

Національна Академія наук України  
Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова

На правах рукопису

**КОЧИНА Марина Леонідівна**

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
ПРИСТОСУВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В ЗОРОВІЙ  
СИСТЕМІ ДО НАВАНТАЖЕННЯ РІЗНОГО ВИДУ**

Спеціальність 14.03.26 - біологічна і медична  
кібернетика та інформатика

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора біологічних наук

Київ - 1996

АВЗ4.477

Дисертація є рукопис  
Робота виконана в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова  
НАН України та Харківському державному медичному університеті

Науковий консультант - доктор біологічних наук  
Котова А.Б.

Офіційні опоненти - доктор медичних наук, професор  
Чередниченко В.М.

доктор біологічних наук  
Кіфоренко С.І.

доктор медичних наук,  
академік НАН та АМН України,  
член-кор. РАМН  
Навакатіян О.О.

Провідна установа - Український інститут удосконалення  
лікарів

Захист дисертації відбудеться "15" травня 1996 р.  
о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради Д 01.39.05 у Інституті  
кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України за адресою: 252187,  
Київ, пр. Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічному архіві  
інституту.

Автореферат розіслано "12" квітня 1996 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради  
кандидат біологічних наук.

Козак Л.М.

ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефанива



00754374 (U)

**АКТУАЛЬНІСТЬ.** Сучасне виробництво й побут пред"являють високі вимоги до функціонального й анатомічного стану зорової системи. Це пов"язано з необхідністю обслуговувати складну техніку, керувати високошвидкісними засобами, використовувати оптичні прилади з великим збільшенням, працювати з об"єктами на межі розв"язуючої спроможності ока [Загора Е., 1961; Калипіна Н.І., Черніловська Ф.М., 1986; Навакатікян О.О., 1993; Аветисов Е.С., Розенблом Ю.Ф., 1986 та ін.]. Значну напруженість зору викликають сучасні засоби відображення інформації - відеотермінали.

Формування та становлення зорової системи відбувається в процесі адаптації її до зорового навантаження й результат, що одержується, в значній мірі залежить як від початкового стану всіх її елементів, так і від якості, кількості й характеру зорових задач, що потрібно вирішувати, та умов їх подання. При наявності в системі різного роду "дефектів" адаптація, що супроводжує розвиток системи, може привести до виникнення різноманітної патології, наприклад, косоокості та амбліопії, формування аномального біокулярного чи монокулярного зору, прогресуванню короткозорості та ін.

В зв"язку з викладеним вище, актуальною є задача дослідження механізмів пристосування зорової системи до навантаження як зв"язаного з виробничою діяльністю чи навчанням, так й побутове.

**СТУПІНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМИ.** Сьогодні велика кількість робіт присвячена дослідженню окремих функцій зорової системи в процесі напруженої зорової праці, одержано достатньо численні, але, на жаль, не зв"язані поміж собою дані про зміни в окремих елементах системи. Відсутність системного підходу до аналізу та поясненню одержаних результатів заважає виявити основні пристосувальні механізми зорової системи до навантаження й пояснити причини численних астенопій, що виникають в процесі зорової праці. Проведений аналіз доступної літератури показав, що прості зміни окремих показників зорової системи, що характеризують окремі функції кожного з очей чи її центрального відділу, не дають дійсного подання про те, що саме діється в системі. Окрім того, більшість дослідників розглядають зоровий аналізатор не як систему двох монокулярних підсистем, зв"язаних поміж собою тонкими механізмами біокулярного зору, які дозволяють отримувати якісні окремі зображення, оцінювати глибину й віддаленість, а як дві окремі системи правого та лівого очей, причому, звичайно, взагалі без вка-

зівки, для якого з очей системи одержані ці результати. Такий підхід до дослідження зорової системи зумовлений, в багатьох випадках, застосуванням суб"єктивних засобів, що не дозволяють оцінювати стан системи без порушення природних відношень між її елементами, а також зневажанням можливостей сучасних математичних засобів обробки експериментальних даних.

МЕТА даної дисертаційної роботи - виявити закономірності адаптації зорової системи до навантаження залежно від початкового стану й умов її функціонування.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати особливості структурно-функціональної організації зорової системи та виявити можливі причини збою в роботі системи;
- розробити методики й алгоритми дослідження можливостей компенсації порушень в роботі системи;
- дослідити особливості та шляхи адаптації зорової системи до навантаження залежно від її початкового стану;
- дослідити вплив неадекватних умов зорової роботи на стан динамічних елементів периферійного відділу зорової системи;
- дослідити динаміку стану периферійного відділу зорової системи операторів в процесі професійної діяльності;
- проаналізувати зміну стану елементів зорової системи та виявити механізми адаптації системи до навантаження при різноманітних її станах.

ОБ"ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ дисертаційної роботи є зорова система, ПРЕДМЕТОМ - структурно-функціональна організація пристосувальних процесів в зоровій системі до різноманітних навантажень.

ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ: поляризаційно-оптичний засіб, оптичнотальмові засоби, засоби математичного моделювання, засоби варіаційної статистики, кластерного та кореляційного аналізу.

НАУКОВА НОВИЗНА дисертаційної роботи полягає в наступному:

- проведено аналіз структурно-функціональної організації зорової системи й встановлена роль кожного з її елементів в процесі пристосування системи до навантаження;
- виявлена роль асиметрії в зоровій системі та її вплив на шляхи адаптації системи до зорового навантаження;
- запропонована й апробована модифікаційна модель напру-

жено-деформованого стану ока, яка придатна для розрахунку розподілу напружень в рогівці при різноманітних структурно-функціональних станах екстраокулярних м'язів;

- розроблено поляризаційно-оптичний засіб оцінки функціонально-анатомічного стану екстраокулярних м'язів ока в нормі, при патології та при напруженій зоровій праці;

- проведена класифікація хворих косоокостю по інтерференційним картинам ока засобом кластерного аналізу і виявлена роль функціонально-анатомічного стану екстраокулярних м'язів у виникненні того чи іншого виду косоокості;

- проведено дослідження динаміки зв'язків в акомодційно-конвергентно-зіничній системі ока по інтерференційним картинам в адекватних й неадекватних умовах подання зорового навантаження;

- проведено дослідження динаміки зв'язків в акомодційно-конвергентно-зіничній системі ока операторів відеодисплейних терміналів (ВДТ) ПЕОМ з різноманітними видами клінічної рефракції в процесі виконання виробничого завдання;

- встановлені основні шляхи адаптації зорових систем в нормі та з "дефектами" до зорового навантаження.

#### ПОЛОЖЕННЯ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ:

1. Адаптація зорової системи до навантаження в процесі її розвитку, визрівання та функціонування зумовлена структурно-функціональними особливостями елементів обох очей, що утворюють дану систему, а також характером та умовами подання зорового навантаження.

2. Вид косоокості, що виникає в процесі адаптації зорової системи з різноманітними порушеннями до зорового навантаження в процесі розвитку, зумовлений не тільки функціонально-анатомічним станом екстраокулярних м'язів, але й особливостями будівлі та функціонування всієї зорової системи.

3. При адекватних умовах подання зорового навантаження еметропічні системи як з ведучим оком, так й без нього, функціонують бінокулярно тривалий час. В неадекватних умовах пристосування до навантаження здійснюється шляхом роз'єднання очей бінокулярної системи і монокулярного або одночасного функціонування. Причому в системах з ведучим оком основне зорове навантаження приймає на себе ведуче око, а в системах без ведучого ока

воно або виникає в процесі адаптації, або очі працюють поперемінно.

4. Реакція зорової системи на виробниче навантаження залежить від початкової рефракції системи та наявності в ній ведучого ока, причому для еметропічних систем істотну роль відіграє зорове навантаження, для міопічних - початковий стан самої системи, для гіперметропічних - як початковий стан, так і характер зорового навантаження.

**ОСОБИСТІЙ ВНЕСОК АВТОРА** в розробку наукових положень, що висять на захист. Розроблена концепція структурно-функціональної організації адаптаційних процесів в зоровій системі до навантаження різноманітного виду. Розроблені методики й алгоритми дослідження стану зорової системи для вияву шляхів її адаптації до навантаження залежно від початкового стану, характеру та умов подання зорового навантаження. Розроблені засоби аналізу й обробки даних експериментів. Розроблена та апробована математична модель напружено-деформованого стану ока, за допомогою якої проведено дослідження характеру розподілу напружень в оболонці ока залежно від функціонально-анатомічного стану екстраокулярних м'язів.

