МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Тачиніна О.М.

“_____”_____2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 151 «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Тема: Зоровий канал пілота в контурі штурвального управління

Виконавець:	Гаврилюк Анна Вікторівна
Керівник: к.т.н., доцент	Троянов Петро Петрович
Консультант розділу «Охорона праці»:	Козлітін О.О.
Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»:	Фролов В.Ф.
Нормоконтролер:	Дивнич Микола Полікарпович

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____АЕТ

_____

Кафедра _аерокосмічних систем управління

_____

Напрям (спеціальність) 6.050201 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»____

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____Тачиніна О.М.

«_____»_____2020 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання дипломної роботи (проекту)
_Гаврилюк Анни Вікторівни
(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): Зоровий канал пілота в контурі штурвального управління

затверджена наказом ректора від «_08_»_жовтня_2020 р. №__1944/ст_____

2. Термін виконання роботи (проекту): з 5 жовтня 2020 р. по 27 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи (проекту): часові характеристики зорового каналу

4. Зміст пояснювальної записки: Задача управління, опис об'єкта дослідження. Методи вирішення оптимізаційної задачі. Рішення задачі синтезу оптимального закону стабілізації крену

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація на ЕОМ змісту роботи й основних висновків, графіки проведення розрахунків, графіки результатів

6. Календарний план-графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Підготовка теоретичної інформації за результатами обробки літературних джерел	15.09.20 - 12.10.20	
2	Підготовка вхідних даних для досліджуваної системи	12.10.20 - 22.10.20	
3	Вибір програмного забезпечення для виконання розрахунків	22.10.20 - 30.10.20	
4	Виконання розрахунків, аналізу та синтезу оптимального закону управління безпілотним літаком	30.10.20 - 16.11.20	
5	Оформлення результатів розрахунків дослідження діяльності системи	16.11.20 - 19.11.20	
6	Охорона праці	19.11.20 - 25.11.20	
7	Охорона навколишнього середовища	25.11.20 - 1.12.20	
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до захисту	1.12.20 - 7.12.20	

8. Дата видачі завдання «_____»_____20_____р.

Керівник роботи (проекту)_____ Троянов П.П.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи **“Зоровий канал пілота в контурі штурвального управління»**

Вступ: У дипломній роботі будуть розглядатися питання, пов’язані з впливом на реакцію оператора типу зображень на різних відстанях з урахуванням процесу акомодації.

Об’єкт дослідження: зоровий канал оператора.

Предмет дослідження: процес акомодації ока в зоровому каналі оператора.

Актуальність дослідження: серед різноплановості проблеми вивчення часових характеристик зорового каналу оператора актуальними є ті аспекти, що пов`язані з підвищенням функціональної якості і ефективності систем управління за рахунок використання досліджень процесів акомодації. Особливо це стосується різних автоматизованих систем управління, функціонування яких потребує вирішення багатьох проблемних питань за допомогою використання зорового каналу оператора. Тому актуальними є вивчення проблемних питань процесів акомодації. Пропонується новий підхід до розробки рекомендацій та пропозицій щодо аналізу впливу на реакцію оператора типу зображень на різних відстанях.

***Мета дослідження*:** дослідження процесів акомодації ока оператора в складі автоматизованих систем управління, а також їх параметрів і характеристик, пропозицій щодо провадження нових методів, засобів підвищення ефективності систем управління за участю оператора, математичних моделей і процедур оцінювання й оптимізації; дослідження впливу акомодації ока оператора з урахуванням різних типів зображень на динамічні характеристики зорового каналу.

Формулювання дослідження: методика та програма автоматизованого експерименту для визначення часових характеристик оператора з

урахуванням процесів акомодації ока та різних типів зображень. Динамічні характеристики зорового каналу оператора з урахуванням акомодації ока.

Методи дослідження: експериментальні та аналітичні дослідження зорового каналу, методичні засади проведення автоматизованого експерименту з визначення реакції оператора на різні типи зображень, алгоритмічні та програмні засоби для автоматизації проведення експерименту, обробки результатів, методи ТАУ.

Результати дослідження: На підставі проведення тестування визначено, що тип зображень «по контуру» найкраще сприймається оператором. Акомодація ока оператора займає суттєву частину часу сприйняття зображень оператором (до 30%). Створено математичний опис ока як динамічного об'єкта, розглянуто математичні моделі процесів акомодації.

Ключові слова: людино-машинна система, складна система зорового каналу, математична модель ока, процес акомодації.

Вступ

Проблема підвищення ефективності професійного відбору та підготовки операторів, пов’язаних із процесами керування об’єктами, що рухаються (літаками, судами та ін.), з кожним роком стає все більш актуальною в аспекті безпеки та надійності польотів. Тому необхідно розробляти індивідуальні методики тестування операторів з різними умовами та напрямками праці.

Велика кількість авіаційних приладів призначено для сприйняття оком оператора. У багатьох приладах візуалізації і спостереження саме око виявляється кінцевою ланкою, що приймає й аналізує інформацію в системі «око — прилад». Від зорових здібностей ока оператора, його роботи в цій системі залежить успішне виконання основної задачі управління повітряним рухом. Тому авіаційні фахівці повинні знати побудову, властивості, можливості і специфіку зору людини. Без цих знань неможливо забезпечити погоджену роботу системи «око — прилад».

У запропонованій дипломній роботі узагальнені відомості про побудову і роботу ока, а також рекомендації з визначення основних характеристик зорового каналу з метою відбору операторського складу.

Для узагальнення великого літературного матеріалу по дослідженню зору була використана керівна ідея доц. Троянова П. П., що дозволяє раціонально відбирати і систематизувати його та аналізувати отримані результати.

Велика увага приділена часовим характеристикам зорового каналу, його інерційним властивостям, процесу акомодації та тестування операторів з різною реакцією на вплив різних типів зображень на заданих відстанях.

1. Зоровий канал оператора та його складові частини

Робота оператора для управління повітрянім рухом стає набагато складнішою в сенсі прийняття науково обґрунтованих рішень. Тобто, із розвитком авіаційної техніки автоматичні системи управління стають більш автономними, але вирішальні рішення приймає оператор.

Відомо, що зір володіє найбільшою інформаційною ємністю та пропускною спроможністю у порівнянні з іншими органами відчуттів людини. Людина-оператор через зоровий аналізатор сприймає біля 90% всієї інформації. Необхідно зауважити, що аналізатори людини (очі) функціонують як єдина складна система, що реєструє візуальну інформацію навколишнього середовища, а мозок проводить оцінку всіх ситуацій. Тому під зоровим каналом оператора будемо розуміти канал сприйняття інформації, що реагує на подразнення.[4]

Методика розробки алгоритмів тестування зорового каналу оператора в системі око – прилад полягає в наступному.

1. Складання переліку дій і операцій для включення в алгоритм тестування оператора в системі око – прилад. При цьому дії оператора рекомендується розділяти на пізнавальні і виконуючи.

2. Визначення алгоритму послідовності виконання операцій та дій.

3. Опис технологічного, психологічного та психофізіологічного змісту операцій і дій оператора при реалізації алгоритмів в різних варіантах виконання функцій.

4. При тестуванні можливостей зорового каналу оператора в системі око – прилад слід виходити з загальних його властивостей та покладених на нього функцій.

За допомогою цих алгоритмів тестування можна моделювати процес роботи оператора. Його головне завдання – відтворити дії людини в реальних умовах. Але, враховуючи, що людина - найскладніша ланка в людино – машинних системах (ЛМС), можна говорити про результати моделювання

лише із якимось ступенем довіри або рівнем ймовірності. Набагато простіше звузити коло необхідних параметрів і провести тестування людини в умовах наближених до реальних. Це дає можливість отримати реальні результати за короткий термін та набагато дешевше ніж моделювання. Хоча є один недолік - для отримання визначених вихідних даних необхідно створювати окремі тести, але це компенсується легкістю в управлінні процесом тестування.

1.1. Загальні теоретичні відомості про побудову та роботу органа зору

Орган зору, будучи складною системою, пристосований для сприйняття світла і витягу з нього інформації про зовнішній світ. Іменований зоровим аналізатором, він складається з трьох відділів: периферичного, провідникового і центрального.

Периферичний відділ утворюють два очних яблука, що представляють собою сукупність оптичної і світлосприйнятливої систем. Оптична система кожного ока складається з оптики, що створює зображення предметів зовнішнього світу на сітківці, а також м'язових систем, одна з яких керує рухом очей, інша, розташована усередині очного яблука, забезпечує фокусування зображення на сітківці і регулює освітленість на ній, змінюючи розмір зіниці, що, крім того, змінює глибину різкості. Світлосприйнятливою системою ока є його сітчаста оболонка, що містить світлочутливі клітки – зорові рецептори. Провідниковим відділом служать зорові нерви, що з'єднують окремими волокнами зорові рецептори з клітками потиличної частини кори головного мозку, де розташована центральна ланка зорового аналізатора, що сприймає й аналізує те, що бачить око.

Очне яблуко людини (рис. 1.1) має форму, близьку до кулястої, складається з декількох оболонок і розміщується в особливому порожньому просторі черепа – очниці. Зовнішня, досить міцна, з'єднувальна-тканинна оболонка очного яблука, що забезпечує його форму, називається склерою, чи

білковою оболонкою. У передній частині очного яблука склера переходить у більш опуклу прозору рогову оболонку, чи роговицю.

Під склерою знаходиться більш тонка судинна оболонка, що складається з мережі дрібних кровоносних судин, що харчують очне яблуко. Попереду судинна оболонка товщає і переходить у так зване ресничне тіло і райдужну оболонку.

Райдужна оболонка складається з ніжних з'єднувально-тканинних фібрил, кровоносних судин, м'язових волокон і пігментних кліток (від числа останніх і залежить колір очей). У центрі райдужної оболонки мається отвір — зіниця. Він відіграє роль, подібну до діафрагми у фотоапараті.

Кільцеві і радіальні м'язові елементи, які знаходяться в райдужній оболонці, відають звуженням і розширенням зіниці. Завдяки їм діаметр зіниці ока при зміні освітленості може змінюватися в межах від 2 до 8 мм. До ресничного тіла прикріплена найтоншими зв'язуваннями прозора двоопукла лінза — кришталик.

Простір між роговицею і райдужною оболонкою називається передньою камерою, а простір між райдужною оболонкою і кришталиком — задньою камерою. Обидві камери заповнені рідиною, що називається водянистою вологою. Інша порожнина очного яблука заповнена холодцеподібною речовиною, називаною склоподібним тілом.

До судинної оболонки з усієї її внутрішньої поверхні прилягає пігментний шар епітеліальних кліток. Перед пігментним шаром, примикаючи до нього, лежить внутрішня оболонка ока — сітчаста оболонка, чи ретина. Вона виконує основну функцію ока — сприймає формоване оптикою ока зображення зовнішнього світу, перетворить його в нервове порушення і направляє в мозок. Будівля сітківки надзвичайно складна. Звичайно в ній нараховують 10 шарів.

Задачею зорового аналізатора, є розпізнавання зображень і орієнтування у просторі.[11] В нормальних умовах допоміжний і оптичний апарати ока забезпечують проекцію чітких зображень зовнішнього світу на сітчатку

оболонку. Завдяки допоміжним механізмам об'єкт, що потрапив у поле зору, звертає на себе увагу і фіксується очима так, щоб положення зображення на сітчатці було оптимальним для впізнання і вивчення його деталей. Основна увага в дипломній роботі приділяється процесу акомодації у взаємозв'язку з фіксацією, конвергенцією, зіничними реакціями і слідкуючими рухами очей, що є прямим механізмом, який забезпечує встановлення і максимальну чіткість зображень. Стан фіксаційної здібності, при якої зображення об'єкта потрапляє у область сітчатки із максимальною розрізняючою спроможністю (центральна ямка), в основному визначає рівень зорової роботоспроможності і стійкості уваги оператора, що важливо для вирішення задач управління повітряним рухом.

Відомо, що основними елементами оптичної системи людини є кришталик, сітчатка та рогівка.

Кришталик виконує роль лінзи зі змінною діоптрійною силою, його основне завдання - сфокусувати світло на поверхні сітчатки таким чином, щоб фокус світла попадав на центральну зорову ямку.

Сітчатка виконує функцію фоторецептора і складається з п'яти слоїв. Приблизно 1 млн. гангліонарних кліток в сітчатці порівнює візуальні сигнали від груп, складених від десятків до сотень фоторецепторів і самостійно інтерпретуючих все, що відбувається в проєцируємій на них частині поля зору. Коли інтенсивність світла в даному секторі змінюється, гангліонарна клітина передає по зоровому нерву до мозку електричний імпульс. Кожна клітина збуджується пропорційно відносному зміненню інтенсивності світла у часу або у просторі, а не в абсолютному вхідному рівні. Чуттєвість нерва зменшується з ростом загальної інтенсивності світла таким чином, щоб око пристосовувалось, наприклад, зміненню яскравості неба в 100 тис. разів при переході від ранкового світла до денного[13]. Оптимальні умови сприйняття є впізнання предметів з розмірами 30…40′(оперативний поріг складає не менше 15′).[17] Кількість об'єктів, які може охопити людина на протязі однієї зорової фіксації складає 4-8.

Основними характеристиками будь-якого аналізатора є пороги-абсолютний (верхній, нижній), диференційний і оперативний. Поріг контрастної чуттєвості - це той контраст, який сприймається в даних умовах.

В дипломній роботі основна увага приділяється часовим характеристикам зорового каналу, до яких відноситься латентний період зорової реакції, час інерції відчуття, критична частота мерегтіння, час адаптації.

Латентний період зорової реакції визначається проміжним часом від моменту подання сигналу до моменту відчуття.

Критична частота мерегтіння – мінімальна частота за якої переривне зображення сприймається як неперервне. Значення критичної частоти зростає зі збільшенням яскравості, кутового розміру та складності конфігурації.

Час адаптації - це час саморегулювання у обставинах, які змінилися. Перехід від світла до темряви може складати десятки хвилин, а від темряви до світла - кілька хвилин.

Полем зору називається вся видима двома очима область, якщо обидва ока фіксовані на одній точці.

Середній час наведення ока на одну точку 0,17 с, точність визначення площини двох фігур або їх яскравість ≈ 2%. Розрізняюча спроможність ока по горизонталі вища ніж по вертикалі.

Умовно все поле бачення можна розбити на зону центрального зору (біля 4°) з найбільш чітким розрізненням деталей, зону ясного бачення (від 4 до 30…35°), де при умові, що око нерухоме, можна впізнати предмет, не розрізняючи дрібних деталей, і зону периферійного бачення (від 30 до 70…90°), де предмети можна побачити, але вони не впізнаються. Тривалість пошукових рухів зорового аналізатора визначається кутом, на який переміщується погляд: $\tau_у=0,25+0,004\beta$, де β-кут переміщення погляду, градус, $\tau_у$ –час переміщення погляду, який характеризує “стрибок”-фіксацію погляду для впізнання та розрізнювання деталей, с.

Мінімальна швидкість руху об'єкта, помітна оку (час показу 10…15 с), 1…2 кут.хв/с при наявності в полі зору фіксованої точки відліку та 10…15 кут.хв/с при відсутності точки відліку. При організації інформаційного поля оператора необхідно, щоб в зону фіксації погляду розміром 10° влучало не більше 4-8 інформативних об'єктів.

Час фіксації залежить від цілої низки таких факторів, як властивість інформаційного поля , засіб діяльності спостерігача, ступінь складності шуканих елементів. Середня тривалість зорової фіксації для різних задач інформаційного пошуку приведені в Таблиці 1.

Таблиця 1.

Задача	**τ_ϕ, мс**	**Задача**	**τ_ϕ, мс**
Пошук відмітки на екрані	370	Пошук простих геометричних фігур	200
Читання літери або цифри	310	Фіксування загорання індикатора	280
Пошук умовних знаків	300	Ознайомлення із ситуацією, позначеною умовними знаками	640

Наведені дані мають досить широкий діапазон значення τ_ϕ. Однак слід враховувати, що буде спостерігатись ще більше розкидання цих значень за рахунок урахування впливу зовнішніх умов і навичок оператора.

Більша частина інформації, яку людина отримує через органи відчуттів є візуальною, тому цей вид інформації є найважливішим. Особливе значення для безпомилкового зчитування придбає оптимальне представлення інформації на знакосинтезуючих індикаторах.[18]

Інженерна психологія визначає оптимальне співвідношення ширини символу до його висоти, яке дорівнює близько 0,6…0,8. Рекомендоване

відношення ширини обвідки до висоти знака має велике розкидання – від 0,166 до 0,05.

1.2. Теоретичні відомості про оптичну систему ока

Розв'язання того або іншого завдання в будь-якій предметній області передбачає в першу чергу окреслення досліджуваної системи, визначення її структури, виділення підсистем і визначення системної функції. У сучасній науці поняття структури тісно пов'язане з поняттями системи й організації. Система, як взаємодія елементів, характеризується певною структурою; організація системи містить у собі як структурні, так і функціональні характеристики.[3],[25]

Розглянемо складові ока як системи (рис. 1.1). Для того, щоб це зробити, необхідно просумувати всі знання по морфології (структурі) ока з урахуванням його функціональних властивостей, тобто розглянути ті задачі, які вирішує око.

Добре відомо, що око людини являє собою майже кулясте тіло, обмежене склерою. У передній частині очного яблука практично непрозора оболонка (склера) переходить у більш опуклу прозору роговицю. Склера й роговиця обумовлюють форму ока, захищають його й слугують місцем кріплення м'язів, що рухають око Діаметр усього очного яблука близько 22-24 мм, маса 7-8 г.

Між роговицею й кришталиком знаходиться передня камера, заповнена водянистим вмістом. Важливою складовою частиною ока є кришталик, що представляє собою оптичне тверде тіло. Кришталик має форму двоопуклої лінзи із закругленими краями й відокремлює передню камеру ока від іншої частини очного яблука. Порожнина очного яблука, розташована за кришталиком, заповнена холодцеподібною рідиною. Під склерою лежить судинна оболонка, утворена мережею кровоносних судин.

У передній частині ока судинна оболонка товщає, переходить у війкове тіло й далі в райдужну оболонку. Вони утворені гладкими м'язовими волокнами; м'язові волокна війкового тіла прикріплені до склери. Райдужна оболонка є діафрагмою, що обмежує проходячий пучок променів. Через отвір у райдужній оболонці (зіниця) світло проникає в око. Залежно від величини падаючого світлового потоку діаметр зіниці може змінюється від 2 до 8 мм.

