

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Институт повышения квалификации  
и переподготовки кадров**

**Кафедра «Обработка материалов давлением»**

**И. В. Агунович**

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ**

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

**для слушателей специальности 1-59 01 01  
«Охрана труда в машиностроении и приборостроении»  
заочной формы обучения**

**Гомель 2014**

УДК 331.101.1(075.8)  
ББК 30.17я73  
А27

*Рекомендовано кафедрой «Обработка материалов давлением»  
ИПК и ПК ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 2 от 24.02.2014 г.)*

Рецензенты: зав. каф. «Философия и социология» ГГТУ им. П. О. Сухого,  
канд. филос. наук, доц. *В. Н. Яхно*

**Агунович, И. В.**

А27 Инженерная психология : курс лекций для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заоч. формы обучения / И. В. Агунович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 88 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Учебный курс «Инженерная психология» способствует подготовке слушателей к практическому решению вопросов охраны труда на производстве и формированию основ психологической культуры специалистов.

Для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» ИПК и ПК.

УДК 331.101.1(075.8)  
ББК 30.17я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2014

## Введение

Мы живём в мире, насыщенном сложными техническими устройствами и системами, которые давно стали привычными элементами нашего быта и интерьера. Это и технологическое оборудование, и бытовые приборы - холодильники, стиральные машины, телевизоры; оргтехника и мультимедийное окружение - компьютеры, принтеры, лазерные проекторы и многое другое. Люди активно внедряются во все сферы отношений с природой, увеличивая свои возможности с помощью науки, техники и технологии. Транспортные, энергетические, производственные, социальные системы представляют собой широкий спектр систем, включающих человека посредством техники. Автомобили, самолёты, корабли, подводные лодки, орбитальные станции, электростанции, объекты вооружения — всё это создают большие коллективы разработчиков.

Профессия инженера по охране труда связана с контролем и регулированием рабочей среды человека, в которую включены разнообразные технические средства и системы, обеспечением ее безопасности. Всё так или иначе конструируется для человека и для использования человеком. Постоянное усложнение техники, необходимость объединения человека и машины в единую систему не позволяют пользоваться лишь соображениями здравого смысла: кроме инженерных знаний и умений необходимо опираться на инженерную психологию — дисциплину научно-практического комплекса, учитывающую особенности проектирования техногенной среды, включающей человека, и особенности человеческого восприятия.

## Глава 1. Методологические основы инженерной психологии

### 1.1 Возникновение инженерной психологии. Предмет, цель, задачи инженерной психологии

Предпосылками возникновения инженерной психологии (и эргономики) послужили проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники и новых технологий. Поэтому, как только появилось большое количество высокоорганизованной техники, появились и проблемы ее эксплуатации. К таким проблемам относились:

- недостаточная эффективность СЧТМ (система человек-техника-машина);
- феномен роста травматизма;
- высокая текучесть кадров;
- рост числа нервно-психических заболеваний.

Эти проблемы нельзя было решить только средствами технических и медицинских наук. Необходимо было согласовать рекомендации психологии, физиологии, гигиены труда, дизайна и объединить их в общую систему требований к содержанию и характеру труда в СЧТС.

В связи с этим как самостоятельная наука инженерная психология начала формироваться в 40-х годах XX века. В СССР интенсивное развитие инженерной психологии началось в 50-е годы XX столетия. В 1959 году при Ленинградском Государственном университете была создана первая в стране научно-исследовательская лаборатория инженерной психологии. В 1963 году была издана первая в стране монография по инженерной психологии (Б.Ф. Ломов. Человек и техника. Л.: Издательство ЛГУ, 1963 г.), в которой были систематизированы и обобщены достигнутые к тому времени результаты исследований.

Специалист по ИП должен четко представлять себе размер допустимых физических, интеллектуальных, эмоциональных затрат, которых потребует работа с конкретной технической системой и в соответствии с этим корректировать действия ее создателей: инженера - разработчика, конструктора и технолога.

Т.о. инженерная психология возникла на стыке технических и психологических наук.

Как психологическая наука инженерная психология изучает психологические процессы и свойства человека, выясняя какие требования к техническим устройствам вытекают из особенностей челове-

ческой деятельности, т.е. решает задачу информационного приспособления техники и условий труда к человеку.