За допомогою розроблених методик проведені дослідження стану периферійного відділу зорової системи в адекватних й неадекватних умовах та в процесі виробничої діяльності. Встановлені основні види реакцій зорових систем з різноманітною рефракцією на умови подання та характер зорового навантаження. Виявлено вплив асиметрії в зоровій системі на шляхи адаптації до навантаження.

#### ТЕОРЕТИЧНА ТА ПРАКТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ.

1. Проведений аналіз структурно-функціональної організації зорової системи виявив роль кожного з її елементів в процесі адаптації зорової системи до навантаження. Знання механізмів адаптації дозволить уникнути збоїв в роботі системи шляхом утворення найкращих умов для зорового сприйняття.

2. З'ясування ролі асиметрії, що має місце в тому чи іншому вигляді в зоровій системі, на етапі пристосування зорової системи до найкращого сприйняття в процесі розвитку та визрівання дозволить краще зрозуміти причини виникнення патології та запобігти її виникненню.

3. Розроблена модифікована модель напружено-деформованого стану ока, що дозволяє моделювати будь-які функціональні чи анатомічні стани екстраокулярних м'язів й надає можливість більш якісно проводити класифікацію їх уражень по інтерференційним картинам.

4. Класифікація хворих різноманітними видами косоокості по інтерференційним картинам за допомогою засобів кластерного аналізу показала вплив на напрямок відхилення ока не тільки функціонально-анатомічного стану екстраокулярних м'язів, як вважалося раніше, а й всього комплексу факторів, що визначають будівлю та функціонування зорової системи в цілому, оскільки при одних і тих же видах порушень екстраокулярних м'язів були отримані різні види косоокості (збіжна, розбіжна).

5. Показано, що використання корегуючих стекол для моделювання того чи іншого виду рефракції з метою дослідження реакції аметропічних систем на різні види зорового навантаження не виправдані, оскільки створює для здорових осіб неадекватні умови сприйняття, а не робить їх, як вважають чисельні дослідники, аметропами. В разі необхідності таких досліджень як піддослідні повинні використовуватися тільки особи з даною патологією, оскільки шляхи пристосування аметропічних систем до навантаження, як показали проведенні дослідження, суттєво відрізняються від шляхів, що обирають емлетропічні системи в неадекватних умовах зорового навантаження.

6. Виявлена реакція зорових систем з різноманітною рефракцією на виробниче навантаження. Це дає можливість встановити причину числених астенотічних скарг, що пред'являються користувачами ВДТ ПЕОМ.

7. Вивчення різноманітних шляхів адаптації зорових систем до навантаження різного виду надає можливість в дитячому віці запобігти виникненню важкої патології у вигляді косоокості та амбліопії або прогресування міопії шляхом використання корегуючих стекол, оптимальних режимів праці та відпочинку, дозованого зорового навантаження та ін., а для дорослих осіб розробити обґрунтовані критерії відбору на спеціальності зорової праці, зняти необґрунтовані обмеження при відборі на ці спеціальності та ін.

**РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ.** Результати досліджень та розроблені методики й алгоритми були використані під час проведення су-

місних досліджень по вивчання впливу праці з засобами відображення інформації на стан здоров'я, в тому числі, на органи користувачів з інститутом медицини праці НАН й АМН України і Харківським НДІ гігієни праці та професійних захворювань, госпдоговорних робіт "Проведення офтальмо-фізіологічної оцінки макетних взірців захисних екранів" та "Проведення офтальмо-фізіологічної оцінки дослідних взірців захисних екранів". Полярізаційний засіб використовується в обласній клінічній лікарні м. Харкова та центральній науково-дослідній лабораторії Харківського державного медичного університету. Результати роботи включені в щорічні звіти Ради з проблеми "Біомеханіка" АН СРСР (1985-1990 рр.). За результатами досліджень підготовлено інформаційного листа "Оцінка ступеню напруження окоорухувальних м'язів користувачів ПЕОМ під час роботи з відеодисплейними терміналами" (1993 р.).

**АПРОВАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.** Основні положення дисертаційної роботи було викладено та обговорено на VII з'їзді офтальмологів УРСР (1984 р.), на семінарі "Проектування, оцінка та оптимізація функціонування систем "людина-техніка" (1984 р.), на 26-й міжобласній науковій конференції офтальмологів в м. Полтава (1983 р.), на обласній конференції "Медично-технічні, фармакологічні та наукові аспекти профілактики, диспансеризації і реабілітації" (1984 р.), на Всесоюзній школі "Оптичні прилади в офтальмології" при ВДНГ СРСР (1985, 1989 рр.), на обласній науково-практичній конференції "Застосування полярізаційного світла в медично-біологічних дослідженнях" (1986 р.), на Республіканській нараді "Гігієна та охорона праці при роботі з дисплеями ЕОМ" (1989 р.), на Республіканських та обласних конференціях молодих вчених (1984 - 1989 рр.), на VII Республіканській конференції "Біоніка -89", на VII Всесоюзній конференції з інженерної психології (Ленінград, 1990 р.), на IX Всесоюзній конференції "Актуальні проблеми фізіології праці та профілактична ергономіка" (1990 р.), на конференції "Технічне оснащення навчального процесу в загальноосвітній школі та дошкільному закладі" (1991 р.), на симпозіумі "Актуальні питання фізіології розумової праці" (1993 р.), на засіданнях Харківського наукового суспільства, на засіданнях Республіканського семінару "Управління в біології та медицині" (1992, 1994, 1995, 1996 рр.).

**ПУБЛІКАЦІЇ.** За результатами роботи опубліковано 36 науко-

вих статей, отримано 2 авторських свідоцтва та позитивне рішення по заявці на винахід.

**СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ ДИСЕРТАЦІЇ.** Дисертація складається з вступу, семи розділів, закінчення, висновків та списку літератури з 337 найменувань, викладена на 247 сторінках машинописного тексту, ілюстрована 66 малюнками, 20 таблицями та 6 фотографіями.

### ЗМІСТ РОБОТИ.

В ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ зроблено аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури, присвяченій сучасним поданням про зорову систему, особливості її формування та функціонування. Приведені основні визначення тих термінів, що будуть використовуватися в подальшій роботі.

Показано, що розвиток та формування зорової системи в онтогенезі підпорядковано досягненню основної мети - найкращого бачення. Ця мета визначає шляхи пристосування системи як до власного стану, так й до умов зовнішнього середовища. Показано, що косоокість, яка виникає в процесі розвитку системи, є, в більшій чи меншій мірі, результатом адаптації системи з порушеннями до зорового навантаження. Дана сучасна класифікація косоокості й описані основні її види.

Викладені основні подання про характер функціонування зорових систем при рішенні зорових завдань. Показані основні підходи до моделювання зорової системи та її елементів, її різноманітних станів та умов функціонування. Особлива увага приділена дослідженню ролі асиметрій в зоровій системі.

На підставі проведеного аналізу літератури зроблені висновки про ступінь дослідження теми та шляхах досягнення мети дисертації.