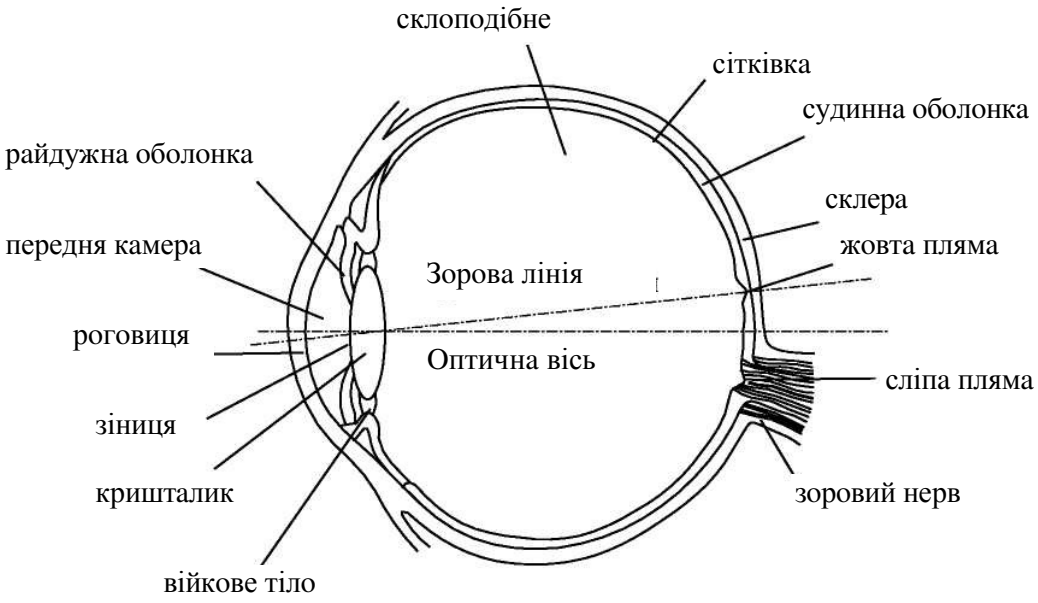


Рис. 1.1 Схема будови ока.

Внутрішня поверхня задньої камери покрита сітківкою, що представляє собою світлочутливий шар. Одержуване світлочутливими елементами сітківки подразнення передається волокнам зорового нерва й по них досягає зорових центрів мозку. Між сітківкою й склерою знаходиться тонка судинна оболонка, що складається з мережі кровоносних судин, що живлять очі.[4]

Місце входу зорового нерва являє собою сліпа пляма. Трохи вище розташована жовта пляма - ділянка найбільш ясного бачення. Лінія, що проходить через центр жовтої плями й центр кришталика, називається зоровою віссю. Вона відхилена від оптичної осі ока на кут близько 5°.

Таким чином, око являє собою складну організовану систему, що виконує три якісно різних системних функції: світлоізолюючу, світлочутливу й світлозаломлюючу. Ці функції ока як системи можуть бути умовно віднесені до трьох підсистем.[30]

Світлоізолююча функція є системною функцією підсистеми ока, що включає в себе райдужну оболонку, зіницю й відповідні м'язові волокна. Іншими словами, можна казати про системну функцію цієї підсистеми так: при будь-якій освітленості предметів у середовищі ця підсистема за рахунок зміни розміру зіниці забезпечує подразнення адекватної кількості фоторецепторів сітківки, тобто при яскравій освітленості зіниця звужується, а при недостатній - збільшується.

Світлочутливу функцію виконує підсистема, що складається з фоторецепторів сітківки. Під дією світла фоточутливий зоровий пігмент фоторецептора змінюється, а один із проміжних продуктів цієї зміни викликає зорове збудження. Таким чином, світлочутлива функція як системна функція даної підсистеми ока полягає в перетворенні світла в зорове зображення.

Світлозаломлюючу функцію виконує підсистема, у якій беруть участь наступні морфоструктурні елементи: роговиця, передня камера, кришталик, задня камера очного яблука, сітківка й війковий м'яз. Системна функція цієї підсистеми полягає в тому, щоб фокусувати на сітківці зорове зображення.

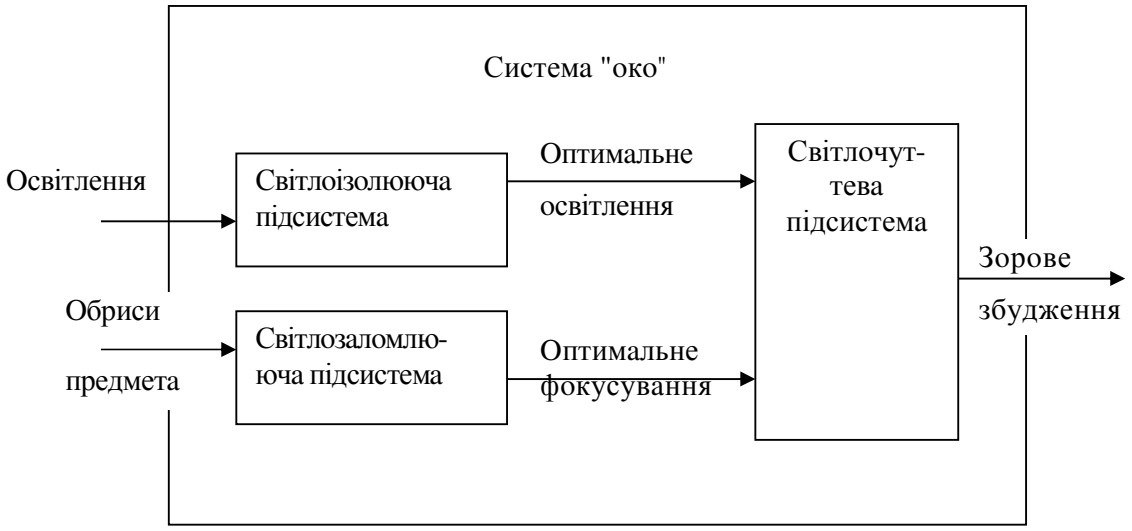


Рис. 1.2 Єдність підсистем системи "око".

Отже, розглянуті вище підсистеми (світлоізолююча, світлочутлива й світлозаломлююча) утворять цілісну систему «око» (рис. 1.2). На рис. 1.2 зображені вхідні сигнали для кожної з підсистем. Так, загальна освітленість і обриси зорового предмета умовно розділяються на два входи для двох підсистем: освітленість є вхідним сигналом для підсистеми, що регулює розмір зіниці; обрис предмета - вхідний сигнал підсистеми, що регулює фокус на сітківці. Вхідним сигналом для світлочутливої підсистеми є результат роботи двох інших підсистем, тобто ця система поєднує роботу світлоізолюючої і світлозаломлюючої підсистем.

Світлозаломлююча підсистема. Світлозаломлююча підсистема є одним з найважливіших об’єктів дослідження в даній дипломній роботі. Надалі під терміном "око" як система будемо розуміти саме цю підсистему.

Розглянемо більш детально складові ока як системи, маючи на увазі об'єкт дослідження, що цікавить нас. У цьому випадку всі морфологічні елементи, що належать до цієї підсистеми, можна розділити на дві групи:

- структурні елементи, що характеризуються своїми розмірами, які змінюються в процесі фокусування зображення на сітківці;

- функціональні елементи, які побічно характеризують можливості акомодації.

До першої групи належать:

- передня камера, що характеризується глибиною й діаметром роговиці;

- кришталик, що характеризується товщиною;

- задній відділ, що характеризується відстанню від кришталика до сітківки.

До другої групи належать властивості:

- війкового м'яза (кільцеподібний і меридіональний), які побічно характеризуються резервом акомодації (РА), тобто здатністю ока фокусувати зображення на сітківці при розгляді далеких предметів;

- відносний об'єм акомодації (ВОА), тобто здатність ока фокусувати зображення на сітківці при розгляді предметів поблизу.

Таким чином, ми розглянули елементну інформаційну модель ока як системи.

Визначення. Дамо визначення деяких понять, що зустрічаються в дипломній роботі.

Око як система - світлозаломлююча підсистема системи «око», що є об'єктом дослідження й поєднує в єдності структурні параметри й функціональні властивості.

Системна функція ока - забезпечення точної фіксації зображення на сітківці незалежно від відстані до розглянутого предмета і його освітленості.

Структурні параметри - морфоструктурні елементи природного ока, що беруть участь у процесі переломлення світла й характеризуються своїми розмірами.

Функціональні властивості - активність спеціальних інтраокулярних м'язів (війковий м'яз), оцінювана РА й ВОА.

Структурно-функціональна єдність - взаємозв'язок структурних і функціональних елементів, що забезпечує виконання системної функції ока.

Оптична система ока — система іммерсіонна: світло, пройшовши через роговицю, залишається і будує зображення в середовищі з показником переломлення n_r, що відрізняється від одиниці. Тому для ока передня фокусна відстань f відрізняється від задньої f' не тільки за знаком, але і за абсолютним значенням внаслідок формули

$$f'/f = n'/n;\ n=1, \qquad n' = 1{,}336.$$

В оці кілька заломлюючих поверхонь. Форма кожної з них відрізняється від сферичної, а центри їх не лежать на одній прямій — система нецентрована. Усе це надзвичайно ускладнює вивчення й опис ока. Однак для практичних розрахунків цілком придатний наближений опис, у якому поверхні прийняті за сферичні, і деяка лінія обрана так, що центри всіх сфер лежать до неї достатньо близько і її можна вважати оптичною віссю ока. Однак центр фовеоли не лежить на оптичній осі. Лінія, проведена від крапки, що фіксується оком, в центр фовеоли, називається зоровою віссю. З оптичною віссю ока вона складає кут приблизно 5° (кут «гама»).

На підставі виміру параметрів багатьох реальних очей і обчислення їхніх середніх значень можна скласти уявлення про деяке «середнє» око. Спрощена модель оптичної системи ока, що представляє собою центровану оптичну систему і відповідна середнім, знайденим досвідченої шляхом, значенням, називається схематичним оком.[21]

З таблиці видно, що фокусування променів від різних предметів (об'єктів спостереження) на сітківці здійснюється в основному завдяки оптичній силі роговиці і кришталика. Внаслідок того, що акомодація змінює цілий ряд параметрів, у табл. 1.1 приведені значення для двох станів ока: для спокою акомодації і максимальної акомодації (перше значення говорить про те, що воно не залежить від стану акомодації).[18],[13]

У табл. 1.1. приведені параметри схематичного ока.

Таблиця 1.1 Дані схематичного ока

Параметр ока	Точне око		Спрощене око	
	для спокою акомодації	для max акомодації, близько	для спокою акомодації	для max акомодації, близько
Показник переломлення:				
роговиці	1,376	1,376	-	-
водянистої вологи и скловидного тіла	1,336	1,336	1,336	1,336
кришталика	1,386	1,386	1,413	1,424
еквівалентного ядра кришталика	1,406	1,406	-	-
Відстань від вершини роговиці, мм:				
передньої поверхні роговиці	0	0	0	0
задньої - " - - " –	0,5	0,5	-	-
передньої поверхні кришталика	3,6	3,2	-	-
задньої - " - - " –	7,2	7,2	-	-
оптичного центра кришталика	-	-	5,85	5,2
Радіус кривизни, мм:				
передньої поверхні роговиці	7,7	7,7	-	-
задньої - " - - " –	6,8	6,8	-	-
еквівалентної - " - - " –	-	-	7,8	7,8
передньої поверхні кришталика	10	5,33	10	5,33
задньої - " - - " –	-6	-5,33	-6	-5,33
Оптична сила, дптр.:				
передньої поверхні роговиці	48,83	48,83	-	-
задньої - " - - " –	-5,88	-5,88	-	-
еквівалентної - " - - " –	-	-	43,08	43,08
передньої поверхні кришталика	5	9,375	7,7	16,5
ядра кришталика	5,985	14,95	-	-
задньої поверхні кришталика	8,33	9,375	12,833	16,5
Система роговиці:				
заломлююча сила, дптр.	43,05	43,05	43,08	43,08
місцезнаходження першої головної точки, мм	-0,0496	-0,0496	0	0
місцезнаходження другої головної точки, мм	-0,0506	-0,0506	0	0
передня фокусна відстань, мм	23,227	23,227	23,214	23,214
задня - " - - " –, мм	31,031	31,031	31,014	31,014
Система кришталика:				
заломлююча сила, дптр.	19,11	33,06	20,53	33
місцезнаходження першої головної точки, мм	5,678	5,145	5,85	5,2
місцезнаходження другої головної точки, мм	5,808	5,225	5,85	5,2
фокусна відстань, мм	69,908	40,416	65,065	40,485
Повна система ока:				
оптична сила, дптр.	58,64	70,57	59,74	70,54
місцезнаходження першої головної точки, мм	1,348	1,772	1,505	1,821
місцезнаходження другої головної точки, мм	1,602	2,086	1,631	2,025
місцезнаходження точки переднього фокуса, м	-15,707	-12,397	-15,235	-12,355
місцезнаходження точки заднього фокуса, мм	24,387	21,016	23,996	20,963
місцезнаходження першої вузлової точки, мм	7,078	6,533	-	-
місцезнаходження другої вузлової точки, мм	7,332	6,847	-	-
передня фокусна відстань, мм	-17,055	-14,169	-16,740	-14,176
задня - " - - " –, мм	22,785	18,930	22,365	18,938
місцезнаходження центр. ямки сітківки, мм	24	24	24	24
місцезнаходження ближ. точки бачення, мм	-	-102,3	-	-100,8
радіус кривизни сітківки, мм	-10,5	-10,5	-	-
осьова рефракція, дптр.	+1,0	-9,6	0	-9,7
місцезнаходження вхідної зіниці, мм	3,047	2,668	-	-
місцезнаходження вихідної зіниці, мм	3,667	3,212	-	-
коефіцієнт збільшення в зіницях	0,909	0,941	-	-

Хоча дана схема ока побудована приблизно, з її допомогою можна робити розрахунки з точністю, цілком достатньої для практичних цілей, наприклад, як побудувати зображення предмета на сітківці і розрахувати його розміри.

Нехай предмет, висота якого *y,* знаходиться на відстані *l* від ока (рис. 1.3). Будемо вважати, що за абсолютним значенням $l \geq f$ і що, отже, при спокої акомодації зображення предмета буде сфальцьоване на сітківці.

Побудова зображення предмета на сітківці ока виробляється за правилами геометричної оптики: промінь світла від крапки *B,* спрямований через передню вузлову крапку ока *N,* пройде через другу вузлову крапку *N′* паралельно первісному напрямку. Крапка ж предмета *A* без переломлення зобразиться на сітківці в крапці *A′.*

Розмір зображення $y' = |A'B'| = l' \operatorname{tg} \alpha$ чи (через малість α $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$) $y' = \alpha\, l'$, а відрізок l' знаходиться як різниця між довжиною ока і відстанню від вершини роговиці до другої вузлової крапки (відповідно рівними згідно табл. 1.1 24 мм і 7,332 мм):

$$l' = 24\text{-}7{,}332 = 16{,}668. \qquad (1.1)$$

Лінійне збільшення β_y, рівне відношенню *y′ до y,* приймає вид

$$\beta_y = \frac{y'}{y} = \frac{\alpha l'}{\alpha l} = \frac{l'}{l} \qquad (1.2)$$

Тому що *l* — величина негативна, збільшення β_y — негативне, тобто на сітківці ока виходить зворотне зменшене зображення предметів.

Незручність побудов і розрахунків, аналогічних тим, що приведені вище, зв'язано з наявністю двох вузлових крапок у схемі Гульстранда, відстань між який дуже мало: всього 0,254 мм.

З метою подальшого спрощення розрахунків була запропонована ще більш проста модель ока, так називаний приведене, скорочене око. Існує кілька схем скороченого ока. У табл. 1.2 приведені дані скороченого ока по

Вербицькому, тому що вони ближче усього підходять до даних схематичного ока по Гульстранду.

У скороченому оці тільки одна заломлююча поверхня — роговиця. Все око наповнене однорідним середовищем з одним показником переломлення n_r і тому обидві вузлові крапки замінені однією крапкою, що збігається з центром кривизни роговиці.

Відомо, що у випадку акомодації параметри скороченого ока повинні змінюватися. На кожну діоптрію акомодації показник переломлення варто збільшувати на 0,004, а радіус кривизни зменшувати на 0,04 мм у порівнянні з табличними значеннями, справедливими для спокою акомодації.

Для обліку акомодації також запропоновано більш простий спосіб: при збільшенні акомодації на одну діоптрію зменшувати радіус роговиці на 0,1 мм, а показник переломлення зберігати постійним і рівної 1,4.

Таблиця 1.2. **Дані скороченого ока**

Параметр ока	**Значення при спокою акомодації**
Оптична сила (рефракція), дптр.	58,82
Довжина ока, мм	23,4
Радіус кривизни роговиці, мм	6,8
Показник заломлення склоподібного тіла	1,40
Радіус кривизни поверхні сітчатки, мм	10,2
Місцеположення * головних точок, мм	0
Місцеположення * вузлових точок, мм	6,8
Передня фокусна відстань, мм	-17,0
Задня фокусна відстань, мм	23,8

* Щодо вершини роговиці

1.3. Дослідження процесу акомодації ока з метою настройки ясного бачення

Акомодація - здатність людського ока збільшувати свою заломлюючу силу при переведенні погляду з далеких предметів на ближні, тобто бачити добре й вдалину, і поблизу. Точку зорової осі на мінімальній відстані, з якої око ще може чітко розрізняти який-небудь предмет при максимальній напрузі акомодації, прийнято називати ближньою точкою ясного зору (punctum proximum). Отже, акомодація - це здатність ока чітко розрізняти предмети, що розташовуються між дальньою й ближньою точками ясного бачення. Можна сказати, що акомодація забезпечує чітке зображення, тобто ясне визначення предметів, розташованих ближче дальньої точки ясного зору.

Акомодація відбувається шляхом зміни кривизни поверхонь кришталика за допомогою натягу або розслаблення війкового тіла. Коли війкове тіло натягнуте, кришталик розтягується і його радіуси кривизни збільшуються. При зменшенні натягу м'яза кришталик під дією пружних сил збільшує свою кривизну.

Рефракцію ока в стані роботи акомодаційного апарату називають динамічною клінічною рефракцією.

При різниці відстаней від ока дальньої точки ясного зору (ДТЯЗ) й ближньої точки ясного зору (БТЯЗ) можна визначити в лінійних мірах область, або довжину акомодації для кожного ока. Обсяг акомодації (ширина, сила) характеризується різницею в заломлюючій силі оптичної системи ока, що виникає при перекладі погляду від ДТЯЗ до БТЯЗ. Положення ближньої точки ясного зору відповідає максимальній напрузі акомодації. Визначити відстань цієї точки від ока можна до того моменту, коли стане помітною його нечіткість.[15]

Обсяг акомодації в діоптріях визначається за формулою A= t/P - t/p = P-R, де P і R- величини рефракції в дптр., що відповідають ближній і дальній точкам ясного зору. Обсяг акомодації дорівнює тому збільшенню рефракції ока, що утворюється у результаті максимальної напруги акомодаційного апарата ока, тобто різниці між максимальною динамічною (P) і статичною (R) рефракціями.

Акомодація, визначена для одного ока, називається абсолютною. Якщо зір здійснюється двома очами, бінокулярно, то процес акомодації обов'язково супроводжується конвергенцією, зведенням зорових осей очей на предметі, що фіксується. Така акомодація характеризується як відносна. Акомодація й конвергенція в людини, що має еметропію, звичайно відбуваються паралельно й узгоджено.