Как техническая наука инженерная психология изучает пульта (панели) управления технических устройств, процессы и алгоритмы их функционирования для выяснения требований, предъявляемых к психологическим и физиологическим особенностям человека-оператора. Таким образом, конечной целью инженерной психологии является обеспечение эффективного информационного взаимодействия человека-оператора с техническим средством, повышение производительности труда путем гуманизации техники и технологии.

**Инженерная психология** – научная дисциплина, изучающая объективные закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники с целью использования их в практике проектирования, создания и эксплуатации системы «Человек-машина» (СЧМ).

Инженерная психология рассматривает деятельность человека и функционирование машины во взаимосвязи. При этом подчеркивается ведущая роль человека. Человек – это субъект труда, а машина – это орудие труда.

Таким образом, **предметом** инженерной психологии являются процессы информационного взаимодействия человека и техники.

Главной задачей инженерной психологии является разработка оптимальных методов и средств разрешения противоречий между технологическими процессами и техникой с одной стороны, и трудовой деятельностью человека – с другой, возникающих в процессе развития производства.

**Основными задачами** инженерной психологии являются:

- Анализ функций человека в СЧМ, изучение структуры и классификация деятельности оператора.
- Изучение процессов преобразования информации человеком-оператором, которое включает: прием информации, переработку информации, принятие решения, осуществление управляющих воздействий.
- Разработка принципов построения рабочих мест операторов.
- Изучение влияния психологических факторов на эффективность СЧМ.
- Разработка принципов и методов профессиональной подготовки операторов в СЧМ, которая включает: профессиональный от-

бор, обучение, тренировку, формирование коллектива.

- Инженерно-психологическое проектирование и оценка СЧМ. Эта задача является обобщающей и при ее реализации используются результаты, полученные при решении всех предыдущих задач.

- Определение экономического эффекта инженерно-психологических разработок.

Рассмотренные задачи решаются как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации СЧМ.

## **1.2 Проблематика инженерной психологии**

**Проблематика инженерной психологии** может быть разделена на ряд направлений:

- методологическое;
- психофизиологическое;
- системотехническое;
- эксплуатационное.

Методологическое:

- определение предметов и целей исследований;
- разработка методов исследований;
- разработка принципов исследований;
- установление места инженерной психологии в системе

наук.

Психофизиологическое:

- изучение характера оператора;
- анализ деятельности оператора;
- оценка характеристик выполнения отдельных действий;
- изучение состояний оператора.

Системотехническое:

- разработка принципов построения элементов СЧМ;
- проектирование и оценка СЧМ;
- разработка принципов организации СЧМ;
- оценка надежности и эффективности СЧМ.

Эксплуатационное:

- профессиональная подготовка операторов;
- психологическое обеспечение научной организации труда;
- организация групповой деятельности операторов;
- разработка методов повышения работоспособности операторов.

ров.

Рассмотренная классификация наглядно показывает, по каким направлениям происходит решение стоящих перед инженерной психологией задач.

С инженерной психологией тесно связана эргономика.

### **1.3 Связь эргономики и инженерной психологии. Предмет, объект и задачи эргономики. Юзабилити**

Эргономика (от греческого «ergon» – работа и «nomos» – закон, термин введен в Англии в 1949 году) – наука о приспособлении орудий и условий труда к человеку. Она изучает функциональные возможности и особенности человека в трудовых процессах с целью создания оптимальных условий, в которых труд становится высокопроизводительным и эффективным, а также безопасным.

Эргономика – область знаний, комплексно изучающая трудовую деятельность человека в системе «Человек - техника - среда» (СЧТС) с целью обеспечения ее эффективности, безопасности и комфорта.

Аналогичную область знаний в США называют «человеческим фактором» (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Пример реализации в изделии человеческих факторов:  
а) паяльная лампа привычной конструкции с центром тяжести вне кисти руки оператора;  
б) та же лампа, но с центром тяжести, расположенным в пределах кисти руки оператора

Предметом эргономики является трудовая деятельность человека в процессе взаимодействия с техническими системами в условиях существенного влияния на него факторов внешней среды.

Основным объектом эргономики является система «Человек-техника-среда». В отличие от инженерной психологии, которая изучает систему «Человек-машина», т.е. систему, состоящую из человека-оператора и машины (устройства), посредством которой оператор осуществляет трудовую деятельность, эргономика исследует еще и факторы внешней среды: физической, химической и социальной, которые существенно влияют на эффективность работы СЧТС.