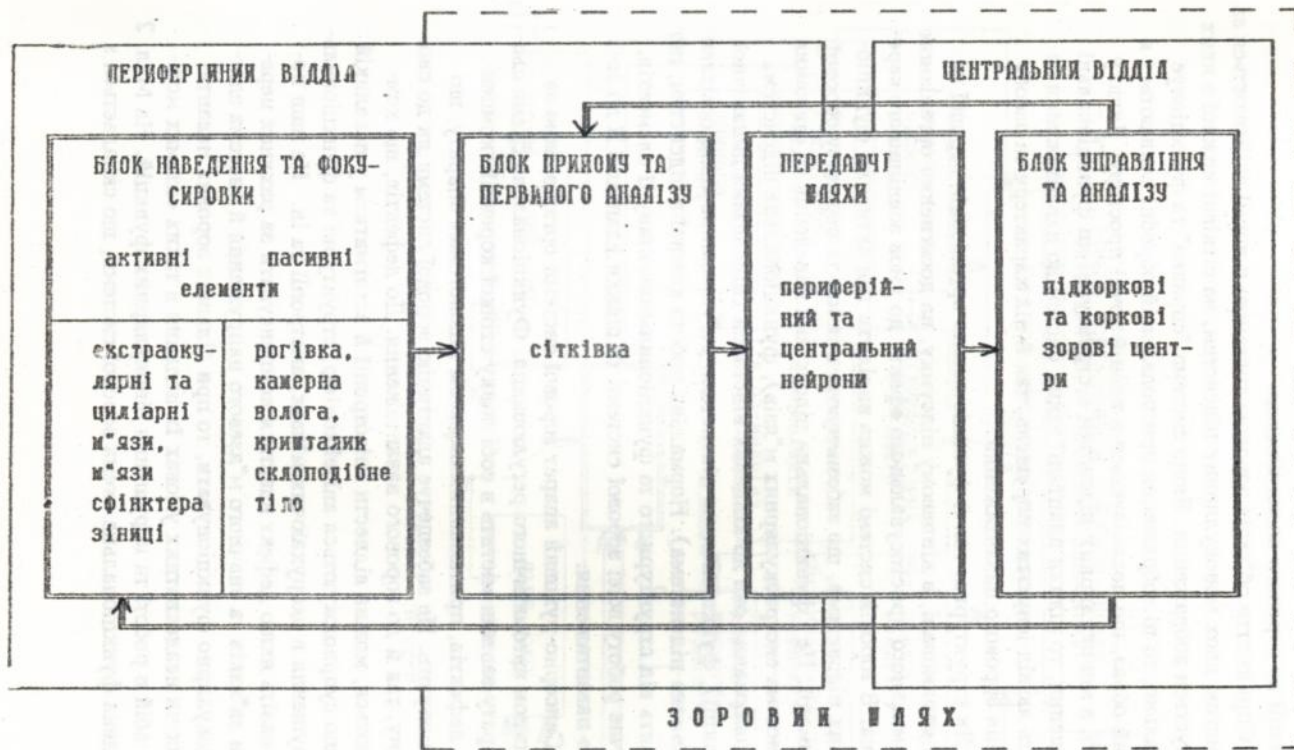
В ДРУГОМУ РОЗДІЛІ проводиться концептуальне моделювання структурно-функціональної організації зорової системи. Зорова система становить функціональну систему, що містить багато рівней для переробки інформації, якість роботи якої визначається як особливостями її будівлі, так й характером завдань, що вирішуються.

На наш погляд зорову систему можна вивести у вигляді спро-

щеної структурної блок-схеми (Мал. 1). В системі можна виділити два відділи - центральний та периферійний. До периферійного відділу відносяться блок наведення та фокусировки ( I ), блок прийому та первинного аналізу ( II ) й частково передаючі шляхи ( блок III ). До центрального відділу також частково відносяться передаючі шляхи та блок управління й аналізу ( IV ). Таке подання зорової системи зумовлено особливостями її будівлі та функціонування.

Периферійний відділ забезпечує прийом, первину переробку та передачу зорової інформації до центрального відділу. В центральному відділі відбувається остаточна переробка та усвідомлення зорової інформації, формуються керуючі сигнали до різних блоків периферійного відділу з метою поліпшення якості його функціонування за рахунок "підстройки" активних елементів (екстраокулярних та циліарних м'язів, м'язів сфінктера зіниці). Віднесення передаючих шляхів до обох відділів зорової системи зумовлено структурною організацією. Вони розпочинаються на сітківці (периферійний відділ), а закінчуються в корі потиличної частини мозку (центрального відділу), тобто пронизують обидва відділи зорової системи.

Кожний з блоків зорової системи має свою структурну організацію й системну функцію. Дослідження особливостей будівлі та функціонування кожного з блоків зорової системи в нормі та при різноманітних порушеннях її елементів показали, що найбільш часто зустрічаються порушення в першому блоці й ці порушення можуть призводити до неможливості роботи зорової системи за повною програмою (тобто біокулярно). До структурних порушень можна віднести рубці і більма рогівки, рогівочний астигматизм, помутніння камерної вологи й склоподібного тіла, дефекти райдужної оболонки, помутніння або відсутність кришталика, зміщення місця прикріплення екстраокулярних м'язів до склери, зрощення або відсутність однієї чи деяких екстраокулярних м'язів та ін. До функціональних порушень елементів першого блоку можна віднести асиметрію дії екстраокулярних м'язів, слабкість чи спазм циліарного м'язу, порушення роботи зіничних м'язів та ін. Крім того, треба визначити вплив на можливості функціонування зорової системи структурних невідповідностей поміж елементами першого блоку (заломлювачої сили оптичних середовищ та довжини передньо-задньої осі ока), що призводить до виникнення аметропій (міопії, гіперметропії). Ці стани зорової системи також впливають на шляхи



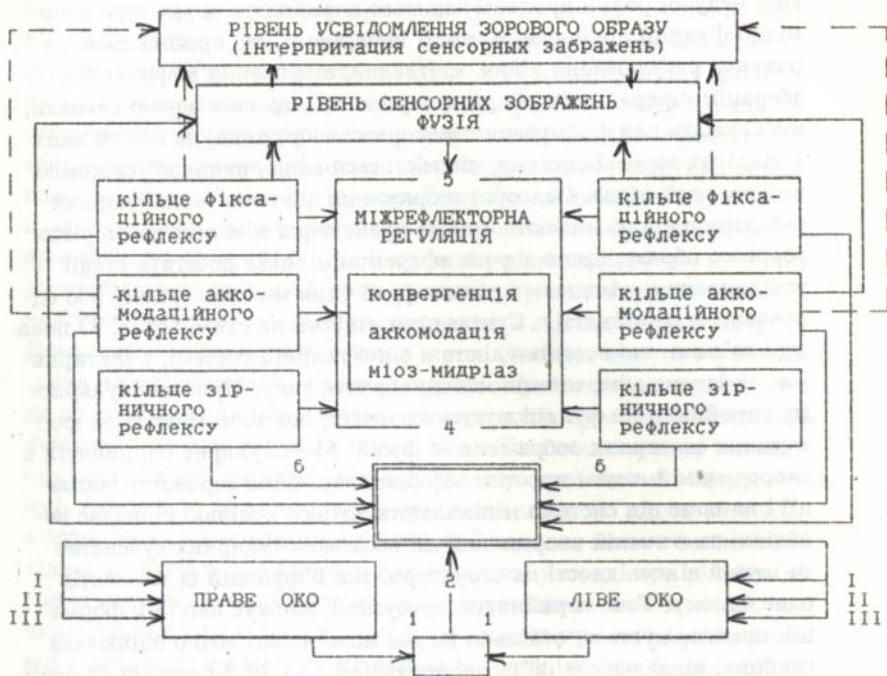
Мал.1. Блок-схема зорової системи.

адаптації до зорового навантаження.

Сприйняття об'єктів зоровою системою в нормі здійснюється за допомогою двох монокулярних підсистем, на сітківці кожної з яких формується зображення. Якщо система "справна" та функціонує нормально, то ці зображення при подальшій обробці зливаються в єдиний образ, що локалізується в певній точці простору. Якщо у кожної з монокулярних підсистем є структурні чи функціональні порушення, то шляхи адаптації таких систем до навантаження залежать як від існуючих порушень, так й від характеру та засобу подання зорового навантаження.

Як структурна, так й функціональна організація зорової системи спрямовані, в кінцевому підсумку, на досягнення організмом максимального пристосувального ефекту до умов зовнішнього середовища. В зоровій системі можна виділити три активних функціональних підсистем, що забезпечують прийом та передачу зорової інформації. Це - функціональна підсистема наведення та стеження (підсистема екстракулярих м'язів), функціональна підсистема устанавлювання ока до кінцевих відстаней (підсистема динамічної рефракції), функціональна підсистема регулювання рівня освітлення (зінична підсистема). Нормальна робота кожної з підсистем, що залежить від структурного та функціонального стану її елементів, визначає роботу всієї зорової системи та шляхи адаптації її до зорового навантаження.