Для того, щоб людина могла вільно й довго працювати на близькій відстані, необхідно, щоб, крім затраченої напруги акомодації (негативна частина відносної акомодації), залишалася в запасі (позитивна частина) не менше ніж половина витраченого. Якщо запас акомодації малий, то підчас роботи швидко виникає зорове стомлення. З віком акомодаційна здатність ока слабшає.

Так, в 20-30 років ближня точка зору знаходиться на відстані приблизно 10 см. D= 1/F = 100 см /10 см = 10 дптр.

Таким чином, розглядаючи предмети з 10 см ми підсилюємо свою рефракцію на 10 дптр. Зазвичай людина читає з відстані в 25 см: D = 1/F = 100 см/ 25 см - 4 дптр.

Поступове зменшення акомодаційних можливостей ока може бути обумовлено зміною фізико-хімічного складу кришталика, збідненням його водою, ущільненням у зв'язку з формуванням ядра (з 20 літнього віку), втратою еластичності, гіперкорекцією. Внаслідок цього ближня точка ясного зору поступово віддаляється від ока. Після 40 років ця точка перебуває вже на досить великій відстані, і тому для розглядання дрібних предметів їх доводиться не наближати, а відсувати від ока усе далі й далі.

Виникає так звана пресбіопія (від грецького - presbys - старий), тобто, далекозорість.

Так, в 50 років ближня точка зору в середньому дорівнює 1 метру. Підрахунок корекції:

вік	**еметропія**	**гіперметропія**	**міопія (якщо короткозорість 1 дптр)**
40 років	+1 дптр	+1 дптр	окуляри не потрібні
50 років	2 дптр	+2 дптр	1 дптр
60 років	3 дптр	3 дптр	2 дптр

Таким чином, підбір лінз пресбіопу може здійснюватися відповідно формулі:

$$Db = Dd + A\text{-}30/10,$$

де Db - сила сферичної лінзи для близький відстаней (дптр), Dd - сила лінзи, що коректує зір вдалину (дптр), А - вік пацієнта в літах.

З віком змінюється не зір і рефракція, а здатність до акомодації, і лише створюється ілюзія, що короткозорі люди до старості бачать краще: залежно від величини короткозорості вони пізніше, ніж еметропи, надягають окуляри для роботи або не користуються ними зовсім.

Дуже важливими рухами очей є зведення (конвергенція) і розведення (дивергенція) зорових осей. Конвергенція потрібна при переведенні погляду з далекого об'єкта на більш близький, дивергенція — навпаки, із близького об'єкта на більш далекий. За найменшу відстань об'єкту, при якій вже не приходиться конвергенувати, і зорові осі очей вважаються рівнобіжними, приймається відстань, рівна 6 м. Більш точні розрахунки показали, що конвергенція не цілком виключена і при значно більших відстанях. Конвергенція настає через 0,16—0,20 с., починається відразу з максимальною рівномірною швидкістю, що залишається постійною близько

200 мс і загасає далі по експоненті. Конвергенція відбувається автоматично, мимоволі, незалежно від бажання людини.

Якщо погляд спостерігача спрямований на об'єкт, то окорухова система повинна зберегти якийсь час фіксацію об'єкта для отримання потрібної інформації. Найбільш проста форма фіксації — фіксація нерухомого об'єкта, більш складна — фіксація об'єкта, що рухається на постійному віддаленні від спостерігача. Вона здійснюється за допомогою рухів око, що прослідкують. Ще більш складною є фіксація об'єкта, що рухається, відстань до якого змінюється. У цьому випадку вимагається прослідкувати і конвергенційні рухи.

Фіксацію об'єкта (як нерухомого, так і що рухається) супроводжують три види рухів: дрейф, тремор і мимовільні стрибки.

Дрейф — порівняно повільний рух око із середньою швидкістю 6'/із при амплітуді від 3 до 30'. Роботи Дичборна, Ярбуса показали, що якщо штучно стабілізувати зображення на одному місці сітківки, то вже через 1—3 з після початку досвіду випробуваний перестає що б те ні було бачити. Установлюється так називане порожнє поле, що не здається темним, але на який не розрізняється ніяких деталей. Зміна освітленості на короткий час відновлює видимість. Але потім знову виникає порожнє поле. У природних умовах усі три рухи — дрейф, тремор і скачки — забезпечують переміщення зображення по сітківці навіть у тих випадках, коли людин вважає, що він не рухає очима, і в такий спосіб запобігається поява порожнього поля.

Тремор — дрібні коливання око з амплітудою близько 1' і частотою від 30 до 90 Гц.

Мимовільні скачки, чи фліки — швидкі рухи тривалістю близько 25 мс з амплітудою 2—60' і швидкістю від 3 до *12°/з* у залежності від амплітуди. Інтервали між фліками змінюються в межах від 100 мс до декількох секунд.

При фіксації об'єкта, що рухається, окорухова система також повинна утримувати зображення в межах якоїсь обмеженої зони на сітківці.

Рухи, що прослідкують - плавні повільні рухи око - виникають через 0,15-0,17 з послу появи об'єкта, що рухається, і починаються відразу зі швидкістю, що відповідає руху об'єкта. Виявлено лінійну залежність між швидкістю руху об'єкта і простежування до швидкості 10 м/с. Очі стежать плавно з рідкими стрибками, необхідними для ліквідації неузгодженості через розбіжність швидкості руху ока й об'єкта. Відносно точне тривале безупинне спостереження можливе при швидкості, що не перевищує 30—40 м/с. При більш високих швидкостях руху об'єкта стрибкоподібні рухи витісняють плавні, що стежать рухи, фіксація об'єкта порушується. Якщо разом з оком рухається і голова, то верхня межа тривалого руху, що прослідкується, досягає 60 м/с.

Мінімальна швидкість, що викликає рухи, що прослідкують, складає 5м/с, приблизно відповідає порогові сприйняття руху.

Поряд зі змінами напрямку погляду, пов'язаними з рухом очного яблука, відбуваються й інші рухові реакції усередині самого ока. До них у першу чергу відносяться акомодація і зіничний рефлекс.

Акомодація — здатність ока перебудовуватися в залежності від відстані до предмету, що фіксується так, щоб на сітківці виходило його чітке зображення в результаті мимовільної зміни рефракції ока.

У процесі акомодації здійснюються зміна кривизни заломлюючих поверхонь кришталика і переміщення його шарів під впливом акомодаційного (циліарного) м'яза. Відповідно до сучасної теорії механізм акомодації порозуміється в такий спосіб. У процесі акомодації на близькій відстані скорочується циліарний м'яз, у результаті чого настає розслаблення волокон цинкових зв'язувань, напруга капсули кришталика падає й в силу еластичності кришталик молодої людини приймає більш опуклу форму, збільшуючи в такий спосіб загальну рефракцію ока в граничному випадку приблизно на 12,0 дптр. Крім того, весь кришталик подається трохи вперед. Особливість функції циліарного м'яза виявляється також у тому, що він здатен не тільки скорочуватися, але і стійко зберігати

визначений рівень напруги, забезпечуючи оптичну установку ока на дану відстань протягом тривалого часу.

Час, що витрачається на акомодацію поблизу і вдалині, по-різному залежить від ступеня необхідної напруги акомодації, а також від віку. У молодих людей процес акомодації поблизу відбувається швидше, ніж акомодація вдалині. У літніх — навпаки. Середня тривалість встановлення акомодації при перекладі погляду з нескінченності на близьку відстань складає 0,5—1,5 с, при перекладі погляду в нескінченність — 0,8—1,3 с.

З віком кришталик ока втрачає свою еластичність, у зв'язку з чим найближча крапка ясного зору відсувається від ока, і людина втрачає здатність чітко бачити предмети на близькій відстані — настає явище пресбіопії чи (менш удалий термін) далекозорості. Відповідно до цього неминуче і монотонно зменшується обсяг акомодації. Вікові зміни обсягу акомодації представлені на рис. 1.3 і в табл. 1.3.

На рис. 1.3 по осі абсцис відкладений вік у роках, по осі ординат ліворуч — акомодації A_{PR}, дптр., праворуч — відстань до найближчої крапки для еметропа *ap,* см. З таблиці видно, що максимальне значення обсягу акомодації відповідає віку 10 років і складає в середньому 14 дптр., для 20—30 років — 8 дптр. З віком обсяг акомодації зменшується майже по лінійній залежності, і починаючи з 60 років досягає постійного значення (близько 1 дптр.). За деякими даними, обсяг акомодації після 60 років дорівнює нулю[32].

Стимулом для напруги акомодації є дефокусування зображення на сітківці, зміна його розміру, дія конвергенції при бінокулярному зорі, фактор оцінки відстані до предмета. Значну роль у фокусуванні зображення грають мікрофлуктуації акомодації, частота яких складає 0,5Гц при амплітуді акомодації 0,2—0,4 дптр.

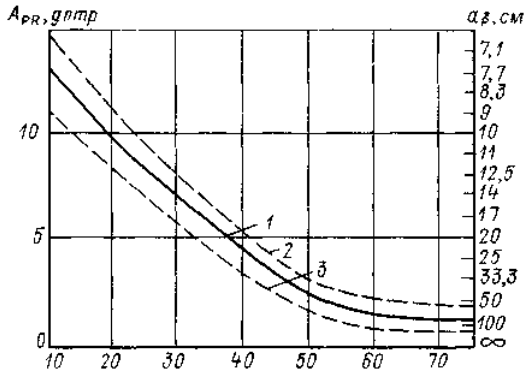


Рис. 1.3. Вікові зміни акомодації:
1 — середнє значення обсягу акомодації;
2, 3 — діапазон зміни обсягу акомодації.

Акомодаційний процес стає менш чітким і плавним, якщо немає видимої зміни розміру об'єкта чи якщо віддалення його (чи наближення) здійснюється дуже повільно, особливо при монохроматичному висвітленні.

Обсяг акомодації залежить від освітленості: при зниженні освітленості від 150 до 1 лк обсяг акомодації зменшується на 1 - 2 дптр.

Акомодація і конвергенція викликаються однією причиною — наближенням чи віддаленням об'єкта, що спостерігається, внаслідок чого вони взаємозалежні. Ця залежність визначає відповідність станів акомодації і конвергенції.

При акомодації відбувається звуження зіниці, що приводить до збільшення глибини фокусу. Розраховане по схематичному оку, воно складає 0,03 дптр. Однак у реальному оці воно значно більше і складає 0,6 ± 0,2 дптр. Стан акомодації залежить від зміни факторів зовнішнього середовища. Вона порушується при стомленні і великому фізичному навантаженні, при підвищеному і зниженому атмосферному тиску, у стані перегріву, гіпоксії тощо.[30],[31]

Таблиця 1.3.

Відстань між зіницями b, мм	**Число осіб**		**Відстань між зіницями b, мм**	**Число осіб**	
	N_i	**% до загального**		N_i	**% до загального**
50	1	0,03	63	411	12,72
51	0	0,0	64	470	14,58
52	6	0,19	65	336	10,42
53	6	0,19	66	283	8,78
54	15	0,46	67	157	4,87
55	13	0,40	68	133	4,12
56	31	0,96	69	85	2,64
57	33	1,02	70	47	1,46
58	107	3,32	71	22	0,68
59	112	3,47	72	7	0,22
60	267	8,28	73	3	0,09
61	271	8,40	74	6	0,19
62	401	12,42	75	0	0,0

2. Постановка задачі дослідження впливу акомодації на характеристики зорового каналу

На даний момент відомо багато робіт, де проведено вивчення властивостей зорового каналу в різних аспектах, та описуються динамічні характеристики оператора та їх вплив на процес управління повітряним рухом.[5],[8]

Зокрема в даній дипломній роботі була експериментального визначена модель зорового каналу оператора при подачі на його вхід різних типів зображень на різних відстанях. Оператор повинен був за допомогою процесу акомодації сприйняти та здійснити аналіз запропонованих зображень.

Усі вищенаведені експерименти розглядають різні часові характеристики зорового каналу оператора. Проте дуже мало робіт розглядають вплив цих характеристик на системи управління повітряним рухом за участю людини в комплексі.

Під зоровим каналом оператора будемо розуміти око як чутливий елемент, та вихідний сигнал – результат обробки інформації в центральній нервовій системі, що може являти собою, наприклад думку або дію.

Виходячи з нашого визначення зорового каналу, можна зробити висновок, що процеси, які відбуваються в оці мають велике значення через вагомість процесу акомодації – самонастроювання ока на ясне бачення, його тривалість в середньому 0.5–0.7 с у здорової людини. Для деяких, практично важливих режимів, коли час оператора на прийняття рішення і дії є критичним. акомодація є суттєвим фактором від якого залежить ефективність управління.

Запропонована в дипломній роботі постановка задачі досліджень має суттєво підвищити ефективність використання зорового каналу оператора з метою поліпшення якості систем управління повітряним рухом.

Для вирішення задачі виникла потреба у побудові математичної моделі процесу акомодації зорового каналу з метою відбору операторів з оптимальною акомодацією ока.

Побудова математичної моделі здійснюється на основі отриманих експериментальних результатів.

Вважаємо, що задача дослідження полягає у побудові математичної моделі процесу акомодації. Для цього перш за все розглянемо його з позиції теорії систем, тобто визначимо можливі структуру, вхідні й вихідні змінні тощо. Можливі варіанти, які реалізують запропонований підхід в дипломній роботі, представлені нижче.

2.1. Математична модель та передавальна функція зорового каналу оператора

Процес акомодації являє собою зміну оптичної сили кришталика. В якості механізму зміни використаємо відому конструкцію – акомодаційний кришталик (АК). Для отримання динамічних характеристик оптичної системи ока, в першому наближенні, можна використати математичну модель АК.

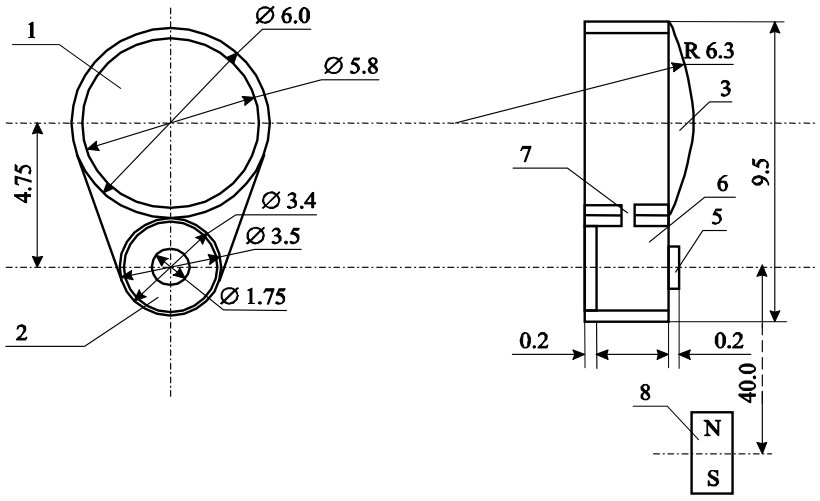


Рис.2.1. Акомодаційний кришталик:
1 – основна оптична камера, 2 – допоміжна оптична камера, 3 – передня стінка оптичної камери (прозора мембрана), 5 – феромагнітний матеріал у формі диска, 6 – задня стінка допоміжної камери, 7 – отвір між оптичним камерами, 8 – постійний магніт

АК складається з двох камер з прозорою рідиною, яка через отвір може перетікати з однієї камери до другої (рис. 2.1). Перша камера має еластичну прозору передню стінку і задню стінку у вигляді збираючої лінзи. Друга камера має еластичну задню стінку з вмонтованим в неї феромагнітом.

Кожна з двох камер представляє собою окремий елемент. Кількість перетікаючої рідини однозначно зв'язана з її об'ємом. Тільки для допоміжної камери це вихідна змінна, а для оптичної камери вхідна змінна. Елементи з'єднані між собою послідовно. Зміна об'єму в оптичній камері пов'язана зі зміною кривизни еластичної стінки, що еквівалентно зміні її вигину, і веде до зміни оптичної сили кришталика. Найпростіше вибрати в якості вихідної змінної другого в послідовному з'єднанні елементів, а значить і вихідної змінної системи, вигін передньої стінки. А для вхідної змінної першого елемента оберемо вигін задньої стінки допоміжної камери.

Перетікання рідини з однієї камери в іншу відбувається за умови неперервності потоку, що свідчить про відсутність в системі елементів з розривними та невизначеними характеристиками.

В процесі досліджень і припущень представимо як результат експериментів лінійну математичну модель типу "вхід-вихід" процесу акомодації кришталика у вигляді:

$$\mathrm{W}(p) = \mathrm{W}_1(p)\,\mathrm{W}_2(p), \qquad (1)$$

$$\mathrm{W}_1(p) = \frac{\mathrm{V}_1(p)}{\mathrm{H}_1(p)} = \frac{k_1}{pT_1 + 1}, \qquad (2)$$

$$\mathrm{W}_2(p) = \frac{\mathrm{V}_2(p)}{\mathrm{H}_2(p)} = \frac{k_2}{pT_2 + 1}, \qquad (3)$$

де $\mathrm{W}(p)$, $\mathrm{W}_1(p)$ і $\mathrm{W}_2(p)$ — передатні функції системи, допоміжної камери і оптичної камери відповідно;

$V_1(p)$ і $H_1(p)$ — зображення об'єму перетікаючої рідини і вигину задньої стінки з феромагнітом відповідно;

$H_2(p)$ і $V_2(p) = V_1(p)$ — зображення вигину прозорої еластичної стінки і об'єму перетікаючої рідини відповідно;

T_1 і T_2 — сталі часу оптичної і допоміжної камер відповідно;

k_1 і k_2 — коефіцієнти.

В результаті проведених розрахунків пропонується здійснити уточнення до числа наведену в операторній формі отриману модель.

Для цього припустимо, що вигін еластичних круглих пластин стінок обох камер здійснюється з характеристиками сферичних сегментів:

$$\upsilon = \frac{\pi h\left(3a^2 + h^2\right)}{6},$$

де h — вигін стінки, a — радіус круга сегмента.

Враховуючи, що $3a^2 >> h^2$, в усталеному режимі маємо

$$W_1(0) = k_1 = \frac{\pi a_1^2}{2}, \qquad (4)$$

$$W_2(0) = k_2 = \frac{2}{\pi a_2^2}, \qquad (5)$$

$$W(0) = k_1 k_2 = \frac{a_1^2}{a_2^2}. \qquad (6)$$

Для числових значень радіусу допоміжної камери $a_1 = 3{,}5 мм$ і радіусу оптичної камери $a_2 = 6{,}0 мм$ коефіцієнти дорівнюють $k_1 = 19{,}23$, $k_2 = 0{,}0177$, $k = 0{,}34$.

Щодо сталих часу, то враховуючи, що час на акомодацію дорівнює 1 с, а коливання акомодаційного процесу не припустимі, можна припустити

$T_1 = T_2 = T = 0{,}2 c$.

В кінцевому результаті математичну модель процесу акомодації ока представимо у вигляді диференційного рівняння:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 h_2(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2)\frac{dh_2(t)}{dt} + h_2(t) = k_1 k_2 h_1(t). \qquad (7)$$

Для отримання статичних та динамічних характеристик оптичної системи ока дана система була промодельована засобами пакету MATLAB.