В настоящее время наблюдается рост специализации отдельных направлений, развивающихся в рамках эргономики и инженерной психологии, что приводит к появлению новых дисциплин. Так, например, интенсивно развивается направление, возникшее в процессе решения задач, связанных с проектированием компьютерных интерфейсов, — **юзабилити (Usability Engineering)** — научно-прикладная дисциплина, служащая повышению эффективности, продуктивности и удобства использования инструментов деятельности.

#### **1.4 Понятия «человек-машина», «оператор», «информационная модель», «концептуальная модель». Виды информационных моделей и обобщённые требования к ним.**

**Система «человек — машина»** — одно из основных понятий эргономики и инженерной психологии. По ГОСТ 26.387-84 Система «человек — машина» — это «система, включающая в себя человека — оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, и среду на рабочем месте». Состоит из двух принципиально разных подсистем: подсистемы, включающей технические звенья («машина»), и подсистемы, которая представлена человеком — оператором СЧМ. Никакая автоматизация не может исключить человека из системы в целом.

Человек, выполняющий функции управления в системе «человек-машина», называется **«оператором»**. В рамках инженерной психологии под оператором понимают человека, выполняющего деятельность в СЧМ посредством взаимодействия с информационной моделью.

**«Информационная модель»** реализуется в технических средст-



вах в виде средств отображения информации — индикаторов, дисплеев, сигнализаторов, содержания виртуальной реальности и т.п. и должна обеспечить оператору:

- понимание отображаемой информации;
- выделение сложных отношений в ситуации;
- эффективное информационное взаимодействие человека и технических устройств;
- максимальную надёжность деятельности человека и системы управления;
- возможность легко и свободно менять способы действия, гибкость поведения человека и взаимозаменяемость наблюдателей;
- условия координации действий, если системой управляет не один человек, а коллектив.

**Информационная модель** — это организованное в соответствии с определённой системой правил отображение состояния предмета труда, технической системы, внешней среды и способов воздействия на них.

По ГОСТ 26.387-84 Информационная модель — это «условное отображение, информация о состоянии объекта воздействия, системы «человек — машина» и способов управления ими».

Информационные модели, несущие осведомительную информацию, разделяют на наглядные, абстрактные и смешанные.

Наглядные модели (репродуктивные, пикторальные, картинные или модели — изображения) являются некоторой визуальной копией, подобием отображаемого объекта; в них воспроизводятся те или иные, прежде всего пространственные и модальностью, свойства объекта. Картина, фотография, голограмма, мультипликация, компьютерная графика и видеоизображения — примеры наглядных информационных моделей.

Достоинство этих моделей в том, что процесс их восприятия во многих отношениях протекает так же, как и процесс восприятия реальных объектов, что позволяет человеку использовать опыт, полученный в процессе деятельности с реальными объектами.

Абстрактные модели (символические, условные, знаковые, кодовые) передают оператору информацию об отображаемом объекте при помощи набора знаков. Текст, математические формулы, системы символов — примеры этого класса моделей. Достоинство абстрактных моделей состоит в том, что они позволяют отображать скрытые от непосредственного наблюдения свойства объектов — скорость, на-

пряжение, величину тока, угол крена, ускорение и т.д.

Смешанные модели — сочетание элементов наглядных и абстрактных моделей. При рациональном сочетании объединяются достоинства моделей первых двух типов.

Информационная модель формирует в операторе особую систему отношений, базирующуюся на его опыте, особенностях мышления, представлениях о развитии ситуации, предвидении последствий, называемую «концептуальной моделью». В ней отражаются потребности человека, система взглядов, профессиональные качества, позиция по отношению к решаемой задаче, прогноз будущего состояния системы и способы перевода её в это состояние. На прием и переработку информации человеком-оператором могут влиять такие факторы внешней (рабочей) среды, как температура, шум и вибрация, освещенность, изменение внешнего давления, ускорение, изменение газового содержания (состава) воздуха, электромагнитное и другие виды излучений. Они могут резко изменять соматическое и психическое состояние оператора и, следовательно, снижать эффективность его деятельности вплоть до проявления неадекватного поведения. Не менее важна и социальная среда (рабочий коллектив), в которой работает оператор.

Поэтому одна и та же информационная модель в зависимости от состояния оператора порождает в нём различные концептуальные модели.

**Основные обобщённые требования к информационным моделям (А.А. Крылов):**

- информационная модель должна отражать только наиболее существенные взаимосвязи в системе;
- должна строиться на основе использования эффективных кодов;
- должна быть наглядной и учитывать характеристики анализаторных систем человека, порядок и сложность операций.