Сенсорно-руховий апарат зорової системи організовано за принципом автоматичного регулювання. Функціональна схема цього апарату завжди містить в собі ланку стійкої корекції (компенсації) дефектів, притаманних окремим підсистемам апарату, що функціонують. Це забезпечує адаптацію зорової системи як до свого стану, так й до зорового навантаження. До дефектів, що компенсуються, можна віднести анізотропію й астигматизм у невеликій мірі, що супроводжуються анізейконією, структурні та функціональні порушення в окорухаючих м'язах, аметропію та ін. На наш погляд, навіть якщо дефект вдається компенсувати за рахунок перебудови зв'язків та значного м'язевого напруження й система здатна біокулярно функціонувати, то при більших зорових навантаженнях чи неадекватних умовах їх подання в таких системах можливий збій в роботі та порушення біокулярних функцій. На Мал. 2 приведена функціональна схема зорової системи, що складається з

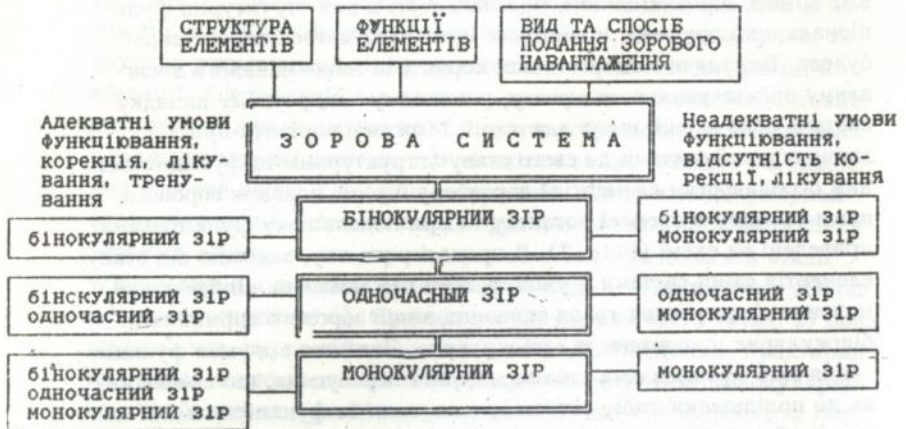


Мал. 2. Функціональна схема зорової системи.

двох монокулярних субсистем. Елементарною одиницею кожної субсистеми є рефлекторне кільце. Кожна субсистема складається з трьох таких кілець: кільце фіксаційного рефлексу, кільце акомодційного рефлексу та кільце зіничного рефлексу. На схемі не приведено аферентного виходу зіничного рефлексу, оскільки він не відіграє ведучої ролі в процесі зорового сприйняття, а виконує допоміжні функції поліпшення якості інформації, що приймається, за рахунок регулювання рівня освітлення, зменшення дифракції й аберації. Аферентація від двох перших кілець несе зорові сигнали, що служать для формування сенсорних зображень, на основі яких у відділах зорової системи, що містяться вище, виникає усвідомлений зоровий образ. Сенсорні зображення від двох монокулярних субсистем в нормі минають стадію фузії, перш ніж досягають рівня зорового образу, проте зорова аферентація може досягати стадії усвідомлення, обминаючи рівень фузії (при монокулярному або одночасному сприйнятті). Суцільними лініями на схемі (Мал. 2) показані зв'язки, що постійно діють в бінокулярній системі, пунктирними - сенсорна аферентація монокулярного типу. При монокулярному сприйнятті не функціонують елементи, що відповідають за формування сенсорних зображень та фузій. Монокулярне сприйняття є скороченням й самим простим засобом одержання зорової інформації і вимагає від системи мінімальних витрат, оскільки відпадає необхідність в точній координації дії обох монокулярних субсистем та точній відповідності як структури, так й функцій їх елементів одне одному. Таке сприйняття, зрозуміло, знижує якість інформації, що одержується, оскільки не дає можливості точно оцінювати глибину, віддаленість об'єктів, трохи (на 15 - 20 %) знижує їх освітленість, але в багатьох випадках є для зорової системи єдиним припустимим, навіть якщо шляхом "підстройки" всіх своїх елементів, включаючи центральний відділ, вона може функціонувати бінокулярно. Крім того, існує цілий ряд зорових завдань, наприклад, робота з текстами, індикаторами, екранами моніторів та ін., коли бінокулярне сприйняття не обов'язково, оскільки об'єкти праці плоскі. В цих випадках монокулярне сприйняття дозволяє якісно виконувати виробничі завдання. Малі дефекти в будь-якому з блоків зорової системи (Мал. 1) можуть бути скомпенсовані за рахунок м'язевого напруження та коректив, що вносяться центральним відділом. Проте безперервна напруженість, що при цьому підсвідомо виникає з

метою компенсації порушень в процесі напруженої зорової праці, приводить до втоми, що проявляється зоровими астенопіями (головними болями, затуманюванням, сльозоточивістю, запамороченням, болями в очах та ін.). В процесі формування зорових систем в умовах зорових завдань, що ускладнюються, та під час функціонування вже зрілих зорових систем, при наявності в них структурно-функціональних порушень, в системах може відбуватися значна перебудова. Виходячи з енергетичної користі та максимального досягнення пристосувального ефекту, в кожному конкретному випадку система обирає свій шлях адаптації. Можливі варіанти пристосування зорової системи до свого стану (структурним та функціональним особливостям елементів) характеру й умов подання зорового навантаження в процесі розвитку та при подальшому функціонуванні приведені на схемі (Мал. 3). В процесі розвитку, залежно від стану елементів самої системи й умов, в яких цей розвиток відбувається, можливе формування трьох основних видів зорового сприйняття: біокулярне, одночасне та монокулярне. Залежно від умов функціонування вже сформованих систем можливі перебудови, що приводять як до поліпшення стану систем і поширення їх функціональних можливостей, так й до значного погіршення. Так, в адекватних умовах, при оптимальній корекції, лікуванні (в разі необхідності і хірургічному), тренуванні можливе одержання біокулярного зору в системах з одночасним чи монокулярним зором. Навпаки, якщо немає необхідної корекції й лікування, в неадекватних умовах, при рішенні зорових завдань, що виходять за межі адаптаційних можливостей, виникає погіршення стану системи у вигляді одночасного і монокулярного сприйняття, навіть в тих випадках, коли існував біокулярний зір.

Під час дослідження механізмів адаптації зорових систем до навантаження й для рішення завдань класифікації порушень в зоровій системі та її елементах, досить часто треба вдаватися до моделювання. Моделювання зорової системи здійснюється наступними основними напрямками: біомеханічне моделювання очного яблука та його частин; експериментальне моделювання різноманітних станів на макетах, муляжах, трупних очах людини та тварин; моделювання станів зорової системи (аметропій, астигматизму, анізометропій, замутнення очних середовищ та ін.); моделювання умов функціонування зорової системи. Перші два види моделювання, звичайно,



Мал. 3. Можливі шляхи пристосування зорової системи до свого стану та характеру і засобу пред'явлення зорового навантаження.

використовуються для рішення завдань класифікації та дослідження властивостей ока і його окремих частин, два інших види моделювання - для вияву змін в стані зорової системи в процесі адаптації як до свого стану, так й до характеру і умов подання зорового навантаження. Підходи до побудови моделей та спрощення, що для цього робляться, визначаються в кожному конкретному випадку метою моделювання та завданнями, що необхідно вирішити. На наш погляд, моделювання аметропій з використанням корегуючих стекол, що достатньо часто використовується при рішенні завдань професійної придатності осіб з аметропіями, некоректно, оскільки реакція аметропічних систем на зорове навантаження та шляхи їх адаптації до неї суттєвим чином відрізняються від реакції еметропів, яких використовують, звичайно, для моделювання патології. Адже аметропії визначаються не тільки співвідношенням між оптичним апаратом ока та довжиною його передньо-задньої осі, але й характером тих зв'язків поміж акомодациєю і конвергенцією, що склалися в процесі формування та розвитку даних зорових систем та що визначають шляхи адаптації систем до навантаження. Використання ж корегуючих стекол не моделює еметропії, а створює неадекватні умови для зорової праці та додаткове навантаження на акомодційно-конвергентну систему досліджуємих еметропів. Використання корегуючих стекол, на наш погляд, виправдано при моделюванні анізометропії та анізейковії, замутнення середовищ й астигматизму, причому одержані результати для практичних цілей слід використовувати з певною обережністю.

ТРЕТІЙ РОЗДІЛ присвячено формуванню системи засобів дослідження та оцінки стану елементів периферійного відділу зорової системи. В ньому описано фізико-біологічні основи поляризаційно-оптичного засобу дослідження рогівки ока, що дозволить оцінювати анатомо-функціональний стан екстраокулярних м'язів. Засіб заснований на дослідженні оптичної анізотропії рогівки ока, що зумовлена складом та будівлею роговничного колагену, взаєморозташуванням його волокон в рогівці та дією, що розтягує з боку екстраокулярних м'язів і внутріочного тиску. Форма інтерференційних картин, що спостерігаються на рогівці ока в поляризованому світлі, в основному пов'язана з анатомо-функціональним станом екстраокулярних м'язів. В нормі інтерференційна картина уявляє собою фігуру, що походить на ромб, утворений набором яскраво забарвле-

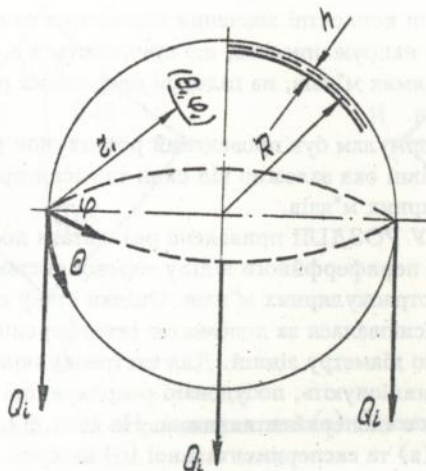
ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

них рядків (ізохром), кути якого спираються на горизонтальній і вертикальний діаметри ока. Симетрія картин суттєвим чином залежить від сили дії та місця прикладення зусиль зовнішніх прямих м'язів ока. При їх функціональній чи анатомічній асиметрії форма ромбу специфічно скривлюється, що використовується для класифікації порушень в м'язах в клінічних й експериментальних дослідженнях. При напруженій зоровій праці відбувається перерозподіл м'язевих зусиль для забезпечення необхідного повороту ока при конвергенції, що сказується на формі інтерференційних картин.