В результаті отримані наступні часові характеристики:

- Реакція системи на функцію *y = sin(t)*, рис 2.2.
- Логарифмічна амплітудно–частотна та фазочастотна характеристики, рис 2.3

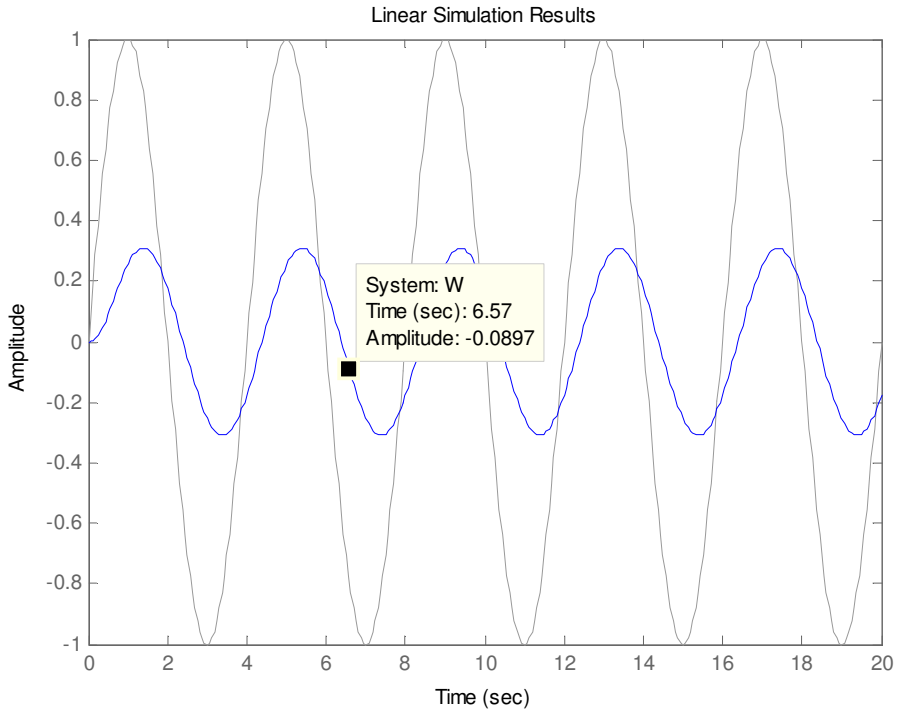


Рис. 2.2. Реакція системи на функцію *y = sin(t)*

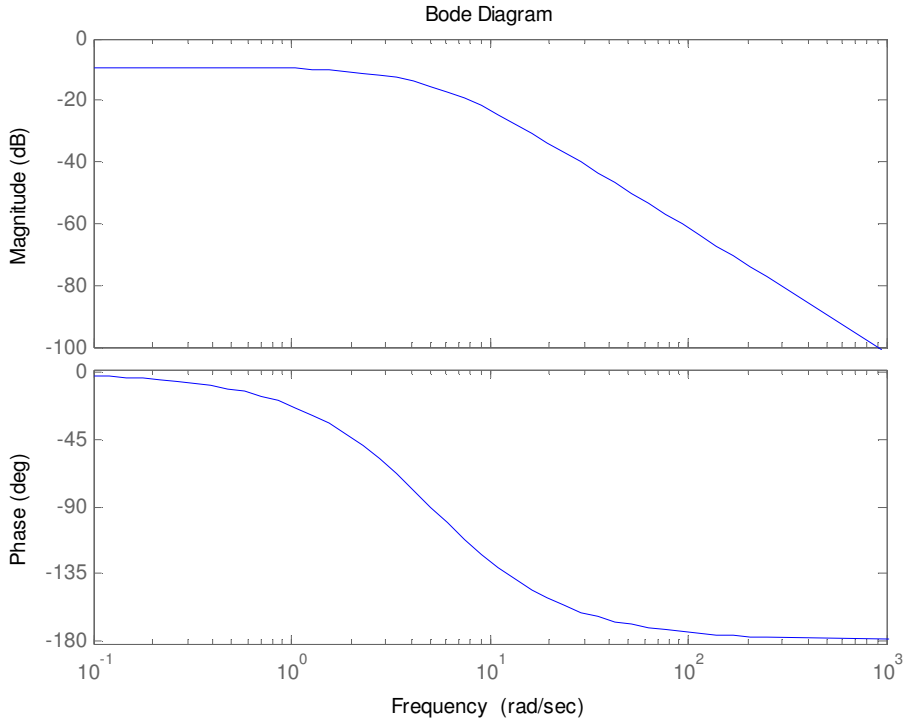


Рис. 2.3. Логарифмічна амплітудно–частотна та фазочастотна характеристики

З вищенаведених часових характеристик ми зробимо попередні висновки, що акомодація є вагомою складовою загального часу реакції оператора на зміну зображень, що сприймаються, саме це й буде показано в ході наступних експериментів.

Моделювання процесу акомодації реального ока потребує подальших досліджень.

Вид передавальних функцій зорового каналу оператора, а відповідно, і вид диференційних рівнянь, визначається законом управління, що конкретно реалізується, та зазвичай встановлюється на основі експериментальних даних методами, які широко вживаються в теорії автоматичного управління.

Встановлено, що в більшості випадків передавальна функція зорового каналу оператора має вигляд

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau p}(T_\phi p + 1)}{(T_{i.o} p + 1)(T_{HM} p + 1)},$$

де $T_ф$ – коефіцієнт форсуючої ланки; $T_{i.o}$ – коефіцієнт інтегруючої ланки, обумовленої інерціонністю відробки оператором вхідної інформації й прийняття рішення; $T_{нм}$ – коефіцієнт інтегруючої ланки, обумовленої нервово-м'язовою затримкою оператора; τ - чисте латентне запізнення, обумовлене тренованістю оператора; $\frac{(T_ф p+1)}{(T_{i.o} p+1)}$ - математичний оператор, характеризуючий стабілізуючі властивості оператора;

$e^{-\tau p}$ - математичний оператор, враховуючий природню затримку реакції оператора; $\frac{1}{(T_{НМ} p+1)}$ - математичний оператор, відображаючий динаміку нервово-м'язової системи оператора.

Використання такого виду передавальних функцій для опису управляючої діяльності оператора дозволяє наочно уявити фізичну сутність його різноманітних характеристик як активного елементу системи управління.

Математичний оператор $\frac{(T_ф p+1)}{(T_{i.o} p+1)}$ характеризує здатність оператора змінювати свої динамічної властивості відповідно особливостям конкретного керуємого об'єкту й характеру вхідних сигналів.

Інерційність оператора $\frac{1}{(T_{i.o} p+1)}$ пояснюється необхідністю ототожнення інформації, сприймаємої оператором.

Для навчених операторів τ = 0,1 … 0,3 с. Нижня межа τ характерна для випадків, коли оператор має можливість виконувати деяке передбачення при вхідному сигналі, що безперервно змінюється $\chi_0(t)$. Верхня межа τ відповідає випадкам стрибкоподібного змінення $\chi_0(t)$. Якщо аналізується багаторазово змінюча величина по повторюваному закону, то τ - зменшується до значення 0,008 с.

Постійна часу $T_{i.\,o}$ збільшується з ускладненням законів зміни вхідних змінних χ_0 (t), χ (t) та ростом об'єму вхідної інформації. Значення $T_{i.\,o}$

визначається також і засобами відображення інформації (чим вони досконаліші, тим менше $T_{i.\,o}$).

Математичний оператор ($T_ф p + 1$) характеризує здатність оператора запопереджувати розвиток процесу управління (регулювання). Зміною постійної $T_ф$ оператор намагається скомпенсувати інерційність управління повітряним рухом та власну інерційність.

В деяких випадках структура передавальних функцій може бути значно спрощена [21]. Наприклад, для систем з вхідними сигналами, які випадково повторюються, але безперервно змінюються за регулярними законами (типу гармонічного коливання) при безінерційному об'єкті управління, поведінка оператора описується спрощеною передавальною функцією.

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau p}(1{,}8p+1)}{p(20p+1)}.$$

2.2. Частотно-контрастна характеристика ока

Метод визначення гостроти зору, у якому як тести використовуються одиночні знаки (наприклад, кільця Ландольта, знаки Снеллина, Головина—Сивцева) чи штрихові світи, контрасти яких максимальні (близькі до одиниці), називають візометрією.

Набагато більше інформації про стан зору можна одержати за допомогою тестів, контраст яких значно менше одиниці. Такий метод, де (*K<1*), називають *візоконтрастометрією*. Візоконтрастометрія дозволяє проводити якісний професійний відбір, особливо там, де потрібно висока гострота зору при спостереженні об'єктів малих контрастів (пілоти, водії автотранспорту тощо), заздалегідь діагностувати початкові порушення зорових функцій при деяких захворюваннях.

Як тест-об'єкти для таких вимірів частіше застосовують періодичні структури (так називані ґрати), що представляють собою систему

рівнобіжних світлих і темних смуг, що чергуються. Розподіл яскравості в них може бути як синусоїдальним, так і прямокутним.

Такі тести з контрастом *K=1* уже давно застосовують у приладобудуванні для визначення частотно-контрастних характеристик (ЧКХ) оптичних приладів. ЧКХ відповідає на запитання про те, який буде контраст зображення, якщо об'єктом є система світлих і темних смуг із заданим розподілом яскравості.

Вимір світлорозподілу в зображенні об'єктів на сітківці живого ока людини прямим шляхом провести надзвичайно важко. Все ж таки відомий ряд робіт, у яких проводилися дослідження ЧКХ очей. Автори на підставі розрахунків зробили висновок про те, що при частоті смуг 2 цикл/град модуляція яскравості в зображенні складає 80— 90 % від модуляції яскравості в об'єкті, при частоті 6 цикл/град — 65— 85 %, при частоті 20 циклів/градус залишається тільки 20—30 %, при частоті 60 циклів/градус— менше 10%.

Одержати відомості про ЧКХ очей можна непрямим шляхом — по суб'єктивній оцінці, обумовленій або по граничному контрасті періодичних ґрат відомої просторової частоти, необхідної для її виявлення на межі дозволу, або по граничній частоті ґрат при заданому контрасті тестових смуг.

Для першого способу оцінки ЧКХ ока просторові ґрати найчастіше виготовляють фотоспалахобом і розглядають на просвіт на рівномірному тлі. У межах одних і тих же ґрат контраст смуг повільно змінюється від 0 до 0,4.

Ґрати пред'являються не цілком, а тільки та її частина, що може бути видно через вузьку прямокутну щілину — вікно. Переміщаючи щілину уздовж смуги по напрямку зміни контрасту, дослідник фіксує граничний контраст при даній просторовій частоті ґрат. Аналогічні виміри проводяться для ґрат з іншими частотами. На підставі відповідей випробуваних для всіх пропонованих ґрат будують криві ЧКХ.

Інший спосіб визначення ЧКХ ока здійснюється по граничній частоті ґрат при заданому контрасті тестових смуг. У цьому випадку необхідно мати можливість плавно змінювати частоту смуг. На підставі вимірів також будуються криві ЧКХ ока.

Показано, що для неозброєного ока при яскравості тла 110 кд/м^2 зв'язок між частотою ν і контрастом K ґрати з П-уявною зміною яскравості виражається формулою

$$\gamma = 0{,}78 + 0{,}32K,$$ де γ виражено числом штрихів на $1'$.

2.3. Вплив адаптації, контрастної чутливості ока та гостроти зору на сприйняття зображень оператором

Зір оператора має надзвичайно важливу біологічну здатність пристосовуватися — адаптуватися до різних типів зображень на різних відстанях.[6] Завдяки цій властивості зоровий канал працює в широкому діапазоні яскравостей: 10^{-6}—10^5 кд/м^2. При зміні рівня яскравості поля зору автоматично включається цілий ряд механізмів (наприклад, акомодація), що і забезпечує адаптаційну перебудову зору.

Якщо рівень яскравості тривалий час не змінюється, стан адаптації приходить у відповідність з цим рівнем. При різкій зміні яскравості відбувається розрив між яскравістю і станом зорової системи. Він і служить сигналом для включення адаптаційних механізмів.

Розрізняють два різновиди адаптації:

1) темнову адаптацію, що виникає при зменшенні яскравості тла від деякого значення $L_{пр}$, називаною яскравістю предадаптації, до значно більш низького рівня яскравості (у межі до 10^{-6}кд/м^2, тобто практичної темряви);

2) світлову адаптацію, що виникає при збільшенні яскравості від малого її значення (10^{-6} кд/м^2) до деякого високого рівня L_a.

Максимальною світловою чутливістю володіє зоровий аналізатор після тривалого перебування в темряві.[22] Під час перебування на світлі чутливість зменшується в результаті процесів, зворотних тим, що відбуваються при темновії адаптації.

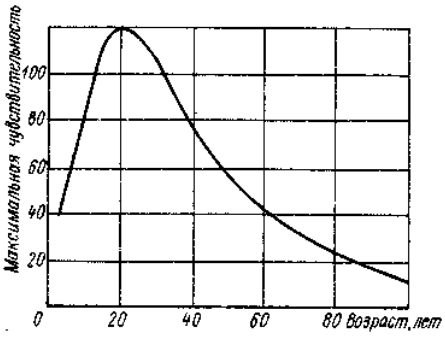


Рис. 2.4. Вплив віку на світлову чутливість, виражену в відносних одиницях (по Гамбурцевої)

: На рис. 2.4. показана залежність світлових порогів від віку. На світлову чутливість впливають і умови харчування (особливо недолік вітаміну А).

Гострота зору — одна з найважливіших функцій зору, що забезпечує можливість виявляти об'єкти, визначати їхню форму і взаємне розташування в полі зору. Гострота зору V — величина, зворотна найменшому кутовому проміжку δ між двома об'єктами, що око ще може сприймати роздільно. Цей проміжок являє собою перепад яскравості. В основі гостроти зору лежить контрастна чутливість. Коли контраст яскравості нижче граничного контрасту, об'єкти нерозрізнені незалежно від їхніх розмірів.

Теоретично верхня межа гостроти зору обмежується дифракцією світла на зіниці, квантовими флуктуаціями світла і структурою сітківки.

Гострота зору визначається по таблицях з тестовими знаками. У нашій країні одержала поширення таблиця тестів Головіна—Сівцева, що складається з двох частин: одна містить низку рядків із друкованими літерами російського алфавіту, інша — з кільцями Ландольта. У верхньому ряді розташовані самі великі знаки, і розриви в них найбільші, у кожнім

наступному ряді вони стають менше. Проти кожного ряду тестових знаків зазначені значення гостроти зору від 0,1 до 2,0, розраховані для відстані, рівної 5 м. Контраст тестових знаків близький до одиниці, яскравість підсвічування тла повинна бути близько 300 кд/м^2. Задача випробуваного, що знаходиться на відстані 5 м від таблиці, сказати, у якому ряді він ще може розрізняти розриви в кільцях Ландольта чи букви. По розриві в кільці знаходять кут дозволу δ і гостроту зору *V*

$$V=1/\delta.$$

Зазвичай вважається, що в чисельнику стоїть не просто одиниця, а одна хвилина, і розрив δ визначається в хвилинах. Тоді гострота зору виходить безрозмірною величиною. За норму прийняте значення *V=1*, що відповідає граничному куту δ = 1′ (існують, однак, значні індивідуальні розходження, значення δ =1,5 зустрічається дуже часто, іноді воно доходить до δ = 2). Бінокулярна гострота зору вище монокулярної приблизно в 1,3 рази .

Фактори, що впливають на гостроту зору, розділяють на дві групи: ендогенні, що характеризують зоровий апарат спостерігача, і екзогенні, що характеризують умови дослідження.[25] До ендогенних відносяться рефракція, акомодація, розмір зіниці ока. Вони впливають на гостроту зору, тому що визначають чіткість зображення об'єктів на сітківці ока. Наявність аметропії знижує гостроту зору. Гостроту зору можна підвищити лінзами, що коригують, що виправляють аметропію. Максимальна гострота зору забезпечується лише в межах області акомодації і значно знижується за її межами.

Гострота зору залежить від віку: приблизно до 17 років вона досягає максимуму і на цьому рівні зберігається до 60—65 років, після чого досить різко падає. У молодому віці при відсутності чи аметропії правильної її корекції, а також нормальної акомодації гострота зору вдалину і близько звичайно однакова; у некоригованих аметропів гострота зору вдалину і близько може різко розрізнятися (на порядок і більш).

Максимальна гострота зору спостерігається в центральній зоні сітківки (фовеа). Чим далі від центральної ямки, тим нижче гострота зору; на відстані 20° від центра вона складає всього 0,1 від максимального значення.

Гострота зору залежить від яскравості тла і контрасту об'єкта з тлом. Зі збільшенням яскравості тла і контрасту гострота зору зростає (граничний кутовий розмір об'єкта, що дозволяється оком, зменшується).

Звичайно для розрахунків зручніше користатися значенням граничного кута дозволу *δ.* На підставі аналізу експериментальних даних багатьох авторів була запропонована емпірична формула, що зв'язує граничний кут дозволу δ при фовеальному зорі, яскравість тла *L* і контраст об'єкта з тлом K

$$\delta = \frac{0{,}44 + 0{,}63L^{-0{,}42}}{(K - 0{,}02)^{2/3}}$$

«Нормальна» гострота зору вдалину (тобто від 1 і вище) здатна забезпечити наступні пороги розрізнення при порівняльній оцінці форми і розміру вилучених нерухомих об'єктів:

- по порівняльній оцінці довжини витягнутих об'єктів — від 1/40 до 1/100;

- по оцінці площ (розміру) -від 1/50 до 1/60; по оцінці форми — від 1/60 до 1/150.

Усі ці «граничні» властивості нормальної гостроти зору можуть враховуватися тією чи іншою мірою при створенні різних оптичних приладів. Однак варто мати на увазі, що при погіршенні зовнішніх умов зорової роботи перераховані вище граничні значення в різних людей можуть значно і дуже нерівномірно погіршуватися.[12],[13]

3. Методика та програма автоматизованого експерименту

Для тестування зорового каналу оператора пропонується застосувати методику, яка полягає в наступному.

Експеримент проводився з використанням спеціально розробленої програми визначення впливу на реакцію оператора типу зображення на різних відстанях.

Дане тестування операторів проводиться для визначення часу акомодації очей та часу спритності операторів на різних типах зображень на різних відстанях з метою визначити професійну придатність операторів за цим критерієм.

Тестування проводиться на системі, що складається з системного блоку, двох моніторів та клавіатури, за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення.

В тестуванні приймали участь 10 чоловік віком від 19 до 34 років з різним зором, що дало змогу проаналізувати якомога більше варіантів проходження тестів. Особи, що проходили тестування, відбирались з приблизно однаковим рівнем володіння комп'ютером. Кожний оператор пройшов по 10 повних блоків, кожний з яких складається з 6-и тестів, методика яких зазначена нижче.