## **1.5 Методы исследований в инженерной психологии**

Инженерная психология и эргономика пользуются широким ассортиментом методов, сложившихся в психологии и областях знаний, связанных с изучением человека: кибернетики, теории информации, физиологии и т.д.

**Метод наблюдения** заключается в регистрации внешних проявлений деятельности человека в СЧМ, к которым относятся мимика, речь, поза, результаты труда и т.д. Наблюдение дополняется рядом объективных методов регистрации: фото-кино-видеосъёмка рабочей позы, движений, показаний приборов, направления взгляда, запись на магнитофон речи. Производятся замеры физиологических показателей: частоты пульса и дыхания, кровяного давления, электрической активности сердца, мышц, головного мозга, снимаются данные методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и т.д.

Наблюдение дополняется беседами с операторами и анкетированием.

**Эксперимент** — изучение психологических особенностей деятельности оператора путём изменения условий, целей или способа её выполнения.

Различают лабораторный и естественный эксперименты.

Лабораторный эксперимент представляет собой одну из разновидностей моделирования и заключается в том, что оператору в лабораторных условиях ставится задача выполнить определённые действия по психологической структуре, близкие его действиям в реальной деятельности. Недостаток метода — невозможность отделить все побочные влияния, искажающие реальные факторы деятельности. Различают синтетический и аналитический лабораторные эксперименты. При синтетическом эксперименте стараются точно воспроизвести все действующие факторы, а при аналитическом — один или несколько наиболее существенных факторов. Разновидность аналитического эксперимента — использование тестов — стандартизированных процедур по оценке степени выраженности у оператора того или иного психологического качества (группы качеств).

Естественный эксперимент проводится путём анализа и регистрации параметров реальной деятельности испытуемого.

Широко используется сочетание естественного эксперимента с математическими моделями, реализованными на компьютерной технике, с введением пограничных и экстремальных условий деятельности.

Правильно поставленный эксперимент включает стадии:

- постановка задачи;
- планирование эксперимента;
- собственно эксперимент;
- обработка результатов.

Все характеристики деятельности оператора — это случайные величины, изменяющие своё значение от опыта к опыту, вследствие влияния на них огромного числа факторов объективного и субъективного характера.

**Основные методы обработки результатов** — методы математической статистики: корреляционный, регрессионный, факторный анализ, методы планирования эксперимента, многомерное шкалирование, кластерный анализ.

Метод моделирования заключается в том, что исследуются не сами реальные процессы и явления, а модели — искусственно созданные объекты, аналогичные в определённом отношении реальным.

Различают физические и математические модели. При физическом моделировании исследуется деятельность оператора или её фрагменты в лабораторных условиях с помощью специального имитационного оборудования — тренажёров, стендов, макетов и т.п.

При математическом моделировании реальная деятельность заменяется её математическим описанием — формулой, уравнением, неравенством и т.п. В необходимых случаях вводятся ограничения, налагаемые системой неравенств. Наиболее часто используется математический аппарат теории информации, массового обслуживания, автоматического управления. Ограничения метода математического моделирования связаны с трудностями формализации операторской деятельности, которая протекает при воздействии множества факторов.

## **1.6 Распределение функций между человеком и машиной. Типы систем «человек — машина»**

Создание эффективной СЧМ заключается в поиске оптимального сочетания возможностей машины и человека.

**На человека** следует возлагать выполнение функций по:

- распознаванию ситуации в целом по её многим сложно связанным характеристикам, а также при неполной информации о ней;
- осуществлению функций индуктивного вывода, т.е. обобщению отдельных фактов в единую систему;
- решению задач, в которых отсутствует единый алгоритм или нет четко определённых правил обработки информации;
- решению задач, в которых требуется гибкость и приспособ-

ляемость к изменяющимся условиям, особенно задач, появление которых заранее трудно предвидеть;

— решению задач с высокой ответственностью в случае возникновения ошибки.

**Машине** следует поручать:

— выполнение всех видов математических расчётов;

— выполнение однообразных, постоянно повторяющихся операций, реализуемых по заданному алгоритму;

— хранение и динамическое представление больших объёмов однородной информации;

— решение задач, требующих дедуктивного вывода, т.е. получения на основе общих правил решений для частных случаев;

— выполнение действий, требующих высокой скорости реакции на команду.