Для рішення задач класифікації уражень екстраокулярних м'язів за допомогою інтерференційних картин у вигляді інформативних признаков були обрані довжини відрізків діагоналей інтерференційного ромбу й кути поміж цими діагоналями. Такий набір признаков дозволяє достатньо повно описувати всі можливі зміни форми інтерференційних картин.

В розділі описана методика проведення досліджень периферійного відділу зорової системи в адекватних й неадекватних умовах та в процесі виробничої діяльності. Розроблені засоби обробки результатів дослідження, що дозволяють виявити основні закономірності пристосування зорових систем до навантаження при різноманітному його характеру та засобу подання (текст, екран дисплею).

Запропонована модель напружено-деформованого стану ока, що враховує анатомо-функціональні особливості екстраокулярних м'язів й дозволяє робити розрахунок розподілу напружень та будувати лінії рівних напружень (ізохром). Очне яблуко в моделі представлено у вигляді тонкої сферичної оболонки, що заповнена однорідною рідиною (Мал. 4). Вважається, що пружні властивості в усіх точках оболонки однакові, зовнішні прямі м'язи прикладені до оболонки на реальних відстанях від лімбу. Розрахунок розподілу напружень проводиться в сферичних координатах по асимптотичним формулам, наведеним на Мал. 4. В цих формулах  $k$  - коефіцієнт Пуассона,  $R$  - радіус оболонки,  $h$  - товщина оболонки в даній точці,  $Q_i$  - величина зусилля екстраокулярного м'язу,  $P$  - величина внутріочного тиску,  $\vec{r}$  - радіус-вектор даної точки,  $\theta$  і  $\varphi$  - сферичні координати,  $\sigma_r$  - напруженість, що створюється в кожній точці оболонки внутріочною рідиною,  $\sigma_\theta$  і  $\sigma_\varphi$  - нормальні напруженості,  $\tau$  - напруженість сдвигу,  $\bar{\sigma}$  - еквівалентна напруженість в даній точці оболонки, що визначається, виходячи з принципу суперпозиції на-



$$\sigma = \sigma_p + \sqrt{(\sigma_\theta^2 + \sigma_y^2 - \sigma_\theta \sigma_y) + 3\tau^2},$$

$$\text{де } \sigma_p = \frac{pR}{2h},$$

$$\sigma_\theta = Q_i \frac{R\theta}{4\pi r^2 h} \left[ 2(1+\nu) \frac{R^2 \theta^2 \sin^2 \theta}{r^2} - 3 - \nu \right],$$

$$\sigma_y = -Q_i \frac{R\theta}{4\pi r^2 h} \left[ 2(1+\nu) \frac{R^2 \theta^2 \sin^2 \theta}{r^2} + 1 - \nu \right],$$

$$\tau_\theta = \tau_y = \tau = -Q_i \frac{R\theta}{4\pi r^2 h} \left[ 2(1+\nu) \frac{R^2 \theta^2}{r^2} + 1 - \nu \right],$$

$$r^2 = R^2 (\theta^2 + \sin^2 \theta \cdot \varphi^2).$$

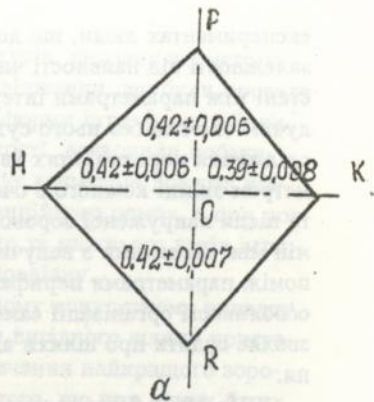
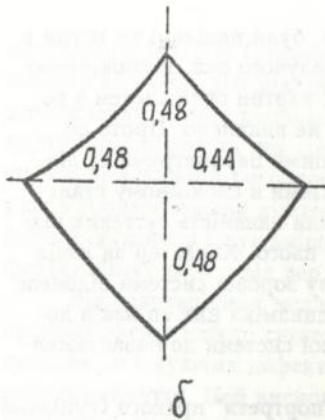
Мал. 4. Схема сферичної оболонки та формули для розрахунку напружень.

пруженностей. Задаючи конкретні значення параметрів ока, можна розрахувати величини напруженностей, що створюються в оболонці кожним з чотирьох прямих м'язів, на підставі одержаних результатів будуються ізохроми.

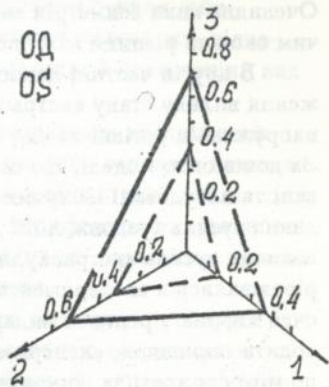
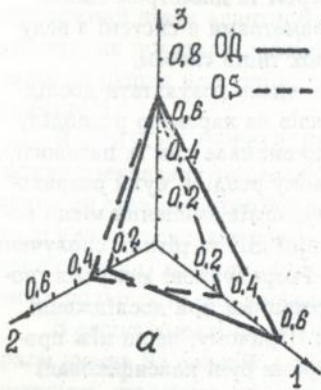
По наведеним формулам був проведений розрахунок розподілу напруженностей в рогівці ока залежно від сили та місця прикладення зусиль екстраокулярних м'язів.

В ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ приведено результати дослідження та моделювання стану периферійного відділу зорової системи в нормі та при патології екстраокулярних м'язів. Оцінка стану екстраокулярних м'язів здійснювалася за допомогою інтерференційних картин, акомодатції - по діаметру зіниці. Для екстраокулярних м'язів, що нормально функціонують, побудовані розрахункові ізохроми, що порівнювалися з експериментальними. На Мал. 5 приведено схеми розрахункової (а) та експериментальної (б) ізохром. Очевидна їх достатньо велика подібність. Деяка відміна в чисельних значеннях параметрів зумовлена погрішністю розрахунків. Аналіз великої кількості експериментальних ізохром та побудова розрахункових кривих при різній силі дії кожного з чотирьох прямих м'язів ока показав, що просте збільшення зусилля одного із м'язів може бути скомпенсовано перерозподілом зусиль всіх інших м'язів, що не призводить до зміни положення очного яблука та суттєво не порушує симетрію інтерференційних картин. Статична інтерференційна картина дозволяє судити про результуючий розподіл напруженостей в рогівці в умовах компенсації функціонально-анатомічних асиметрій. Значно більше зацікавлення представляють дослідження форми інтерференційних картин в динаміці, наприклад, до та після хірургічного лікування косоокості або до та після напруженої зорової праці.

Всі зорові системи можуть бути поділені на дві великі групи - системи з ведучим оком та без нього. Ці системи відрізняються поміж собою зв'язками між монокулярними підсистемами, сформованими в процесі розвитку та функціонування. В системах з ведучим оком основне зорове навантаження приймає на себе ведуче око (воно звичайно краще), воно керує установкою і його зображення переважає при зоровому сприйнятті. Як показали наші дослідження, шляхи адаптації до зорового навантаження й умов його подання в системах з ведучим оком та без нього відрізняються, тому в усіх



Мал.5. Схеми розрахункової (а) та експериментальної (б) ізохорм.



Мал. 6. Кореляційні "портрети" правого (суцільна лінія) та лівого (пунктир) очей системи з ведучим (а) і без ведучого ока (б) в спокійному стані.