В перших трьох тестах монітор знаходиться на однаковій з клавіатурою відстані від очей оператора (0,5 метра), в інших тестах – монітор знаходиться на відстані 6-и метрів на однаковому рівні відносно підлоги з першим монітором. Ці показники відстані відповідають офтальмологічним вимогам для акомодаційної спроможності ока. Це дало змогу вважати, що в перших трьох тестах процес акомодації відсутній, а в другій частині експерименту час акомодації є суттєвим. Експериментальне значення цього часу визначається за допомогою наведеної нижче методики. Кут переведення погляду оператором від клавіатури до монітору в усіх випадках тестування

дорівнює приблизно 70 градусів. В усіх тестах використані 10 клавіш - Enter, та 9 цифр (від 1 до 9), кожній з яких присвоюється відповідне (для кожного тесту різне) зображення, що знайоме оператору. Тестування проходить з трьома різними типами зображень: контурами, замальованими в чорний колір контурами та знаками.

3.1. Проведення тестування оператора без участі процесу акомодації

1. В першому тесті оператор займає своє місце таким чином, щоб відстані від його очей до монітору і клавіатури дорівнювали 0,5 метра, а кут переведення погляду – 70 градусів.

Коли оператор готовий, він натискає клавішу Enter і переводить погляд від клавіатури на ближчий до нього монітор. В момент натискання клавіші Enter програма видає на ближній монітор перше довільно обране нею зображення (замальований в чорний колір контур) і вмикає таймер. Розмір цього зображення є мінімальним для впізнання на цій дистанції. Запропоновані оператору замальовані контури зображені на рис. 3.1. Оператор, побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши відповідну клавішу, натискає її. При натисканні вірної клавіші на моніторі з’являється наступне довільне зображення з тієї ж серії (замальований контур). Але це зображення відмінне від попереднього. Оператор знов розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Таких циклів проходить 9 (відповідно кількості зображень, що належать до кожної серії).

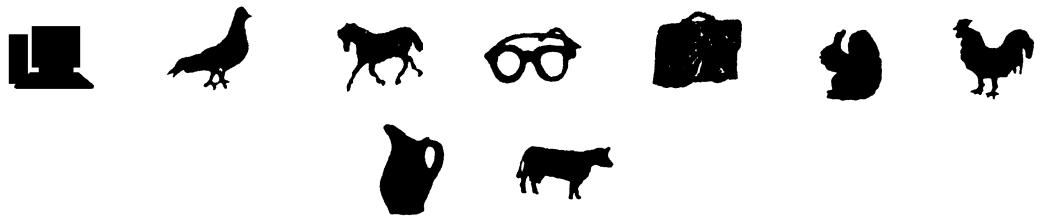


Рис. 3.1. Замальовані в чорний колір контурні зображення, що використані в тестуванні

Схема проведення першого тесту представлена на рис. 3.2.

Рис.3.2. Схема проведення першого тесту, де x_1 – контур, замальований в чорний колір.

2. Далі оператор проходить другий тест, в якому відстані від очей до клавіатури та монітору, а також кут переведення погляду оператора рівні тим же заданим значенням, як і в першому тесті, але з іншим типом зображень – зі звичайними не замальованими контурами.

Коли оператор готовий, він натискає клавішу Enter і переводить погляд від клавіатури на ближчий до нього монітор. В момент натискання клавіші Enter програма видає на ближній монітор перше довільне зображення (контур) і вмикає таймер. Розмір цього зображення є таким самим, як і в першому тесті, тобто мінімальним для впізнання на цій дистанції. Запропоновані оператору контури зображені на рис. 3.3. Оператор,

побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши відповідну клавішу, натискає її. При натисканні вірної клавіші на моніторі з'являється наступне довільне зображення з тієї ж серії (контур). Але це зображення відмінне від попереднього. Оператор знову розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Таких циклів проходить також 9.

Схема проведення другого тесту представлена на рис. 3.4.

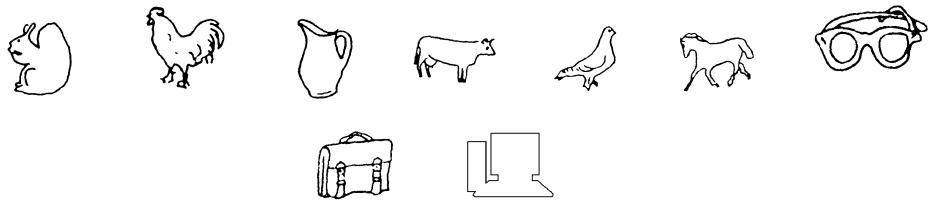


Рис. 3.3. Контурні зображення, що використані в тестуванні

Рис.3.4. Схема проведення другого тесту, де x_2 – не замальований контур.

3. По аналогії з першим і другим тестами оператор проходить третє випробування. Але тепер запропонована нова серія зображень – знаки. Ці зображення приведені нижче на рис. 3.5.

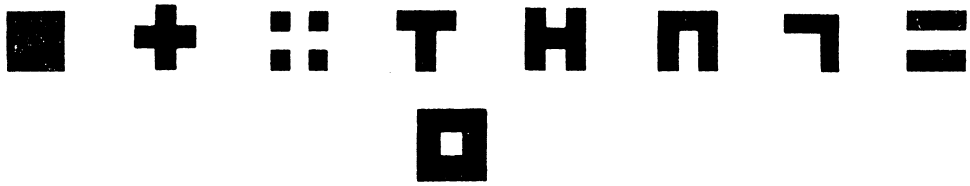


Рис. 3.5. Зображення у вигляді знаків, що використані в тестуванні

Зайнявши своє місце, оператор натискає клавішу Enter і переводить погляд від клавіатури на ближній монітор. В момент натискання клавіші Enter програма видає на ближній монітор перше довільне зображення (знак) і вмикає таймер. Розмір зображень в цьому тесті ідентичні розмірам тих, що запропоновані в перших двох тестах. Оператор, побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши правильну клавішу, натискає її. При її натисканні на моніторі з'являється наступне довільне зображення з тієї ж серії (знак). Але це зображення відмінне від попереднього. Оператор знову розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Таких циклів проходить також 9 відповідно кількості запропонованих зображень.

Схема проведення третього тесту зображена на рис. 3.6.

Рис.3.6. Схема проведення третього тесту, де x_3 – зображення у вигляді знаку.

3.2. Проведення тестування оператора з урахуванням процесу акомодації

4. В четвертому тесті оператор займає своє місце таким чином, щоб відстань від його очей до монітору дорівнювала 6 метрів, відстань від очей до клавіатури – 0,5 метра, а кут переведення погляду – 70 градусів.

Оператор натискає клавішу Enter і переводить погляд від клавіатури на дальній від нього монітор. В момент натискання клавіші Enter програма видає на дальній монітор перше довільно обране нею зображення (замальований в чорний колір контур) і вмикає таймер. Розмір цього зображення є мінімальним для впізнання на цій дистанції. Запропоновані оператору замальовані контури такі ж самі, як і в першому тесті. Оператор, побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши потрібну клавішу, натискає її. При натисканні вірної клавіші на дальньому моніторі з'являється наступне довільне зображення з тієї ж серії (замальований контур). Але це зображення відмінне від попереднього. Оператор знов розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Так як і в першому тесті, таких циклів проходить 9 (відповідно кількості зображень, що належать до кожної серії).

Схема проведення четвертого тесту приведена на рис. 3.7.

Рис.3.7. Схема проведення четвертого тесту.

5. Для проходження п’ятого тесту оператор займає своє місце таким чином, щоб відстань від його очей до дальнього монітору дорівнювала 6 метрів, відстань від очей до клавіатури – 0,5 метра, а кут переведення погляду – 70 градусів.

Для початку проходження п’ятого тесту оператор натискає клавішу Enter і переводить погляд від клавіатури на дальній від нього монітор. В момент натискання клавіші Enter програма видає на дальній монітор перше довільне зображення (контур) і вмикає таймер. Розмір цього зображення є таким самим, як і в попередньому тесті, тобто мінімальним для впізнання на цій дистанції. Запропоновані оператору контури такі ж самі, як і в другому тесті. Оператор, побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши відповідну клавішу, натискає її. При натисканні вірної клавіші на моніторі з’являється наступне довільне зображення з тієї ж серії (контур). Але це зображення відмінне від попереднього. Оператор знову розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Таких циклів проходить також 9.

Схема проведення п’ятого тесту представлена на рис. 3.8.

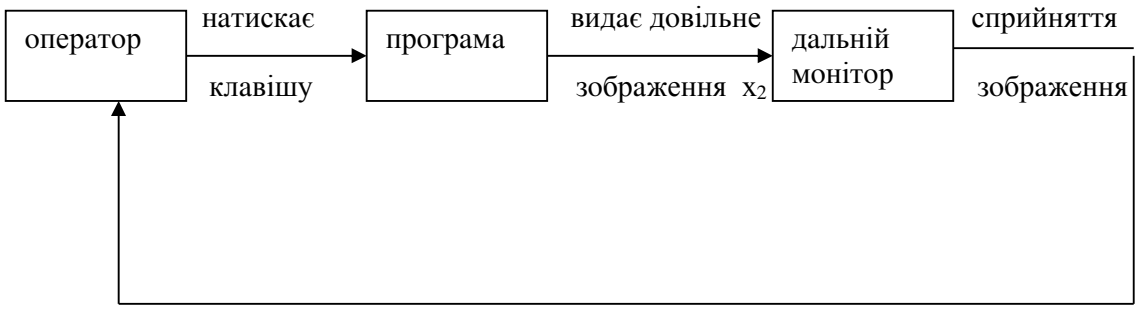


Рис.3.8. Схема проведення п’ятого тесту.

6. В шостому тесті оператор займає таке ж саме положення відносно дальнього монітору і клавіатури, як і в п’ятому тесті.

З натискання клавіші Enter оператор починає проходження шостого тесту. Він переводить погляд від клавіатури на дальній монітор. В момент

натискання клавіші Enter програма видає на дальній монітор перше довільне зображення (знак) і вмикає таймер. Розмір зображень в цьому тесті ідентичні розмірам тих, що запропоновані в четвертому і п'ятому тестах. Дані зображення приведені на рис. 3.5. Оператор, побачивши та розпізнавши зображення, переводить погляд від монітору на клавіатуру і знайшовши правильну клавішу, натискає її. При її натисканні на монітор виводиться наступне довільне зображення з тієї ж серії (знак). Але зображення не повторюються. Оператор знову розпізнає побачене, переводить погляд на клавіатуру і натискає відповідну клавішу. Таких циклів проходить також 9 відповідно кількості запропонованих зображень.

Схематично шостий тест представлено на рис. 3.9.

Рис.3.9. Схема проведення шостого тесту.

4. Обробка отриманих результатів експериментів

Для проведення тестування та обробки отриманих результатів була розроблена спеціальна програма, за допомогою якої проводиться аналіз акомодаційних процесів та спритності операторів, що проходили тестування, а також визначення середніх значень часів цих процесів для кожного оператора і в цілому.

4.1. Опис програми проведення тестування та представлення результатів

Програма проведення тестування операторів, що також обробляє, аналізує та подає у зручному вигляді отримані експериментальні дані, написана за допомогою мови програмування C++. Текст робочої програми приведено нижче.

```
// Accomodation.cpp : Defines the entry point for the application.
#include "stdafx.h"
#include "resource.h"
#include "LoadPic.h"
#include "mmsystem.h"

#define MAX_LOADSTRING 100
#define MODE_LOGO          1
#define MODE_TEST          2
#define MODE_RESULT              3

typedef struct {
        DWORD nPic; // номер зображення експерименту
          int t0;       // початковий час для відліку інтервалів
          int t1;       // час реакції оператора
          int t2;       // час реакції ОС (завантаження+відображення картинки)
        DWORD vis : 1; // картинка відображена
        DWORD gut : 1; // вірно натиснуто клавішу
        DWORD rez : 30;
} EXP_DATA;
```

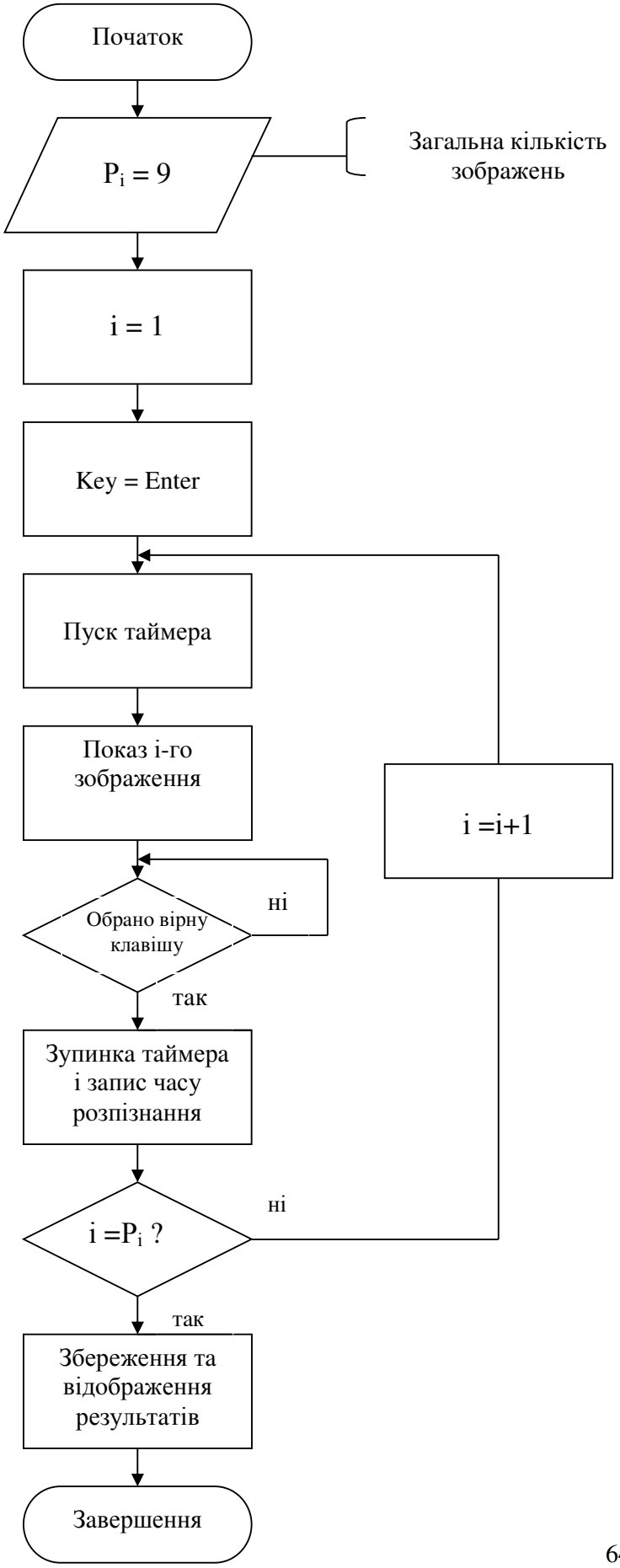
```
// Global Variables:
HINSTANCE hInst;
// current instance
TCHAR szTitle[MAX_LOADSTRING];
// The title bar text
TCHAR szWindowClass[MAX_LOADSTRING];
// The title bar text

// Foward declarations of functions included in this code module:
ATOM                MyRegisterClass(HINSTANCE hInstance);
BOOL                InitInstance(HINSTANCE, int);
DWORD               ExitInstance(HINSTANCE);
LRESULT CALLBACK WndProc(HWND, UINT, WPARAM, LPARAM);
LRESULT CALLBACK About(HWND, UINT, WPARAM, LPARAM);
BOOL LoadPicture( int nSet, int nPic );

void OnPaint( HWND hWnd );
void OnTimer( HWND hWnd, LPARAM lParam, WPARAM wParam );
void KeyDown( HWND hWnd, DWORD vKey );
void DrawWindow( HWND hWnd, HDC hDC );
BOOL StartExp( HWND hWnd );
void NextPicture( HWND hWnd );

void *g_pPic = NULL;
int   g_nSet; // -1 - LOGO
int   g_cntExp; //
char  picDir[_MAX_PATH];

HFONT  g_hFnt14;
HBRUSH g_hBkBr;
EXP_DATA expData[3][9];
BOOL     expSet[9];
DWORD    prgMode;
DWORD    picTimeout; // Затримка появи зображення. Якщо 0, то поки не
натисне потрібну клавішу

int APIENTRY WinMain(HINSTANCE hInstance,
                     HINSTANCE hPrevInstance,
                     LPSTR     lpCmdLine,
                     int       nCmdShow)

{       // TODO: Place code here.
        MSG msg;
        HACCEL hAccelTable;
        // Initialize global strings
```

```
        LoadString(hInstance, IDS_APP_TITLE, szTitle, MAX_LOADSTRING);
        LoadString(hInstance, IDC_COMOD, szWindowClass,
MAX_LOADSTRING);
        MyRegisterClass(hInstance);
        // Perform application initialization:
        if( !InitInstance (hInstance, nCmdShow) ) return FALSE;
        hAccelTable = LoadAccelerators(hInstance, (LPCTSTR)IDC_COMOD);
        if( (lpCmdLine[0] == '-') || lpCmdLine[0] == '\\' ) {
                picTimeout = atoi( &lpCmdLine[1] );
                if( picTimeout < 200 ) picTimeout = 200;
        }

        // Main message loop:
        while (GetMessage(&msg, NULL, 0, 0))

       {
                if (!TranslateAccelerator(msg.hwnd, hAccelTable, &msg))
                {
                        TranslateMessage(&msg);
                        DispatchMessage(&msg);
                }
        }
        return ExitInstance( hInstance );

        return msg.wParam;
}
//
//  FUNCTION: MyRegisterClass()
//
//  PURPOSE: Registers the window class.
//
//  COMMENTS:
//
//    This function and its usage is only necessary if you want this code
//    to be compatible with Win32 systems prior to the 'RegisterClassEx'
//    function that was added to Windows 95. It is important to call this function
//    so that the application will get 'well formed' small icons associated
//    with it.
//
ATOM MyRegisterClass(HINSTANCE hInstance)

{
        g_hBkBr = ::CreateSolidBrush(0);
        WNDCLASSEX wcex;
        wcex.cbSize = sizeof(WNDCLASSEX);
```

```
        wcex.style          = CS_HREDRAW | CS_VREDRAW;
        wcex.lpfnWndProc    = (WNDPROC)WndProc;
        wcex.cbClsExtra     = 0;
        wcex.cbWndExtra     = 0;
        wcex.hInstance      = hInstance;
        wcex.hIcon          = LoadIcon(hInstance, (LPCTSTR)IDI_COMOD);
        wcex.hCursor        = LoadCursor(NULL, IDC_ARROW);
        wcex.hbrBackground  =

//(HBRUSH)(COLOR_BACKGROUND+1);//(HBRUSH)(COLOR_WINDOW+1
);

//      wcex.lpszMenuName   = (LPCSTR)IDC_COMOD;
        wcex.lpszMenuName   = NULL;//(LPCSTR)IDC_COMOD;
        wcex.lpszClassName  = szWindowClass;
        wcex.hIconSm        = LoadIcon(wcex.hInstance,
(LPCTSTR)IDI_SMALL);
        return RegisterClassEx(&wcex);
}
//  FUNCTION: InitInstance(HANDLE, int)
//
//  PURPOSE: Saves instance handle and creates main window
//
//  COMMENTS:
//
//       In this function, we save the instance handle in a global variable and
//       create and display the main program window.
//
BOOL InitInstance(HINSTANCE hInstance, int nCmdShow)

{
  HWND hWnd;
  hInst = hInstance; // Store instance handle in our global variable
  hWnd = CreateWindow(szWindowClass, szTitle,
WS_BORDER|WS_CAPTION/*WS_OVERLAPPEDWINDOW*/,
    0, 0, GetSystemMetrics(SM_CXSCREEN)/*800*/,
GetSystemMetrics(SM_CYSCREEN)/*600*/, NULL, NULL, hInstance, NULL);
  if (!hWnd)

 {
    return FALSE;
  }
  // Resource folder
        strcpy( picDir, _pgmptr );
        strcpy( strrchr( picDir, '\\'), "\\RESOURCES" );
```

```
        //Fontf
        double aspY  = 96./72.;
        LOGFONT lf = {NULL};
        _tcscpy( lf.lfFaceName, _T("Courier") );
        lf.lfWeight = FW_BOLD;
        lf.lfHeight = (int)(14 * aspY);
        g_hFnt14     = ::CreateFontIndirect( &lf );
        //first default logo

  g_nSet = -1;
  g_cntExp = -1;
  prgMode = MODE_LOGO;
  LoadPicture( -1, 0 );
  ShowWindow(hWnd, nCmdShow);
  UpdateWindow(hWnd);
  return TRUE;
}
DWORD ExitInstance( HINSTANCE hInstance )

{
        UnLoadPic( &g_pPic );
        ::DeleteObject( g_hFnt14 );
        ::DeleteObject( g_hBkBr  );
        // log
        int ii;
        int av11, av12, av13, av21, av22, av23;
        int c1, c2, c3;
        DWORD       wr;
        char            logName[_MAX_PATH];
        _tcscpy( logName, _pgmptr );
        _tcscpy( _tcsrchr(logName, _T('.')), _T(".log") );
        HANDLE hFlLog = ::CreateFile( logName,
GENERIC_READ|GENERIC_WRITE, FILE_SHARE_READ,
                                                NULL, OPEN_ALWAYS,
FILE_ATTRIBUTE_NORMAL, NULL );
        ::SetFilePointer( hFlLog, 0, NULL, FILE_END);
```