Не следует прямо воспринимать методологию распределения функций как проектировочную дисциплину, а приведённые рекомендации как руководство к действию. Это лишь иллюстрация различий, присущих основным элементам человеко-машинной системы. Всё в действительности гораздо сложнее, требует тонкого анализа содержания деятельности оператора и учёта возникающих фактов.

Несмотря на значительный прогресс в создании сложных технических систем, человек во многих случаях незаменим. Особенно это касается его возможностей по работе в условиях неполноты информации и использовании эвристических методов решения проблем. Кроме того, только человек обладает способностью учитывать разнокачественный, в том числе и социальный, опыт для достижения своих целей.

## **1.7 Классификация систем «человек — машина»**

Человечеством создано огромное разнообразие человеко-машинных систем, ориентироваться в котором достаточно трудно.

Для упрощения ориентирования в технологических и целевых нюансах технических систем создаются различные классификационные системы и схемы.

**В зависимости от технического назначения человеко-машинных систем различают:**

- системы управления движущимися объектами с управлением

как с объекта, так и извне;

- системы управления энергетическими установками;
- системы управления технологическими процессами циклического типа;
- системы наблюдения за обстановкой и обнаружения объектов;
- системы диспетчерского типа, управляющие транспортными средствами, распределением энергии и т.п.

Приведённая классификация, несмотря на свою условность и простоту, выполняет задачу по уменьшению многообразия возникающих в практике реальных систем.

### **Более сложные классификации СЧМ:**

**А. По степени участия в работе системы человека:** 1) автоматические (работающие без человека); 2) автоматизированные (с участием человека); 3) неавтоматизированные (человек работает без применения сложных технических средств).

**Б. По целевому назначению:** 1) управляющие (основная задача — управление машиной или комплексом); 2) обслуживающие (человек контролирует состояние машины, ищет неисправности, осуществляет настройку); 3) обучающие (тренажёры, технические средства обучения); 4) информационные (радиолокационные, телевизионные и т.п.); 5) исследовательские (моделирующие установки, макеты).

### **В. По числу операторов и иерархии «человеческого звена»:**

1) моносистемы (один человек — например, пилот или оператор станков с ЧПУ);

2) полисистемы (несколько человек, команда), где выделяются: «паритетные» (когда все операторы работают «на равных») и иерархические (с чёткой соподчинённостью операторов).

### **Г. По типу взаимодействия человека и машины:**

1) с непрерывным, постоянным (например, система «водитель — автомобиль»);

2) частичным, стохастическим (например: система «оператор — компьютер»);

3) эпизодическим взаимодействием.

### **Д. По типу и структуре машинного компонента в СЧМ:**

1) инструментальные СЧМ (неотъемлемый компонент системы — инструменты и приборы, работа с которыми требует от оператора высокой точности выполняемых операций, т.е. важна роль самого человека);

2) простейшие человеко-машинные системы (включают стацио-

нарные и нестационарные технические устройства);

3) сложные человеко-машинные системы (включают целую систему взаимосвязанных устройств, различных по своему функциональному назначению);

4) системотехнические комплексы (иногда система расширяется до «человек — человек — машина», как некая иерархия более простых систем).

**Е. По особенностям рабочего процесса:**

1) детерминированные и вероятностные; 2) статические и динамические; 3) дискретного и непрерывного действия системы.

Известны и **другие классификации**: по видам продуктов труда, точности и надежности функционирования, роли и месту человека в системе.

## **Глава 2. Психофизиологические характеристики деятельности человека-оператора**

### **2.1 Структура системы «Человек - Машина»**

Знание свойств человека — оператора, его недостатков и преимуществ позволяет грамотно спроектировать эргатическую систему (РЭС), сделать её эффективной и надёжной.

Именно специфичность человеческой психики, недоступной изучению методами естественных наук, составляющих базис инженерного проектирования, создаёт серьёзный барьер непонимания между психологами и инженерами. Психология, оперируя понятными на бытовом уровне конструктами, такими, как память, внимание, чувства, эмоции и т.д., включает в их содержание совершенно иные контексты, чем инженеры, которые работают с предметным, измеримым миром физических моделей и технологий. Это совсем другая форма опыта. К сожалению, возникающая иллюзия понятности психологии, её доступности ведёт к попыткам принизить роль психологического знания при проектировании, преувеличенному значению измеряемых характеристик человеческого организма. Возникает инженерная интерпретация психологических знаний. Это вещь достаточно опасная, так как она ведёт к неэффективным решениям и междисциплинарным конфликтам.