експериментах люди, що досліджувалися, були поділені на групи в залежності від наявності чи відсутності ведучого ока. В спокійному стані між параметрами інтерференційних картин очей систем з ведучим оком та без нього суттєвої відмінності не виявлено. Проте дослідження кореляційних зв'язків поміж цими параметрами та діаметром зіниці кожного з очей зорової системи в спокійному стані та після напруженої зорової праці показали наявність суттєвих відмін між системами з ведучим оком та без нього. Характер зв'язків поміж параметрами периферійного відділу зорової системи відбиває особливості організації самої системи, а динаміка цих зв'язків дозволяє судити про шляхи адаптації зорової системи до навантаження.

На Мал. 6 приведено кореляційні "портрети" правого (суцільна лінія) та лівого (пунктир) очей системи з ведучим оком (а) та без ведучого ока (б) в спокійному стані. На осі 1 відкладено множинні коефіцієнти кореляції між відрізками горизонтальної діагоналі інтерференційної ізохром та діаметром зіниці, на осі 2 - між відрізками вертикальної діагоналі та діаметром зіниці, на осі 3 - між всіма параметрами інтерференційних ізохром та діаметром зіниці. Очевидна явна асиметрія зв'язків між параметрами в системі з ведучим оком та різниця між "портретами" двох типів систем.

В другій частині даного розділу приведено результати дослідження впливу стану екстраокулярних м'язів на характер розподілу напружень в роговці та вид косоокості, що виникає при їх патології. За допомогою моделі, що описана в третьому розділі, були розраховані та побудовані ізохром для різних варіантів зміщення місця подання зусиль (уздовж лінії дії, вбік від лінії дії) та різних сполучень величин зусиль екстраокулярних м'язів. Розрахункові ізохром порівнювалися з експериментальними, одержаними при дослідженні очей хворих з різними видами косоокості. Причому, перш ніж проводити порівняння, експериментальні ізохром були класифіковані по мірі схожості за допомогою засобів кластерного аналізу. Для кожного з одержаних кластерів були збудовані усереднені "портрети". Результати порівняння показали достатньо велику схожість розрахункових та експериментальних ізохром, що підтвердило адекватність моделі, правильність наших подань про роль функціонально-анатомічних змін екстраокулярних м'язів та дозволило встановити причини багатьох перекручень форми експери-

ментальних ізохром (розриви, зміщення кутів, виразну асиметрію довжин відрізків діагоналей та ін.). Дослідження, що були проведені, показали значну різноманітність змін форми інтерференційних картин при одних та тих же видах косоокості, дозволили побачити, що при збіжній косоокості завжди існує асиметрія довжин відрізків горизонтальної діагоналі інтерференційного ромбу, а при розбіжній об'язково існує зміщення верхнього та нижнього кутів інтерференційного ромбу від вертикального меридіану.

Дія адаптаційних механізмів в кожному конкретному випадку проявляється у виборі системою найбільш вигідного шляху пристосування до існуючих дефектів для забезпечення найкращого зорового сприйняття. Цей висновок витікає з того, що при одних й тих же станах екстраокулярних м'язів ми виявили два протилежних напрямки відхилення очних яблук, що свідчить про те, що механізми адаптації до існуючих дефектів м'язевого апарату залежать не тільки від характеру самих дефектів, але й від особливостей онтогенетичного розвитку системи, виду, тривалості та засобу подання зорового навантаження. Стан же м'язевого апарату ока визначає переважний шлях адаптації, оскільки зростання певних змін в ньому, як показали дослідження параметрів ізохром ока, віднесені до різних кластерів, вимальовує конкретний переважний вид косоокості.

В П'ЯТОМУ РОЗДІЛІ приведено результати дослідження впливу адекватних та неадекватних умов подання зорового навантаження на стан периферійних елементів зорової системи. Аналіз змін, що відбуваються з активними елементами периферійного відділу зорової системи, дозволяє судити про реакцію всієї зорової системи на умови подання та вид зорового навантаження.

В експерименті по моделюванню умов зорового сприйняття брали участь 95 чоловік з еметропічною і слабкою міопічною рефракцією, що мають стійкий бінокулярний зір. У вигляді зорового навантаження підслідним пред'являлися коректурні таблиці Анфімова, в яких букви були набиті без пробілів, строчки - через один інтервал. Такий вигляд таблиць вже сам по собі створював значне навантаження на акомодційно-конвергентну систему. Одна група підслідних (33 людини) працювала з таблицями в адекватних умовах, друга група (62 людини) - з додатковою оптичною корекцією (від -3,5 до -5,0 D), що підбиралася індивідуально. Робота здійснюва-

лася у жорсткому часовому режимі, фіксувався час роботи з однією таблицею та кількість допускних помилок. Піддослідні були розгрупповані на підгрупи залежно від наявності чи відсутності ведучого ока. До та після роботи проводилися фотореєстрація інтерференційних картин. Внаслідок обробки експериментальних даних встановлено, що суттєвий вплив на спосіб адаптації зорової системи до умов подання зорового навантаження чинить її початковий стан. Система з ведучим оком початково асиметрична, причому внаслідок роботи в неадекватних умовах ця асиметрія значно зростає, що підтверджує припущення про те, що в такій системі зорова праця здійснюється здебільшого ведучим оком. Системи, що не мають ведучого ока, адаптуються до неадекватних умов функціонування двома шляхами. Або в системі з'являється ведуче око, що було визначено в процесі обробки експериментальних даних, або відбувається змагання полів зору, коли кожне з очей намагається взяти на себе функції ведучого й очі функціонують навперемінно. Аналіз якості та часу виконання зорової праці показав, що при неадекватних умовах краще всього з завданням впоралися особи, що мають ведуче око, і гірше - без ведучого ока.

В адекватних умовах при значному зоровому навантаженні в системах з ведучим оком посилюється асиметрія зв'язків, хоча це підсилення висловлено в меншій мірі ніж в неадекватних умовах, що свідчить про сумісне функціонування очей системи. В системах без ведучого ока початкова симетрія не порушується. Якість та час виконання зорового завдання в адекватних умовах однакове як в системах з ведучим оком, так і без нього.

В ШОСТОМУ РОЗДІЛІ приведено результати дослідження динаміки стану периферійного відділу зорової системи в процесі професійної діяльності. Як об'єкти дослідження були обрані зорові системи операторів ВДТ, що зумовлено не тільки широким розповсюдженням фахівців даного профілю в усіх сферах виробництва та науки, але й великою кількістю астенічних скарг, що подаються ними. Тому дослідження механізмів адаптації зорових систем до дисплейного навантаження являє не тільки теоретичний, але й великий практичний інтерес. Крім того, як і друкований текст, зображення на екрані дисплею є плоским, тобто для нормального сприйняття не обов'язково мати біокулярний зір.

Під нашим спостереженням знаходилось 190 операторів ВДТ

ПЕОМ протягом кількох робочих днів. Попередній офтальмологічний огляд дозволив виключити з групи піддослідних осіб з явною патологією органу зору та поділити на групи в залежності від виду клінічної рефракції та на підгрупи в залежності від наявності чи відсутності у них ведучого ока. Такий підхід до відбору піддослідних зумовлений тим, що механізми адаптації систем до зорового навантаження, як показали попередні дослідження, різноманітні й суттєво залежать від початкового стану системи. Так вид клінічної рефракції визначає характер зв'язку між акомодациєю та конвергенцією, а наявність чи відсутність ведучого ока - зв'язку в самій зоровій системі, що й визначає шляхи адаптації системи до зорового навантаження.

Робота з ВДТ ПЕОМ має особливості в порівнянні з роботою з текстами. Ці особливості зумовлені як характером зображення на екрані та способом його формування, так й необхідністю постійної переадаптації і перефокусування зорової системи при погляді на текстові носії після роботи з екраном і навпаки. Крім того, оператори працюють в жорсткому часовому режимі і до якості виконання роботи пред'являються високі вимоги. Цим зумовлена значна нервово-емоційна напруженість, якою супроводиться праця операторів. До та після виконання виробничого завдання проходила фотореєстрація інтерференційних картин очей операторів, параметри яких оброблялися методами варіаційної статистики й кластерного аналізу. Після обробки та аналізу експериментальних даних різноманітних рефракційних груп операторів були одержані результати, що приведені в Таблиці 1. Проведені дослідження тісноти зв'язків між параметрами інтерференційних картин очей зорової системи та діаметром зіниці, що характеризують стан акомодацино-конвергентно-зіничної системи операторів з різноманітними видами клінічної рефракції, виявили різноманітний вплив на характер та тісноту зв'язків між ними як початкового стану системи, так і зорового навантаження. Одержані результати показали, що найтісніші зв'язки між параметрами, що досліджувалися, були в групі гіперметропів. Це, очевидно, пов'язано з тим, що в гіперметропічній зоровій системі акомодация завжди перевантажена, що викликає додаткову напруженість зв'язаної з нею конвергенції. Найслабкіші зв'язки між параметрами виявлені в групах еметропів та міопів слабого ступеню, що, очевидно, зумовлено особливостями функці-

Таблиця 1. Результати дослідження динаміки зв'язків поміж параметрами периферійного відділу зорової системи операторів.