Блок-схема, що відображає роботу програми тестування для всіх 6-и випадків:


Початок
$P_i = 9$
Загальна кількість зображень
i = 1
Key = Enter
Пуск таймера
Показ і-го зображення
Обрано вірну клавішу
ні
так
Зупинка таймера і запис часу розпізнання
i =P_i ?
ні
так
Збереження та відображення результатів
Завершення
i =i+1

За допомогою вбудованого таймеру програма фіксує наступні часові проміжки для кожного експерименту:

t_1 – час від появи на моніторі зображення до моменту натискання оператором відповідної клавіші;

t_2 – час від моменту натискання оператором клавіші до моменту появи на моніторі наступного зображення.

Програма обробки результатів запрограмована таким чином, що при аналізі отриманих часових проміжків вона керується наступним.

Для перших трьох тестів (монітор знаходиться на відстані 0,5 метра від очей оператора) $t_1=t_{заг1}$ включає в себе наступні часові проміжки:

$t_{п1}$ – час переведення погляду оператора з клавіатури на монітор;

$t_{ан}$ – час, витрачений на розпізнання та аналіз зображення;

$t_{п2}$ – час переведення погляду оператора від монітору на клавіатуру;

$t_{руки}$ – час, витрачений на пошук оператором вірної клавіші на клавіатурі і на її натискання.

Відомо, що час переведення погляду, який характеризує стрибок ока – фіксацію погляду для впізнання деталей об'єкту, визначається за формулою $t_у = 0,25 + 0,0048\beta$, де β - кут переведення погляду (в градусах). За умовами нашого тестування для всіх шести варіантів $\beta = 70$ градусів. Отже, час, який витрачає оператор на переведення погляду від клавіатури на монітор та від монітору на клавіатуру, $t_{п1} = t_{п2} = 0,25 + 0,0048*70$ (с). Тож, маємо, що $t_{п1} = t_{п2} = 0,586$ с. Звідси отримуємо час, витрачений оператором на переміщення погляду під час одного циклу для будь-якого з шести експериментів

$$t_п = t_{п1} + t_{п2} = 1,172 \text{ с.}$$

В даному експерименті часом спритності оператора $t_{спр}$ вважається сума $t_{ан}$ та $t_{руки}$, оскільки ці проміжки часу витрачаються на нервово-м'язову реакцію та роботу головного мозку.

Отже, виходячи з вищезазначеного отримуємо, що для перших трьох варіантів тестування (монітор знаходиться на відстані 0,5 метра від очей оператора) $t_{заг1} = t_п + t_{спр}$, тобто $t_{заг1} = 1,172 + t_{спр}$ (с).

Для 4-го, 5-го та 6-го тестів (монітор знаходиться на відстані 6 метрів від очей оператора) $t_1=t_{заг2}$ включає в себе наступні часові проміжки:

$t_{п1}$ – час переведення погляду оператора з клавіатури на монітор;

$t_{ак1}$ – час акомодації очей оператора при переведенні погляду з клавіатури на монітор;

$t_{ан}$ – час, витрачений на розпізнання та аналіз зображення;

$t_{ак2}$ – час акомодації очей оператора при переведенні погляду з монітору на клавіатуру;

$t_{п2}$ – час переведення погляду оператора від монітору на клавіатуру;

$t_{руки}$ – час, витрачений на пошук оператором вірної клавіші на клавіатурі і на її натискання.

Оскільки монітор та клавіатура під час цих трьох тестів знаходяться на фіксованих відносно очей оператора відстанях (6 метрів та 0,5 метра відповідно), то можна вважати, що $t_{ак1} = t_{ак2} = t_{ак}$.

Виходячи з цього, а також з проведених вище розрахунків, отримуємо, що для 4-го, 5-го та 6-го тестувань (монітор знаходиться на відстані 6 метрів від очей оператора) $t_{заг2} = t_п + t_{спр} + 2* t_{ак}$, тобто

$$t_{заг2} = 1{,}172 + t_{спр} + 2* t_{ак} \text{ (с)}.$$

Отже, час акомодації для кожного експерименту в даному тестуванні визначається за формулою

$$t_{ак} = (t_{заг2} + t_{заг1})/2,$$

де $t_{заг1}$ та $t_{заг2}$ визначаються таймером програми. Але варто зазначити, що порівнюються часові проміжки $t_{заг1}$ та $t_{заг2}$ для експериментів з однаковими зображеннями, тобто для 1-го і 4-го, для 2-го і 5-го та для 3-го і 6-го тестів попарно.

Після визначення часу акомодації очей оператора програма розраховує також час спритності оператора в кожному експерименті за формулою

$$t_{спр} = t_{заг1} - 1{,}172 \text{ (с)}.$$

4.2. Аналіз отриманих експериментальних даних

Отримані експериментальні дані для 10-и операторів, що проходили тестування, а також середні дані для всіх операторів наведені в нижче розташованих таблицях. В них міститься інформація про час реакції кожного, хто проходив тестування, для всіх типів зображень на двох різних відстанях, а також часи спритності і акомодації операторів для кожного експериментального циклу. Також наведено таблицю, що містить середній для всіх операторів час для кожного типу експерименту, а також середній час акомодації та спритності. Для більш зручної візуалізації та аналізу отриманих результатів нижче запропоновано об’ємні діаграми, що відображають час реакції операторів у всіх тестах, а також співвідношення часів акомодації, спритності та реакції операторів.

Отже, проаналізувавши отримані табличні результати, можна зробити деякі висновки:

1) середній час акомодації для всіх операторів дорівнює – 0,635 с, при тестуванні зі знаками – 0,682 с, при тестуванні з контурами – 0,624 с, а при тестуванні на замальованих контурах – 0,599 с;

2) час акомодації найбільше проявляється при зображеннях у вигляді знаків і лежить в цьому випадку в діапазоні від 0,55 с до 0,8 с; найменшу частку час акомодації має при замальованих контурних зображеннях (від 0,48 с до 0,67 с);

3) середній час спритності для всіх операторів дорівнює – 0,902 с, а значення часу спритності для кожного оператора лежить в діапазоні від 0,76 с до 1,18 с, тобто різниця досягає 35%;

4) найбільше значення часу спритності операторів виявляється при тестуванні на зображеннях у вигляді знаків (0,73 с – 1,13 с), найменше – при тестуванні на замальованих у чорний колір зображеннях (0,55 с – 1,1 с).

5. Динамічні характеристики зорового каналу з урахуванням процесів акомодації

Передавальна функція ока має вигляд: $W_{ока} = \frac{H_1(p)}{H_2(p)} = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$,

де *k* – коефіцієнт передачі. Оскільки ми розглядаємо безінерційну ланку то *k=1*.

Розглянемо структурну схему зорового каналу оператора в разі включення ока як чутливого елемента в ланцюг розімкненої системи.

Тут х – зображення, що подається на екран; НМЧ – нервово-м'язова частина; у – клавіша, що відповідає зображенню х.

Око отримує інформацію про зображення, передає її мозку, мозок ідентифікує цю інформацію та передає накази про натиснення клавіші м'язам рук.

Отже, функціональна схема зорового каналу оператора має вигляд:

$$W_{зк}(p) = W_{ока}(p)\, W_{нм}(p)\, W_{руки}(p).$$

Звідси $W_{зк}(p) = W_{ока}(p)\, W_{нмр}(p)$, де

$$W_{нмр}(p) = W_{нм}(p)\, W_{руки}(p)$$

$$W_{ока}(p) = \frac{1}{T_{ак} p + 1},$$

$$W_{нмр}(p) = \frac{1}{T_{нмр} p + 1}.$$

Таким чином, передавальна функція зорового каналу оператора матиме вигляд: $W_{зк} = \frac{k}{(T_{ак} p - 1)(T_{нмр} p + 1)}$

Враховуючи, що експериментальний час повної реакції оператора в середньому рівний 3с і цей процес приймемо кратним 4-м, то отримаємо, що $T_{ак}$ (із відомих раніше праць) = 0,2с; $T_{нмр}$ = 0,55с; k = 0.5.

Побудуємо графіки логарифмічно-частотної (ЛЧХ) і фазово-частотної (ФЧХ) характеристик зорового каналу (рис. 5.1), а також реакції системи на одиничний стрибок (рис. 5.2) та імпульсну функцію (рис. 5.3) для визначених вище значень k, $T_{ак}$ і $T_{нмр}$.

Для цього в програмі Matlab виконаємо наступні операції:

```
tfzk=tf([0.5],[1.1 0.75 1]);

figure(1)
bode(tfzk),grid on

figure(2)
step(tfzk),grid on

figure(3)
impulse(tfzk),grid on
```

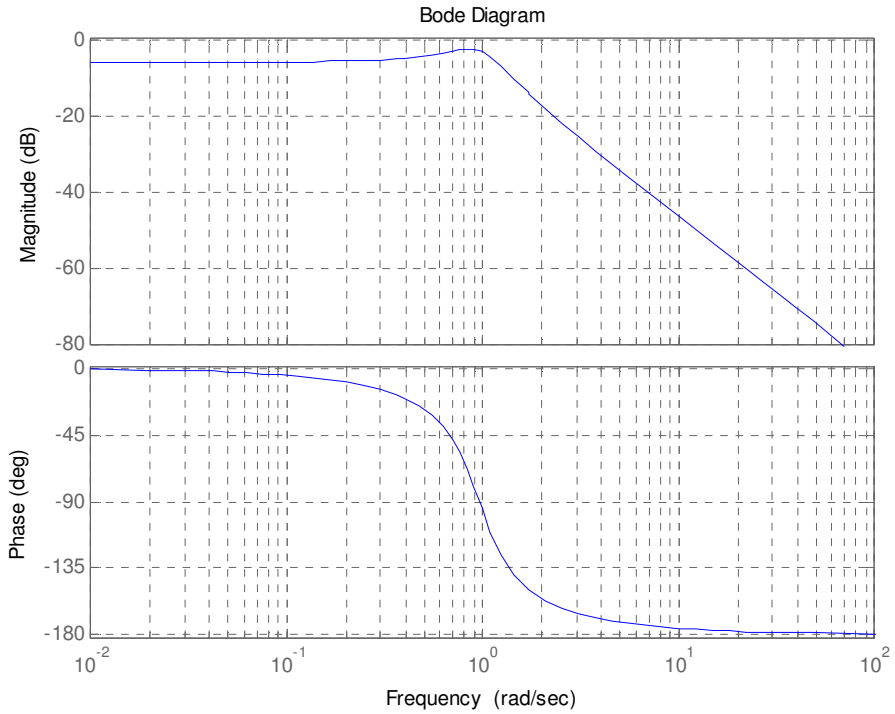


Рис. 5.1. ЛЧХ і ФЧХ зорового каналу

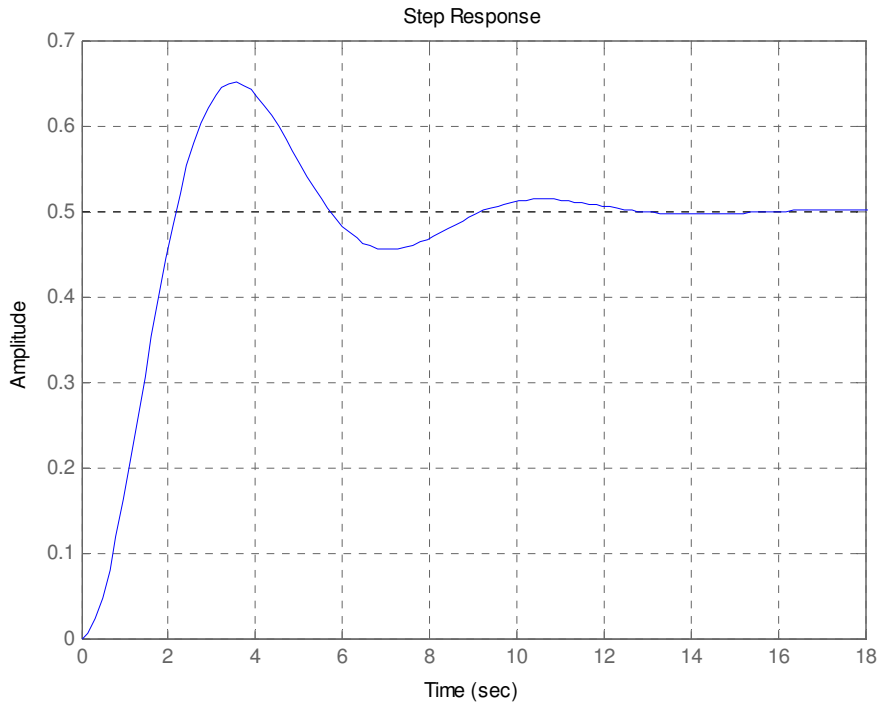


Рис. 5.2. Реакція системи на одиничний стрибок

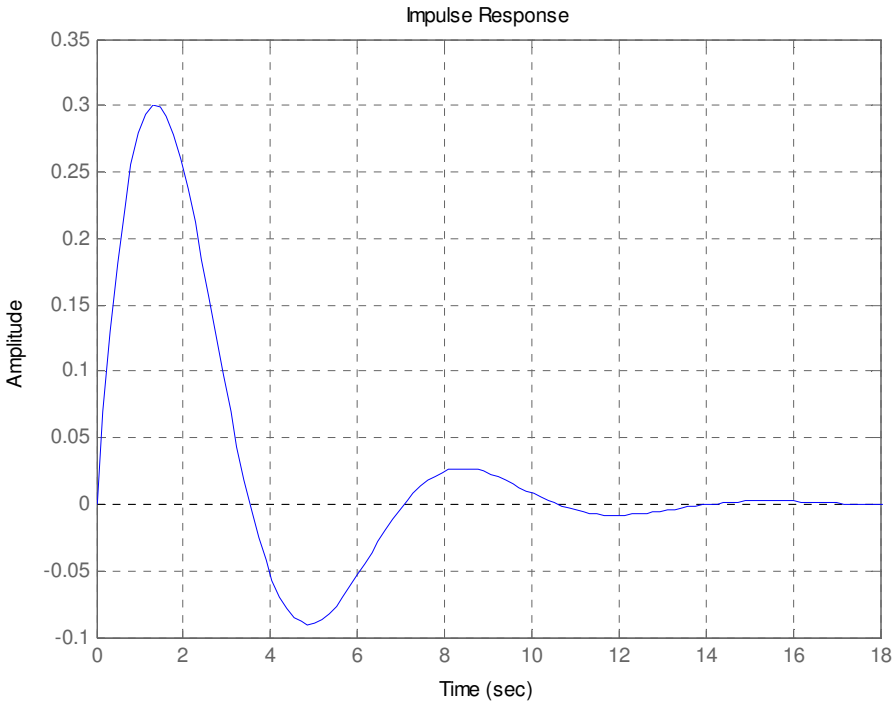
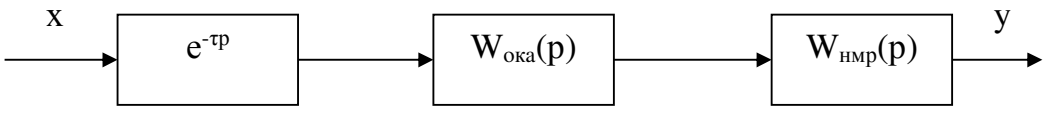


Рис. 5.3. Реакція системи на імпульсну функцію

Введемо додаткову ланку запізнювання $e^{-\tau p}$, що характеризує час переводу погляду оператора. Тоді передавальна функція зорового каналу оператора матиме вигляд:

$$W_{зк}\,p = \frac{e^{-\tau p}\,k}{\left(T_{ак}\,p+1\right)\left(T_{нмр}\,p+1\right)}$$



Нижче представлені графіки ЛЧХ і ФЧХ (рис. 5.4) зорового каналу оператора з урахуванням впливу і реакції цієї системи на одиничний стрибок (рис. 5.5) та імпульсну функцію (рис. 5.6) для τр=-0,15 с.

