– кодування, 167,187

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CAD (Computer-Aided Design) – комп’ютерна підтримка проектування

CAE (Computer-aided engineering) – підтримка інженерних розрахунків

CAM (Computer-Aided Manufacturing) – комп’ютерна підтримка виготовлення

EPD (Electronic Product Definition) – електронний опис об’єкту

ISO (International Organization for Standardization) – Міжнародна організація зі стандартизації

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерське керування і збір даних

VDT (Visual Display Terminal) – візуальний дисплейний термінал

АС – автоматизована система

АСК ТП – автоматизована система керування технологічними процесами

АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва

БД – база даних

БЗД – база знань та даних

ВЕА – Всеукраїнська ергономічна асоціація

ВНДІТЕ – Всесоюзний науково-дослідний інститут технічної естетики

ВУ – відношення узгодженості

ГПК – графічний інтерфейс користувача  
ДСТУ – державний стандарт України  
ЕЗП – ергономічне забезпечення проектування  
ЕС – експертна система  
ЕТС – ерготехнічна система  
ЗВІ – засоби відображення інформації  
ЗЕВ – загальні ергономічні вимоги  
ЗНТУ – Запорізький національний технічний університет  
ЗУЕ – зовнішні установчі елементи  
ІФ – інтелектуальний інтерфейс  
ІМ – інформаційна модель  
ІПЗ – інженер по знанням  
ІТ – інформаційні технології  
ІУ – індекс узгодженості  
КА – кавовий апарат  
КД – конструкторська документація  
ЛМС – людино-машинна система  
МАІ – метод аналізу ієрархій  
МЕА – Міжнародна ергономічна асоціація  
МПП – матриця попарних порівнянь  
МРЕА – Міжрегіональна ергономічна асоціація  
ОЕВ – окремі ергономічні вимоги  
ОК – органи керування  
ОКК – об'єкти контролю і керування  
ОПР – особи, що приймають рішення  
ОС – операційна система  
ПДЗ – підзадача  
ПЗ – програмне забезпечення  
ПП – програмний продукт  
ПРЗ – програмний засіб  
ПФ – процес функціонування

РЕА – радіоелектронна апаратура  
РЕАС – Радянська ергономічна асоціація  
РЛС – радіолокаційна станція  
РПС – програма «Рішення проблемних ситуацій»  
САПР – система автоматизованого проектування  
САтаПКІС – Системний аналіз та проектування  
комп'ютерних інформаційних систем  
СПП – система інтелектуальної підтримки  
СЛМ – система «людина–машина»  
СЛТС – система «людина–техніка–середовище»  
СМО – система масового обслуговування  
СРПВ – стандарти системи розробки і постановки продукції на виробництво  
ССБП – система стандартів безпеки праці  
ТФС – типова функціональна структура  
УСМ – узагальнений структурний метод  
ЧПК – числове програмне керування

*Навчальне видання*

**СЕРДЮК Сергій Микитович**

**ЕРГОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ  
ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ**

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір *Сердюк С.М.*

Верстання *Дяченко О. О.*

Дизайн *Чепіга Н.К.*

Оригінал-макет підготовлено  
в редакційно-видавничому відділі ЗНТУ

Підписано до друку 14.06.2013. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,41.  
Тираж 300 прим. Зам. № 795.

Запорізький національний технічний університет  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769-82-96, 220-12-14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2394 від 27.12.2005.