Вид рефракції	Наявність ведучого ока	Стан системи до роботи	Стан системи після роботи	Роль початкового стану та навантаження
Em	OD	Деяке переважання горизонтальних зв'язків OD, симетрія зв'язків OS	Зберігання переважання горизонтальних зв'язків OD, симетрія OS	Немає впливу початкового стану системи, асиметрія посилюється в результаті навантаження
	Без ведучого ока	Деяке переваження горизонтальних зв'язків OD, вертикальних-OS	Виражена асиметрія, утворення ведучого ока OD, зберігання зв'язків OS	Немає впливу початкового стану системи, вплив навантаження
Мсл	Без ведучого ока	Симетрія зв'язків обох очей	Посилення горизонтальних зв'язків OD та вертикальних - OS	Немає впливу навантаження, реакція обумовлена початковим станом
Мсп	Без ведучого ока	Переважання горизонтальних зв'язків OD, вертикальних - OS	Посилення горизонтальних зв'язків OD, вертикальних - OS	Реакція обумовлена початковим станом системи
Hm	OD	Виражена асиметрія за рахунок переваження зв'язків OS	Посилення вертикальних зв'язків OD та вертикальних-OS	Асиметрія обумовлена як початковим станом, так й впливом навантаження
	Без ведучого ока	Симетрія	Посилення вертикальних зв'язків OD, горизонтальних OS	Більш суттєва роль відіграє навантаження, але є й вплив початкового стану

ювання таких систем.

В СЬОМОМУ РОЗДІЛІ узагальнені результати виробничих та експериментальних досліджень й розглянуті можливі шляхи адаптації зорової системи до навантаження в залежності від її початкового стану (виду клінічної рефракції, наявності ведучого ока), виду зорового навантаження та умов його подання. Експериментальні дослідження, що були проведені, показали помітну різницю в реакції зорових систем з різноманітною рефракцією на виробниче навантаження. Практично в усіх рефракційних групах зорове навантаження викликає посилення початкової асиметрії, хоча природа посилення цієї асиметрії може бути зумовлена як впливом початкового стану самої системи (міопи, гіперметропи), так і зорового навантаження (еметропи).

Особлива увага приділена питанню фізіологічної "ціни" адаптації зорової системи до навантаження як в процесі дозрівання і розвитку, так й під час функціонування. Показано, що вплив виробничого навантаження викликає в зорових системах, що досліджувалися, функціональні зміни, які зникали відразу або через деякий час після припинення роботи. Навіть якщо навантаження було надмірним чи неадекватним, воно викликало зорове стомлення й астенопічні скарги, але не призводило до яких-або вірогідних органічних змін в системах.

В період розвитку та дозрівання зорової системи неадекватне або надмірне по інтенсивності зорове навантаження може призводити до важких органічних наслідків. Пристосування зорових систем з різноманітними порушеннями (що існують практично в будь-якій зоровій системі та розрізняються тільки по мірі вираження) може призводити до виникнення косоокості та амбліопії, формування аномального біокулярного чи монокулярного зору, прогресуванню короткозорості та ін. Якщо в системі немає грубих порушень при адекватному навантаженні в процесі розвитку відбувається поступове формування біокулярного зору, причому в цей період найбільш істотну роль відіграють компенсаційні механізми, що дозволяють при наявності різноманітного роду асиметрій сформувати достатньо симетричну зорову систему, що функціонує.

Шляхи адаптації зорових систем з різноманітними порушеннями до навантаження різноманітні й залежать як від структурно-функціонального стану, так й від термінів подання, характеру, ін-

тенсивності та тривалості навантаження. При несприятливій течії результатом адаптації зорової системи до навантаження є порушення бінокулярного зору, що в дитячому віці призводить до виникнення косоокості й амбліопії, а у дорослих викликає численні зорові астенопії, погіршення загального стану, неможливість виконувати зорову роботу на близькій відстані.

В ЗАКІНЧЕННІ зроблено стисле узагальнення результатів, що одержані в дисертаційній роботі, і показані основні перспективні напрямки подальших досліджень.

## ВИСНОВКИ.

1. Для вияву механізмів пристосування до навантаження реальних зорових систем необхідно враховувати функціонально-анатомічний стан обох очей, а не одного умовного, оскільки зорові астенопії, що виникають в процесі зорової праці, є продуктом всієї зорової системи.

2. Суттєвий вплив на шляхи адаптації зорової системи до навантаження чинять як анатомічні, так й функціональні асиметрії, що існують в тому чи іншому вигляді в кожній зоровій системі.

3. Модель напружен-деформованого стану ока, що дозволяє досліджувати вплив функціонального й анатомічного стану екстраокулярних м'язів на характер розподілу напружень в роговці, придатна для рішення завдань класифікації та діагностики уражень екстраокулярних м'язів при косоокості та зміни їх стану в процесі напруженої зорової праці.

4. Розроблений поляризаційно-оптичний засіб, заснований на аналізі стану м'язевого балансу по інтерференційним картинам, дозволяє досліджувати динаміку стану периферійного відділу зорової системи, визначити шляхи адаптації зорової системи до навантаження та характер її функціонування (бінокулярне, монокулярне, одночасне).

5. Реакція еметропічних зорових систем на зорове навантаження, що пред'являється в адекватних умовах, не залежить від початкового стану систем та наявності в них асиметрій у вигляді ведучого ока.

6. При неадекватних умовах подання зорового навантаження в еметропічних системах відбувається збільшення існуючої асиметрії, аж до зміни бінокулярного сприйняття на монокулярне або одночасне.

7. Реакція зорових систем на виробниче навантаження зале-

жить як від початкового стану самих систем, так й від характеру та способу подання навантаження. Реакція еметропічних систем на навантаження зумовлена тільки характером навантаження, міопічних - початковим станом систем, гіперметропічних - як початковим станом систем, так й характером навантаження.

8. Вид косоокості, що виникає при адаптації зорових систем з "дефектами" до навантаження в процесі їх розвитку та дозрівання, визначається не тільки характером цих "дефектів", але й енергетичною користю та можливістю компенсації цих "дефектів" і станом всіх елементів зорової системи.

9. Акомодційна косоокість є результатом адаптації зорових систем з аметропією до навантаження, неакомодційне - результатом адаптації зорової системи до своїх "дефектів", частково-акомодційне - як до "дефектів" так і до зорового навантаження.

Загальні положення дисертації висвітлені в друкованих роботах:

1. Кочина М.Л., Уткин Ю.А. Автоматизация интерференционного метода диагностики глазной патологии // Актуальные вопросы офтальмологии: Сб. научн. тр. - Харьков, 1985. - С. 51-53.
2. Пеньков М.А., Зубарев С.Ф., Кочина М.Л. К диагностике врожденного косоглазия // Офтальмол. журн. - 1983. - №5. - С. 263-265.
3. Способ профилактики послеоперационного астигматизма / М.А. Пеньков, М.Л. Кочина, А.В. Яворский, Д.М. Мирошник // Офтальмол. журн. - 1988. - №4. - С. 230-233.
4. Кочина М.Л. Возможности поляризационно-оптического метода исследования глаз // Актуальные вопросы офтальмологии: Сб. научн. тр. - Харьков, 1987. - С. 54-56.
5. Результаты моделирования врожденной патологии экстраокулярных мышц / М.А. Пеньков, С.Ф. Зубарев, М.Л. Кочина, Т.А. Босенко // Офтальмол. журн. - 1990. - №4. - С. 197-200.
6. Кочина М.Л., Кочин В.Н. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния роговой оболочки глаза // Патология сосудистого тракта и придаточного аппарата глаза: Сб. научн. тр. - Харьков, 1991. - С. 52-56.
7. Кочина М.Л. Некоторые результаты моделирования напряженного состояния роговой оболочки глаза // Кибернетика и вычислительная техника. - 1991. - Вып. 90. - С. 97-99.

8. Кочина М.Л. Орган зрения как биомеханическая система с обратной связью // Там же, с. 105-107.