Для отримання цих графіків в програмі Matlab проведемо наступні операції:

```
n=-0.15;
y=exp^n;
x=y*0.5;
ytf=tf([x],[1.1 0.75 1]);

figure(1)
bode(ytf),grid on

figure(2)
step(ytf),grid on

figure(3)
impulse(ytf),grid on
```

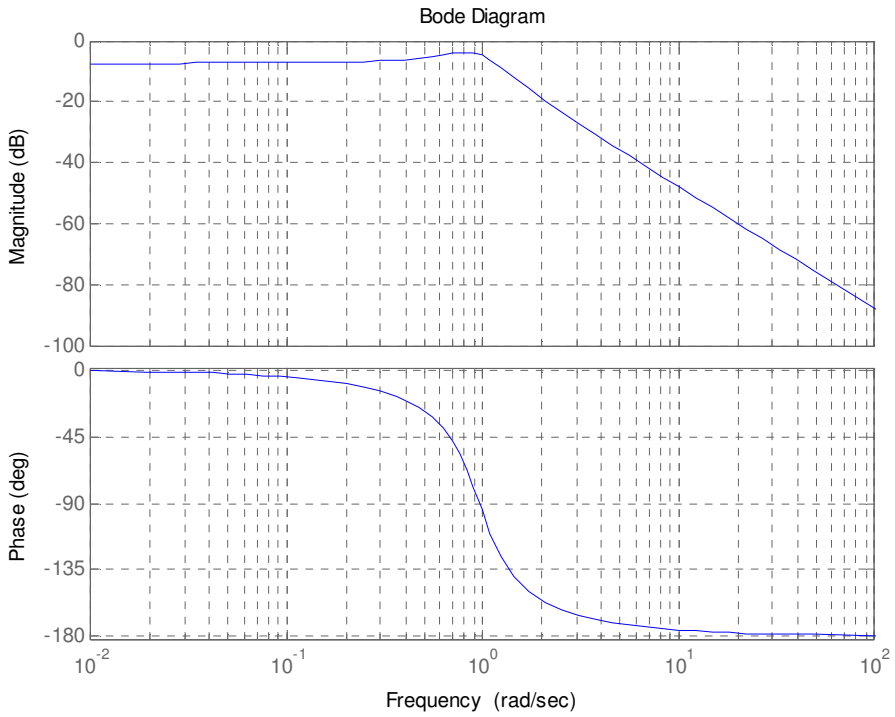


Рис. 5.4. ЛЧХ і ФЧХ зорового каналу з урахуванням запізнювання

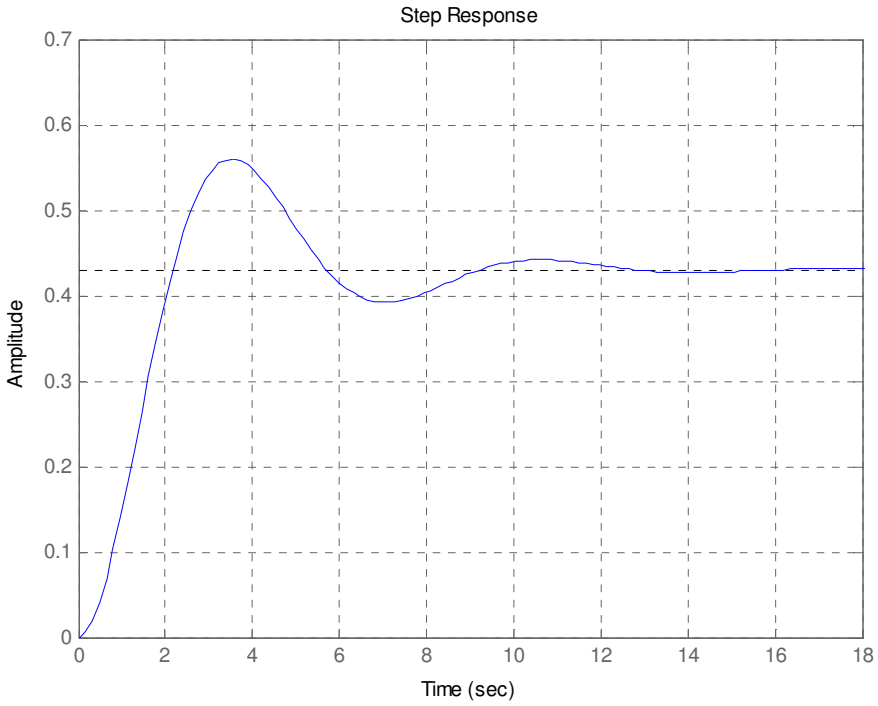


Рис. 5.5. Реакція системи на одиничний стрибок з урахуванням запізнювання

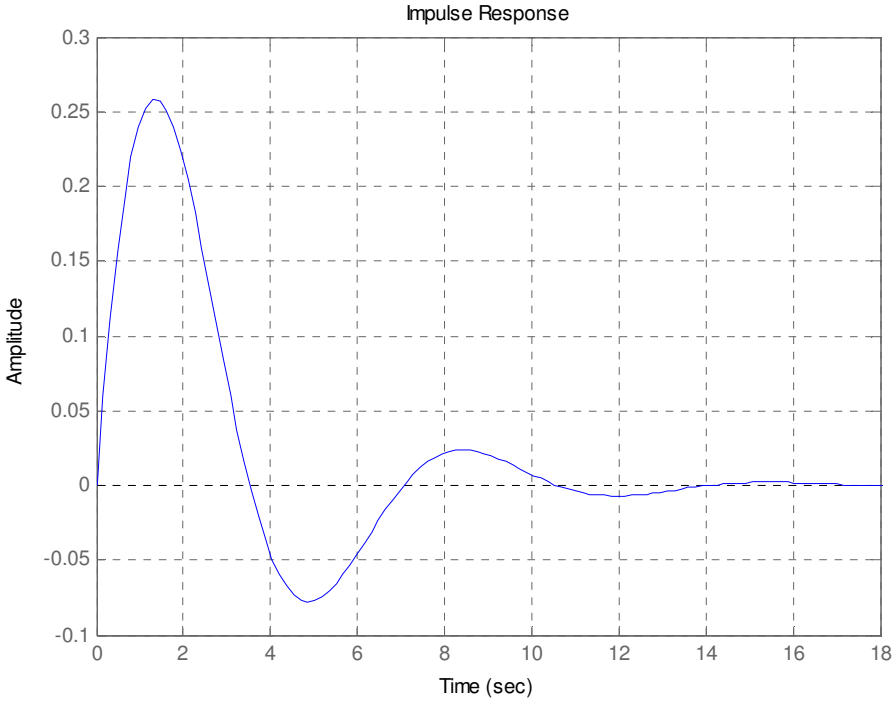


Рис. 5.6. Реакція системи на імпульсну функцію з урахуванням запізнювання

Висновки

В дипломній роботі було отримано наступні результати. Встановлено, що підвищення якості управління повітряним рухом залежить від низки складових даного процесу, де основною ланкою є оператор. Доведено, що вирішальним фактором професійної здатності оператора є медичні, а зокрема його офтальмоергономічні особливості.

Для вирішення проблемних питань управління повітряним рухом оператором вивчено фізіологію, оптичну систему ока, процеси побудови зображень в оці тощо.

В дипломній роботі було досліджено часові характеристики зорового каналу оператора, процес акомодації ока та вплив на реакцію оператора типу зображень на різних відстанях.

Для вирішення проблемних питань оцінки професійної здатності оператора було проведено моделювання процесів конвергенції та фіксації об'єктів, процесу сприйняття зображень оператором на різних відстанях та запропоновано математичну модель акомодації ока оператора.

В дипломній роботі розроблено методику вияву впливу на реакцію оператора типу зображень на різних відстанях, методику тестування зорового каналу оператора та створено для цього програмне забезпечення в складі автоматизованої системи.

В результаті проведення низки експериментів в процесі дослідження встановлено залежність часу акомодації від типу зображення. В процесі розрахунково-аналітичних досліджень знайдено оптимальний час акомодації ока для виконання оператором своїх функцій належним чином. Виявлено, що найменший час акомодації був зафіксований при тестуванні оператора на зафарбованих у чорний колір зображеннях на різних контурах, найбільший – при тестуванні з зображеннями у вигляді знаків.

Також в процесі досліджень визначено, що час спритності оператора також залежить від типу зображення, що сприймається його зоровим

каналом. Експериментально встановлено, що найкращий час спритності оператори показали при тестуванні на зафарбованих у чорний колір контурах, найгірший – при тестуванні на різних знаках.

Пропонується впровадження розробленої методики та програмного забезпечення в практичну діяльність відбору операторів систем управління повітряним рухом.

Таким чином, розроблена методика вияву впливу акомодації та спритності на час розпізнання різних типів зображень на різній відстані для конкретного оператора. Отримані результати показують, що час акомодації ока оператора на відстані 6 м становить від 0,6 с до 0,7 с, а час спритності оператора в цьому випадку в основному лежить в межах від 0,8 с до 1с.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці.

Охорона праці – це система правових, соціально-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Реальні виробничі умови, у яких доводиться працювати людині, характеризуються, як правило, наявністю певних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Нижче аналізуються потенційно небезпечні і шкідливі фактори, що маються на об'єктах та в установах, що експлуатують електронно-обчислювальні машини (ЕОМ). Із факторів, що перечисленні в ГОСТ 12.0.003-74, вибрані основні.

Електробезпека

Питанням електробезпеки на підприємствах і в установах, що експлуатують електронно-обчислювальні машини, приділяється особлива увага.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму.

Можливість ураження людини електричним струмом у дисплейному залі існує при роботі програміста з дисплеєм, у якому присутня висока напруга (порядку 10КВ у прискорювачі ЕПТ), друкувальними пристроями (напруга порядку 220В).

Метеорологічні умови у виробничому приміщенні

Однією з необхідних умов здорової і високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщення. Тривалий вплив несприятливих метеорологічних умов на людину призводить до погіршення її самопочуття, зниженню продуктивності праці і підвищенню сприятливості до захворювання.

Підвищений рівень шуму в виробничому приміщенні

Шум на виробництві завдає великої шкоди, шкідливо впливаючи на організм людини, знижуючи продуктивність праці. Стомлення операторів через сильний шум збільшує число помилок при роботі, сприяє виникненню травм.

Шуми в дисплейному залі виникають при роботі друкувальних пристроїв, а також охолоджуючих вентиляторів.

Недостатній або підвищений рівень освітлення

Правильно спроектоване і виконане освітлення в дисплейному залі забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності операторів. При роботі оператора з дисплеєм йому необхідно контролювати інформацію на екрані термінала. Неправильно спроектоване освітлення може привести при високій інтенсивності праці до тимчасового зниження працездатності, розвитку гострих і хронічних захворювань зорової й іншої систем людського організму.

Монітори комп'ютерів є джерелом рентгенівського, бета- і гамма-випромінювань. Рентгенівське випромінювання присутнє тільки при роботі монітора. Спектр рентгенівського випромінювання є безпечним з набором моноенергетичних ліній. Максимальна енергія спектра ~20 кеВ. Бета-, гамма- випромінювання присутні і при включеному і при виключеному моніторі. Джерелом цих випромінювань є радіоактивний розпад ядер сімейств урану і торію, а також ядер калію-40. Спектральний

склад гамма-випромінювання переважно складається з набору моноенергічних ліній. Бета-випромінювання монітора визначається головним чином радіоактивним розпадом ядер калію-40; спектральний склад бета- випромінювання безперервний, а його максимальна енергія ~1,3 меВ. За певних умов ці іонізуючі випромінювання здатні заподіяти шкоду здоров'ю людини, зокрема, викликати помутніння хрусталика ока.

При роботі ЕОМ відбувається виділення тепла, джерелами яких є потужні елементи електронних схем ЕОМ. У зв'язку з цим існує можливість виникнення пожежі. Пожежа може також виникнути при несправності пристроїв ЕОМ (при коротких замиканнях в електричних ланцюгах, порушеннях режимів роботи, перевантаженнях).

6.2. Заходи щодо усунення впливу на людину шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Забезпечення охорони праці від виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів досягається за рахунок застосування комплексу взаємозалежних заходів щодо електробезпеки, оздоровленню повітряного середовища робочої зони, по захисту від шуму, пожежної безпеки, організації виробничого освітлення.

Заходи щодо електробезпеки

Електробезпека при експлуатації електроустановок в робочій зоні забезпечена у відповідності з ГОСТ 12.1.004-91 “Електробезпека”.

Для забезпечення електробезпеки, безаварійної і високопродуктивної роботи електроустановок (дисплеїв, друкувальних пристроїв, графобудівників) наряду з оснащенням засобами захисту (автоматичне захисне відключення, плавкі запобіжники й ін.) організована така їх експлуатація, що виключає всяку можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу.

В ЕОМ застосовується конструктивний захист людини від дотику до струмоведучих частин: ізоляція провідників, виконання корпусів з діелектричних матеріалів. Крім цього, обов'язковим є використання захисного заземлення.

Розрахунок захисного заземлення

Зробимо розрахунок захисного заземлення. Згідно ПУЕ–86 у електроустановках, що живляться напругою до 1000 В від мереж малих розмірів із малими токами замкнення на землю (не більше 5 А), опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом ($r_{нз}$ = 4 Ом). Визначимо удільний опір ґрунту. Для чорнозему він складає 200 Ом*м^2.

У якості матеріалу для одиночного заземлення оберемо стальний стержень. Тоді, опір одиночного заземлення, вбитого вертикально у землю на глибину 0.7...0.8 мм від верху виражається формулою:

$$R_{CT} = \frac{0{,}366\rho}{l}\left(\lg\left(\frac{2l}{d}\right) + 0{,}5\lg\left(\frac{(4H+1)}{(4H-1)}\right)\right)$$

де □ - удільний опір ґрунту, Ом*м;

d - діаметр стержню, м;

H – відстань від поверхні землі до половини стержню, м;

l – довжина стержню, м.

Візьмемо d = 0.05 м; l = 5 м; H = 2.5 + 0.8 = 2.3 м, тоді:

$$R_{CT} = \frac{0.366 \cdot 200}{5}\left(\lg\left(\frac{2 \cdot 5}{0.05}\right) + 0.5\lg\left(\frac{(4 \cdot 3.3 + l)}{(4 \cdot 3.3 - l)}\right)\right) = 14.64(\lg(200) + 0.5\lg(1.16)) = 36.22 Ом$$

так як $r_{из}$ = 4 Ом, то розрахуємо приблизну необхідну кількість заземлень:

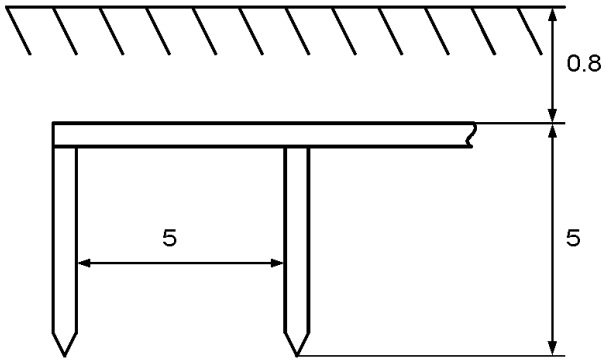
$$n = \frac{R_{СТ}}{r_{ИЗ}} = \frac{36,22}{4} = 9,055 \approx 9$$

Визначимо коефіцієнт використання одиночного заземлювачу за таблицею.

$$\eta_{СТ} = 0,67$$

Уточнюємо кількість заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_{СТ}}{(r_{ИЗ} \cdot \eta_{СТ})} = \frac{36,22}{(4 \cdot 0,67)} = 13,5$$



Отримуємо, що n = 14.

Розрахуємо опір розтікання струму у землі від з'єднувальної смужки. Довжина смужки L = 5*13 = 70 м, ширина смужки b = 0.04 м.

$$R_{ПОЛ} = 0{,}366\left(\frac{\rho}{L}\right)\lg\left(\frac{2L^2}{b \cdot H_{ПОЛ}}\right) = 0{,}366\left(\frac{200}{70}\right)\lg\left(\frac{2 \cdot 70^2}{0.04 \cdot 0.8}\right) = 5.74Ом$$

Опір групового контуру заземлюючого пристрою з стержневих заземлювачів, з'єднаних смугою знаходимо за формулою:

$$R_{ГКЗ} = \frac{R_{СТ} \cdot R_{ПОЛ}}{\left(R_{СТ} \cdot \eta_{ПОЛ} + R_{ПОЛ} \cdot \eta_{СТ} \cdot n\right)} = \frac{36{,}22 \cdot 5{,}74}{\left(36{,}22 \cdot 0{,}37 + 5{,}74 \cdot 0{,}67 \cdot 14\right)} = 3{,}1Ом$$

де $\eta_{пол} = 0.37$,

Заходи захисту від шуму

Змішання небажаних для людини звуків різної інтенсивності називають шумом. Звук при достатній силі сприймається вухом в діапазоні частот 16-16000Гц, приблизно рівним 10 октавам. Слух людини здатний реагувати не на абсолютний приріст частоти, а на відносну її зміну. Стійкий, постійний шум має менший вплив на організм людини ніж нерегулярно виникаючий шум непостійної амплітуди, що обумовлено здатністю людини до адаптації.

Шум негативно впливає на орган слуху, центральну і вегетативну нервові системи, а через них на внутрішні органи. Шум, гучність якого перевищує 120дБ, може привести до необернених змін нервової системи аж до самої смерті. Шум підвищує кров'яний тиск, що негативно відбивається на діяльність серцево-судинної системи, виникає втома, роздратування, виникають передумови до погіршення психологічного стану. Все це приводить до значного зниження працездатності.

Джерелами шуму при експлуатації обладнання ОЦ, АСУ є:

- вихідні периферійні пристрої (принтер);
- вхідні периферійні пристрої (дисководи, клавіатура);

- вентилятори, кондиціонери і т.п.

Сумарний рівень шуму, що створюється перевищує допустиму межу і чинить на обслуговуючий персонал негативну дію. При роботі друкувальних пристроїв, а також охолоджувальних вентиляторів, що знаходяться в дисплейних залах, виникають шуми, що негативно діють на людину. Для захисту від них застосовано звукоізолюючі кожухи, що закривають електродвигуни цих пристроїв.

Заходи щодо нормування метеорологічних умов у виробничому приміщенні

Таким чином, завдяки застосованим технічним засобам, у холодний період часу параметри метеорологічних умов мають наступні значення:

- температура повітря – 19 – 20 С ;
- відносна вологість повітря – 40 – 60 % ;
- швидкість руху повітря біля – 0.1 м/с.

у теплий час року:

- температура повітря – 20 – 22 С ;
- відносна вологість повітря – 40 - 60 % ;
- швидкість руху повітря біля – 0.1 м/с.

Організація виробничого освітлення

У зв'язку з тим, що робота оператора-програміста вимагає постійного контролю зображення на екрані термінала інформації, зір людини при недостатньому освітленні зайво напружується і може погіршуватися. Тому необхідно правильно організувати освітлення робочого місця, забезпечивши необхідний для даного виду робіт коефіцієнт природного освітлення й освітленості (для штучного освітлення).

Розрахунок штучного освітлення

Недостатнє освітлення робочої зони приводить до погіршення зору, хворобливих відчуттів в очах, головної болі, втоми робітника, порушення сну, зниження працездатності, що є недопустимим з точки зору охорони праці.

Штучне освітлення у приміщенні представлено загальною системою рівномірного освітлення.

Світильники розташовані в один ряд, тому фактична освітленість визначається за формулою:

$$F_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta};$$

$E_{н}$ – нормована освітленість 400 лк (по ДСН 11-4-79);

n - кількість ламп у приміщені;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа освітлюваного приміщення (69 м²);

k – коефіцієнт запасу, що враховує запиленість приміщення і зменшення світлового потоку джерела світла в процесі експлуатації;

Z – коефіцієнт нерівномірності висвітлення ($Z = 1{,}2$).