9. А.С. №1346153 СССР, МКИ2 А 61 F 9/00. Способ профилактики послеоперационного астигматизма / Пеньков М.А., Кочина М.Л. и др. (СССР). - 2 с.

10. А.С. №1762893 СССР, МКИ2 А 61 F 9/00. Способ определения функционального состояния глазодвигательных мышц / Пеньков М.А., Кочина М.Л. и др. (СССР). - 2с.

11. Кочина М.Л. Интерференционный метод исследования мышечных асимметрий у детей // Аннотация к докл. XII научн. конф. молодых ученых ХМИ. - Харьков, 1984. - С.64.

12. Кочина М.Л. Автоматизация исследований мышечных асимметрий у детей // VII съезд офтальмологов УССР: Тез. докл., 13-15 ноября 1984 г. - Одесса, 1984. - С. 235-236.

13. Кочина М.Л. Автоматизация диагностики глаза на базе интерференционного метода // Медико-технические, фармакологические и научные аспекты мед. профилактики, диспансеризации и реабилитации: Тез. докл. областной конф. - Харьков, 1984. - С. 260.

14. Кочина М.Л. Интерференционный метод исследования роговой оболочки глаза // Научно-технический прогресс в медицине: Тез. докл. городской конф. молодых ученых. - Харьков, 1985. - С. 106.

15. Кочина М.Л. Автоматизированная система диагностики патологии внутриглазного давления // Там же, с. 110.

16. Новый метод исследования зрительного утомления / Пеньков М.А., Кочина М.Л. и др. // Офтальмоэргономика операторской деятельности: Материалы симпозиума. - Л., 1986. - С. 54-55.

17. Кочина М.Л., Уткин Ю.М. Автоматизированная система диагностики глазной патологии // Актуальные вопросы создания и эксплуатации медицинской техники: Материалы Всесоюз. школы МУиС. М., 1986. - С. 28.

18. Моделювання зорової втоми в умовах напруженої розумової праці / Кальниш В.В., Кочина М.Л. та ін. // Матеріали XII з'їзду Українського Фізіологічного товариства ім. І.П.Павлова: Тез. докл. вересень 1986 р. - Львів, 1986. - С. 167.

19. Пеньков М.А., Кочина М.Л., Босенко Т.А. Применение математических методов с использованием ЭВМ для диагностики патологии глаза // Реализация математических методов с использованием ЭВМ в клинической и экспериментальной медицине: Материалы

симпозиума. - М., 1986. - С. 45-46.

20. Кочина М.Л. Применение поляризованного света в медико-биологических исследованиях // Применение поляризованного света в медицине: Гез. докл. обл. научн.-практ. конф. - Харьков, 1986. - С. 24-26.

21. Пеньков М.А., Кочина М.Л., Яворский А.В. Применение поляризованного света для исследования зрительного напряжения // Там же, с. 33-34.

22. Кочина М.Л. О причинах возникновения зрительного утомления // VII конф. молодых ученых ХМИ: Тез. докл. - Харьков, 1987. - С. 31.

23. Кочина М.Л. О причине возникновения вторичного косоглазия // Научно-технический прогресс в медицине: Тез. докл. обл. научн.-практ. конф. молодых ученых-медиков. - Харьков, 1988. - С. 124-125.

24. Кочина М.Л. Моделирование поляризационно-оптических свойств роговой оболочки глаза // Научно-технический прогресс в медицине: Тез. докл. научн.-практ. конф. молодых ученых-медиков. - Харьков, 1987. - С. 132.

25. Кочина М.Л., Громов В.А., Ишкова И.А. Поляризационно-оптические свойства роговицы глаза при астигматизме // Научно-технический прогресс в медицине: Материалы обл. научн.-практ. конф. молодых ученых-медиков. - Харьков, 1989. - С. 45.

26. Кочина М.Л. О возможностях поляризационно-оптического метода // Там же, с. 47.

27. Кочина М.Л. Интерференционный метод исследования глаз // Бионика-89: Тез. докл. VIII Республиканской конф. - Кременчуг, 1989. - С. 47.

28. Кочина М.Л., Уткин Ю.А., Яворский А.В. Экспертная система в задаче бесконтактной диагностики патологии глаза // Там же, с. 48.

29. Кочина М.Л., Яворский А.В. Результаты использования поляризационно-оптического метода для исследования состояния мышечного аппарата глаз у операторов видеотерминалов // Проблемы инженерной психологии: Материалы VII Всесоюзн. конф. по инженерной психологии, 6-8 февраля 1990 г. - Л., 1990. - С. 96.

30. Кочина М.Л. Теоретический подход к изучению зрительного напряжения и утомления // Актуальные проблемы физиологии

черной психологии, 6-8 февраля 1990 г. - Л., 1990. - С. 96.

30. Кочина М.Л. Теоретический подход к изучению зрительного напряжения и утомления // Актуальные проблемы физиологии труда и профилактическая эргономика: Тез. докл. IX Всесоюз. конф. - М., 1990. - Т. I. - С. 52-54.

31. Кочина М.Л., Яворский А.В. Результаты исследования поляризационно-оптических свойств глаз у операторов видеотерминалов // Там же, Т. IV. - С. 126-128.

32. Кочина М.Л., Яворский А.В. Влияние малых доз радиации на глаз при работе с видеодисплейными терминалами // Мікрорурція ока, вплив підвищених доз радіації на орган зору: Тез. докл міжнародного симпозіуму. - Яремча, 1992. - С. 12-13.

33. Поляризационно-оптический метод исследования глаз в диагностике врожденного косоглазия и зрительного утомления / Пеньков М.А., Зубарев С.Ф., Кочина М.Л. и др. // Актуальные проблемы современной медицины: Тез. докл. научной сессии ХМИ. - Харьков, 1992. - С. 76.

34. Кочина М.Л., Яворский А.В. Характер зрительных астенопий у операторов видеодисплейных терминалов // Актуальные вопросы физиологии умственного труда: Тез. докл. симпозиума. - Киев, 1993. - С. 31-32.

35. Кочина М.Л., Кальниш В.В., Яворский А.В. Влияние работы за ВДТ на функционирование глазодвигательных мышц пользователей ПЭВМ // Там же, с. 60-61.

36. Кальниш В.В., Кочина М.Л., Яворский А.В. Оценка степени напряжения глазодвигательных мышц пользователей ПЭВМ при работе с видеодисплейными терминалами // Информ. письмо №133-93, Киев, 1993, вып. 5 от 22 июля 1993 г.; с. 1-2, по проблеме "Научные основы гигиены труда и профпатологии".

## АННОТАЦИЯ

Кочина М.Л. Структурно-функциональная организация приспособительных процессов в зрительной системе к нагрузке разного вида.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 14.03.26 - биологическая и медицинская кибернетика и информатика, Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, Киев, 1996 г. Защищает

ных процессов в зрительной системе к нагрузке разного вида. Установлено, что пути адаптации зрительной системы к нагрузке зависят от структурно-функционального состояния элементов системы, наличия в ней асимметрий, вида, характера и условий предъявления зрительной нагрузки. Для эметропических систем существенную роль играет зрительная нагрузка, для миопических - исходное состояние систем, для гиперметропических - как исходное состояние системы, так и вид зрительной нагрузки.

Kochina M. L. Structurally functional organization processes of adaptation in visile system for variety loads.

Tesis (typescript) submits for the Doctor's of Biology Degree of the speciality 14. 03. 26 - biological and medical cybernetics and informatics, Institute of Cybernetics named V. M. Glushkov of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 1996.

34 scientific works and two author's certificans are defended, containing theoretical study, elaboration and experemental investigation of structurally functional organization processes of adaptation in visile system for variety loads.

Established, that ways of adaptation of visile system fos load are depend on steucturally funtional state elements of system, the presence of unsymmetry in it, the type, property and conditions prodused visile load.

Visile load plays an important role for emmetropic systems, initial state - for miopic systems, for hypermetropic systems an important role plays both initial state and the type of the visile load.

Ключові слова: зорова система, адаптація, бінокулярний зір, поляризаційно-оптичний метод, екстраокулярні м'язи, косоокість.

Підп. по друку 8.04.96. Формат 60 x 84 1/16.  
Обсяг: 2,0 ум.-друк.арк; 2,0 обл.-вид.арк. Тираж 100.  
Замовлення 64.

---

Дільниця оперативного друку ХМАУ. ЗІІІІІ, Харк.обл.,  
п/в "КомунІст-І" учбове містечко.

445569

AB 34.477