Індекс приміщення визначимо за формулою:

$$i = \frac{L_{П} \cdot B}{H_{c} \cdot (L_{П} + B)};$$

$L_{П}, B$ – довжина і ширина приміщення (8×7 м);

H_{c} – висота підвісу світильника (3,25 м).

Підставимо значення у формулу:

$$i = \frac{8 \cdot 7}{3.25 \cdot (8 + 7)} = 1{,}149.$$

Виходячи із значення коефіцієнта відбиття стелі $\rho_{c} = 0{,}1$, знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку ($\eta = 0{,}51$). Коефіцієнт запасу

для приміщень з повітряним середовищем, що містить у робочій зоні менш 1 мг/мм пилу $k = 1{,}5$.

Підставимо отримані значення змінних у формулу та визначимо кількість ламп:

$$n = \frac{E_н \cdot S \cdot k \cdot Z}{F_л \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 69 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}2}{4070 \cdot 0{,}51} \approx 24.$$

Тоді кількість світильників:

$$N = \frac{n}{2} = \frac{24}{2} = 12.$$

Світильники потрібно розташувати рівномірно у два ряди по 12 штук.

Заходи щодо пожежної і вибухової безпеки

Пожежна безпека забезпечена у відповідності з ГОСТ 12.1.004-91”Пожежна безпека”, вибухова – з ГОСТ 12.1.010-76 ”Вибухобезпека”.

Забезпечення пожежної безпеки в дисплейному залі досягається за рахунок застосування заходів пожежної профілактики й активного пожежного захисту, тобто комплексу мір попередження виникнення пожеж або зменшення їх наслідків.

Причинами виникнення пожежі електроустаткування можуть бути (ОСТ 5470001-84):

- перевантаження проводів;
- неякісне виконання з'єднань електропроводки;
- перевантаження різних електричних пристроїв;
- коротке замикання.

Відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99, під час проектування систем електропостачання, монтажу основного електрообладнання та електричного освітлення приміщень для ЕОМ дотримано вимоги Правил устрою електроустановок (ПУЕ), ГОСТ 12.1.006-84, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.045-84, ПТЕ, ПБЕ, ВСН 59-88, СН 357-77, Правил

пожежної безпеки в Україні та інших нормативних документів, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, а також вимог нормативно-технічної експлуатаційної документації заводу-виробника.

Для запобігання загоряння від світильників у приміщенні, використовують люмінесцентні лампи з температурою нагрівання зовнішніх стекол колб 40 - 50 °С, у закритих плафонах.

Відповідно до БНіП 11-2-80, дисплейні зали - відносяться до категорії Д по пожежній небезпеці, вибуховій і вибухопожежній небезпеці.

Для гасіння електроустановок, до яких відносяться ЕОМ, застосовують вуглекислотні вогнегасники типу ВВ – 2А.

У випадку виникнення вогнища пожежі варто негайно зв'язатися з пожежною охороною, а до її прибуття організувати самотужки локалізацію та гасіння пожежі, евакуацію людей і матеріальних цінностей з небезпечної зони.

6.3. Інструкції з техніки пожежної та вибухової безпеки

Загальні вимоги пожежної та вибухової безпеки наведені відповідно в ГОСТ12.1.004-91 та ГОСТ 12.1.010-76.

Нижче наведені заходи по забезпеченню пожежної та вибухової безпеки обчислювальних комплексів

Автоматизовані системи та обчислювальні комплекси розташовані в приміщенні не нижче II-ступені вогнестійкості з розміщенням залів ЕОМ на першому поверсі.

Комплекс виробничих приміщень має два евакуаційних виходи.

Двері дисплейного залу з межею вогнестійкості не менше 0,75 годин.

Для акустичної ізоляції стін використані негорючі та важкогорючі матеріали (гіпсові, гіпсоволокнисті плити, із вмістом органічної маси до 8%, бетонні матеріали, окремі види конструкційних пластмас).

Приміщення де зберігається інформація відокремлене і обладнане шафами з негорючих матеріалів (метал).

Джерела електричної енергії (розподільчі пристрої, трансформатори) розташовувані у відокремлених приміщеннях.

Освітлювальну електричну мережу виконано згідно вимог ПУЕ – правилам устрою електроустановок для пожеженебезпечних зон.

Прокладання кабелю через перекриття, стіни, фальшпідлогу здійснено в стальних трубах з наповнювачем з негорючих матеріалів.

Аварійні мережі освітлення, дистанційного та автоматичного пуску протипожежних систем та сигналізації прокладено окремо від силових та інших електричних комунікацій, а при сумісному прокладанні їх розділено перегородками з негорючих матеріалів (метал, гетинакс).

Системи електричного живлення обчислювального комплексу має блокування, що забезпечує автоматичне її відключення, в разі зупинки системи охолодження кондиціонування.

Повітропроводи виконані з негорючих матеріалів. Система вентиляції обладнана пристроєм, що забезпечує автоматичне її відключення, а також перекриття повітропроводів машинного залу автоматичними заслінками в разі виникнення пожежі. Кабельні вертикальні шахти розділені по поверхах діафрагмами з негорючих матеріалів.

Приміщення дисплейного класу обладнане первинними засобами пожежегасіння (вуглекислотними вогнегасниками ВВ-2А).

До роботи допускаються особи інженерно–технічного складу, що вивчили персональний комп’ютер, інструкцію з експлуатації, дану інструкцію і склали залік з техніки безпеки і пожежної безпеки.

Загальні положення.

1. Робоче місце оснащене робочим столом, стільцем. Основним обладнанням, що застосовується на робочому місці є апаратне забезпечення (дисплей, клавіатура, системний блок та інші).

2. Оператор виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея дії з введенням даних за допомогою клавіатури. Робота характеризується високим напруженням зорового аналізатора, значними навантаженнями, які припадають на руки при малій загальній руховій активності, нервово-емоційним напруженням.

3.Забороняється:

- самочинно змінювати орієнтацію робочого місця відносно вікон та світильників, що може призвести до появи прямої та відбитої близькості;

- відключати захисні пристрої, проводити зміни у конструкції системи, її апаратного забезпечення;

- самостійно здійснювати ремонт апаратури чи її технічне налагодження; такі види робіт виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів;

- класти будь-які предмети на апаратуру, оскільки це може призвести до її пошкодження або перекриття вентиляційних отворів;

- вживати їжу, напої на робочому місці.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

1. Ввімкнути систему кондиціонування повітря в приміщенні.

2. Оглянути загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення.

3. Відрегулювати освітленість робочого місця.

4. Відрегулювати та зафіксувати висоту сидіння стільця, зручний для оператора нахил його спинки, висоту підлокітників.

5. Ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах у послідовності: стабілізатор напруги, дисплей, системний блок, принтер.

6. При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника.

Вимоги безпеки під час виконання роботи.

1.Необхідно стійко розташувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватись.

2.Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми.

3.Забороняється:

- працювати без належного освітлення;
- закривати вентиляційні отвори апаратури будь-якими предметами, оскільки це може призвести до їх перегріву;
- залишати без нагляду включене обладнання через небезпеку самовільного загоряння;
- допускати до роботи на обладнанні осіб без дозволу керівника;

4.Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатись до металевих поверхонь та вмивати лице та руки теплою водою.

5. З метою профілактики робити перерву для відпочинку:

для розробників програм із застосуванням ЕОМ через 1 годину роботи на 15 хвилин;

для операторів із застосуванням ЕОМ через 2 години роботи на 15 хвилин;

для операторів комп'ютерного набору через 1 годину роботи на 10 хвилин.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

1.Закрити всі програми та вийти з програмної оболонки.

2.Вимкнути дисплей і процесор. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього. Штепсельні вилки витягнути з розеток. Накрити клавіатуру пластмасовою кришкою для запобігання попадання в неї пилу.

3.Прибрати робоче місце.

4.Вимкнути кондиціонер, освітлення і загальне електроживлення підрозділу.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

1.При раптовому припиненні подавання електроенергії вимкнути апаратуру і витягнути штепсельні вилки з розеток.

2.При виявленні ознак горіння вимкнути апаратуру, знайти джерело займання і вжити заходів щодо його ліквідації, повідомити керівника робіт.

3.При враженні електричним струмом необхідно: швидко звільнити потерпілого від дії електричного струму - вимкнути живлення працюючого пристрою, якщо це зробити неможливо, то слід звільнити потерпілого за допомогою якого-небудь предмету, який не проводить струм, покласти його на сухе рівне місце, вивільнити від одягу, що заважає диханню, забезпечити свіжим повітрям; при відсутності дихання та серцебиття необхідно терміново зробити штучне дихання та зовнішній масаж серця (штучне дихання не переривати до приходу лікаря).

4.При виникненні пожежі негайно повідомити пожежну частину, вжити необхідних заходів для евакуації людей і приступити до локалізації та гасіння первинними засобами пожежегасіння (вуглекислотними вогнегасниками ВВ – 2А).

7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

7.1. Загальна характеристика цивільної авіації як забруднювача навколишнього середовища

Головна мета охорони навколишнього природного середовища при авіатранспортних перевезеннях полягає в підтримці балансу між наслідками, які супроводжують авіатранспортні процеси та факторами, які забезпечують самовідновлення середовища. Все це досягається державною та галузевою системами контролю і управління спектром виробничої, транспортної, інтелектуальної та соціальної діяльності відносно реалізації екологічних проблем на авіаційному транспорті.

Діяльність цивільної авіації викликає шкідливу дію на навколишнє середовище, викликаючи при цьому забруднення атмосфери, ґрунту та водоймищ.

Найбільш важливою причиною інтенсифікації зусиль у вивченні особливостей взаємодії авіаційного транспорту на навколишнє природне середовище є виявлення та накопичування достовірної інформації про його вклад у загальне забруднення навколишнього природного середовища, як локальне, так і глобальне. В цілому рівень забруднення перевищує припустимі нормативні значення, що обумовлює завдавання шкоди навколишньому природному середовищу, а також здоров'ю та самопочуттю людей. Дана проблема висвітлюється у контексті реалізуємої політики Європейської Економічної Спільноти стосовно охорони навколишнього природного середовища з акцентами на екологічну стандартизацію та експертизу.

Впровадження інтегрованої системи попередження забруднення стосується в першу чергу видів діяльності, які відмічені в Доповнені 1 до директиви 96/61/ЕЕС, і проектів, які стосуються статті 4 директиви

85/337/EEC (Про оцінку впливу окремих суспільних і приватних проектів на навколишнє середовище). До них відноситься будівництво автомагістралей, експрес-магістралей і ліній дальніх залізничних перевезень, а також аеропортів з основною злітною смугою довжиною 2100 м і більше.

Пропозиція для розглядання нових директивних значень показників якості атмосферного повітря для двоокису сірки, двоокису азоту, підвищених частинок і свинцю вже прийняла Європейська Економічна Спільнота. Це є початком ряду змін, які впроваджуються в відповідності до директиви 96/62/EEC. Їх головна ціль - забезпечити високий рівень захисту здоров'я населення в країнах Європейської Економічної Спільноти. Нові значення базуються на виправлених керованих принципах забезпечення якості повітря для Європи, які прийняті Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я в 1996р. Країни Європейської Економічної Спільноти являються відповідальними за дію даних директив, проведення оцінки якості навколишнього середовища, забезпечення точності виміру, аналіз методів результатів оцінки, гарантії якості повітря.

Щоб досягти цих цілей, значення емісії двоокису сірки і двоокису азоту у країнах Європейської Економічної Спільноти повинні бути зменшені приблизно на 10% в доповнення до зниження, яке вже очікується до 2010 року.

Руйнування озону у верхніх шарах атмосфери обумовлено викидами забруднюючих речовин літаками з двигунів. Хоча до 15 км висоти у тропосфері й у нижніх шарах атмосфери знаходиться близько 20% атмосферного озону, тропосферний озон складає значну частину озоносфери Землі. Так як між стратосферою і тропосферою відбувається обмін повітряними масами, стік озону з тропосфери може стати одним із механізмів впливу на атмосферний озон. Висотні польоти літаків, в основному, супроводжуються викидами оксидів азоту. Як показали дослідження, руйнування атмосферного озону на 60% викликано оксидами азоту [12]. Індекс емісії оксидів азоту, обумовлений величиною маси оксидів азоту в

грамах при спалюванні 1 кг палива, для сучасних літаків складає 8-15 г/кг для дозвукових літаків і 18 г/кг для надзвукових літаків

В авіації існують обмежуючі норми припустимих викидів (МДВ), які встановлені ІКАО, а в деяких країнах також прийняті національні норми на чотири основні шкідливі компоненти: CO, CH, NO_2 та частинки сажі (дим).

При нормуванні та виявленні викиду шкідливих речовин беруться до уваги всі маневри літака та відповідні режими роботи двигуна, які відбуваються в зоні аеропорту на висоті польоту до 1 км. Для визначення кількісних та якісних показників речовин потрібно знати етапи, на яких вони відбуваються, розподіл використаних режимів роботи двигуна по етапам, а також їх довготривалість за злітно — посадочний цикл.

Для оцінки кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу вводять поняття індексу викиду за злітно - посадочний цикл, Е1 - це відношення кількості грамів шкідливої речовини до 1 кг згорілого палива.

Утворення окису азоту протікає при достатньо високих температурах (Т=2000 $К^0$). Інтенсивність цього процесу значно збільшується зі зростанням значень температури і часу перебування суміші в камері згорання. Тому максимальний викид окисів азоту спостерігається на злітному режимі роботи двигуна.

7.2. ЕОМ як джерело забруднення.

Моделювання зорового каналу оператора-пілота відбувається за допомогою ЕОМ, тому в контексті охорони навколишнього середовища необхідно розглянути також і процес їх використання.

Останній час характеризується впровадженням повної автоматизації процесів виробництва та керування, розвитком обчислювальної техніки і розробкою систем автоматизації проектних, дослідницьких і технологічних робіт. Тому широке поширення одержали електронно-обчислювальні машини (ЕОМ). Електронно-обчислювальні машини використовуються в інформаційних і обчислювальних центрах, поліграфії, на підприємствах

зв'язку, у диспетчерських пунктах керування транспортними перевезеннями і технологічними процесами, а також для вирішення конструкторських задач

ЕОМ являють собою складні електронні пристрої, що характеризуються наявністю певних джерел забруднення навколишнього середовища. Монітори комп'ютерів на основі електронно-променевої трубки виступають основним джерелом негативного впливу на здоров'я користувача. При роботі дисплея, як і будь-якого іншого приладу з електронно-променевою трубкою, виникає гальмове рентгенівське випромінювання. Наступними джерелами негативного впливу виступають: системний блок, при роботі якого виникає електромагнітне випромінювання; джерела безперебійного живлення та інші пристрої. Всі ці елементи формують складну електромагнітну обстановку на робочому місці користувача електронно-обчислювальної машини.

Оскільки ЕОМ споживає електричну енергію, він виступає джерелом електромагнітного випромінювання, причому з побутових приладів по силі цього випромінювання із ЕОМ можуть зрівнятися хіба що телевізор або мікрохвильова піч, однак у безпосередній близькості з ними ми не проводимо дуже багато часу, а електромагнітне випромінювання має менший вплив зі збільшенням відстані від джерела до об'єкту.

Отже, комп'ютер є самим небезпечним джерелом електромагнітного випромінювання.

Лікарі вважають, що електромагнітне випромінювання призводить до зниження імунітету, розладу нервової та серцево-судинної системи й аномалії під час вагітності. На біологічну реакцію людини впливають такі параметри електромагнітних полів ЕОМ, як інтенсивність і частота випромінювання, тривалість опромінення і модуляція сигналу, частотний спектр і періодичність дії.

Монітори комп'ютерів на основі електронно-променевої трубки є джерелом рентгенівського, бета – і гамма – випромінювання. Рентгенівське випромінювання присутнє тільки при роботі монітора. Воно виникає при гальмуванні пучка електронів і як характеристичне випромінювання атомів

матеріалів кінескопа. Спектр рентгенівського випромінювання є безперервним з набором моно енергетичних ліній. Максимальна енергія спектра ~ 20 кеВ. Бета – , гамма – випромінювання присутні як при включеному, так і при виключеному моніторі. Джерелом цих випромінювань є радіоактивний розпад ядер сімейств урану і торію, а також калію – 40. Спектральний склад гамма – випромінювання переважно складається з набору моно енергетичних ліній. Бета – випромінювання монітора визначається головним чином радіоактивним розпадом ядер калію – 40; спектральний склад бета – випромінювання безперервний, а його максимальна енергія ~ 1.3 мєВ. За певних умов ці іонізуючі випромінювання здатні заподіяти шкоду здоров'ю людини, зокрема, викликати помутніння кришталика ока. Для зменшення шкідливої дії іонізуючих випромінювань, у моніторах була знижена анодна напруга та доданий свинець у скло моніторів.

Широко відомі технічні стандарти безпеки моніторів ТСО – 92, 95, 99 та MPR – II. Вони обмежують параметри випромінювання монітора, споживання електроенергії, візуальні параметри і т.д.

Коли комп'ютер працює, він утворює навколо себе електростатичне поле, що деонізує навколишнє середовище, а при нагріванні плати і корпус монітора випускають у повітря шкідливі речовини. Усе це робить повітря дуже сухим, слабко іонізованим, зі специфічним запахом та "важким" для подиху. Природно, що таке повітря не може бути корисним для організму і може призвести до захворювань алергічного характеру, хворобам дихальних органів.

Основним джерелом шуму в приміщеннях, обладнаних комп'ютерами, є принтери, копіювальна техніка й устаткування для кондиціювання повітря. Рівень шуму в таких приміщеннях іноді досягає 85 дб.

Оскільки відеотермінали є джерелом тепловиділень, це може призвести до підвищення температури і зниженню вологості повітря на робочих місцях, що сприяють роздратуванню шкіри.

Повітря робочої зони при використанні ЕОМ може забруднюватися поліхлорованими біфенілами, концентрація яких коливається від 0.056 до 0.081 мг/м³ при нормі 0.5 – 0.1 мг/м³.

Ступінь небезпеки для людини іонізуючих випромінювань, що випускаються моніторами комп'ютерів, залежить від рівнів іонізуючих випромінювань, що попадають в очі користувачів ПК.

7.3. Висновки

1. По можливості, варто встановлювати РКІ – монітор, оскільки його випромінювання значно менше, ніж у ЕПТ- моніторів.

Відстань від екрану монітора до ока працівника повинна складати:

При розмірі екрану по діагоналі:

35/38 см (14"/15") – 600-700 мм

43 см (17") – 700-800 мм

48 см (19") – 800-900 мм

53 см (21") – 900-1000 мм.

2. Системний блок і монітор повинний знаходитися якнайдалі від користувача.

3. Не слід залишати комп'ютер включеним на тривалий час, якщо він не використовується. Також рекомендується використовувати "сплячий" режим для монітора.

4. У зв'язку з тим, що електромагнітне випромінювання від стінок монітора набагато більше, необхідно ставити монітор у кут, так щоб випромінювання поглиналося стінами.

По можливості необхідно скорочувати час роботи за комп'ютером і якнайчастіше переривати роботу.