С инженерной точки зрения человек как приёмник и передатчик информации довольно несовершенное устройство. Он обладает узким диапазоном восприятия посредством сенсорных систем изменений физического мира, низкой пропускной способностью, которая легко исчерпывается как при приёме, так и при передаче информации. Моторные выходы человека обладают невысоким быстродействием. Его силовые возможности ограничены.

Человек как вычислительная система, напротив, превосходит все существующие технические системы по возможностям параллельной обработки информации и способности решать задачи методом логической индукции. Многие свойства психики человека по настоящее время не реализованы в технических системах, в том числе и такие, как сознание и интеллект, несмотря на то, что работы в этом направлении ведутся не один год.

Человек как управляющее устройство характеризуется очень высокими способностями к адаптации при решении сенсомоторных и



других задач, не выходящих за ограничения его памяти, сенсорных и двигательных систем.

Кроме того, при проектировании человеко-машинных систем многие существенные с точки зрения психологии свойства человека не могут быть учтены в силу их метафоричности и количественно-качественной неопределённости. Например, чувства «глубокого удовлетворения» и «искренней благодарности» будут с трудом поняты инженерами. Интуитивно понятные вещи в психологии часто являются элементами языковой игры, уточняющими те или иные понятийные конструкты. Однако они мало полезны в практике проектирования, хотя и могут иногда использоваться в качестве аргументов в процессе принятия решений.

На основе системы «Человек-машина» проектируется любое устройство, предназначенное для использования человеком. При проектировании РЭС система «Человек-машина» преобразуется в систему «Человек-РЭС» (рис.2.1).



Рис. 2.1. Структурная схема системы «Человек-машина»

Рассмотрим, как работает такая система.

На средствах отображения информации (СОИ) РЭС отображается не само состояние объекта управления, а имитирующий его образ, называемый информационной моделью, которая в голове оператора преобразуется в оперативный образ или концептуальную модель

(conception – представление, понятие).

На «входе» человека имеются рецепторы, преобразующие энергию внешнего воздействия в нервные импульсы.

В центральной нервной системе происходит сравнение поступивших сигналов с некоторыми эталонными, хранимыми в памяти, и происходит принятие решения по управлению, которое производится на основе определенных навыков.

Эффекторы производят обратное преобразование энергии импульсов в энергию движения и через органы управления РЭС управляют объектом управления или самой РЭС, состояние которой отображается на СОИ. Так происходит один цикл управления;

Для нормального функционирования СЧМ необходимо обеспечить оптимальное согласование двух участков: 1 и 2. Это и является главной задачей инженерной психологии (в основном участок 1) и эргономики (в основном участок 2).

Особенность этой системы состоит в том, что «вход» и «выход» человека изменить нельзя. Следовательно, для обеспечения согласования при проектировании РЭС можно менять только «вход» или «выход» РЭС. Поэтому требования к проектированию РЭС (СЧМ) формулируются на основе знаний особенностей «входа» и «выхода» человека, то есть знаний особенностей построения рецепторов и эффекторов, их характеристик и особенностей восприятия человеком информации.

## 2.2 Этапы деятельности оператора

Деятельность оператора в системе «Человек-машина» может носить самый разнообразный характер. Несмотря на это, в общем виде она может быть представлена в виде четырех основных этапов: прием информации, обработка информации, принятие решения и реализация принятого решения (рис. 2.2).

**Прием информации** - важнейшая составляющая деятельности оператора. Это стадийный процесс, завершающийся восприятием информации и созданием чувственного перцептивного образа.

Различают **четыре стадии** перцептивного действия: обнаружения, различения, идентификации и опознания.

На стадии обнаружения наблюдатель выделяет объект из фона, но не может судить о его форме и признаках.

На стадии различения наблюдатель способен отдельно воспринимать два объекта, расположенные рядом, выделять их детали.

На стадии идентификации объект отождествляется с эталоном, записанным в памяти.

На стадии опознания наблюдатель выделяет существенные признаки объекта и относит его к определенному классу.

Отметим, что обнаружение и различение относятся к перцептивным, а идентификации и опознания — к опознавательным действиям.

Т.е. при приеме информации осуществляются такие действия, как обнаружение сигналов, выделение из их совокупности наиболее значимых, их расшифровка и декодирование. В результате у оператора складывается предварительное представление о состоянии управляемого объекта. Информация приводится к виду, пригодному для оценки и принятия решения.

**Обработка информации.** На этом этапе производится сопоставление заданных и текущих (реальных) режимов работы СЧМ, производится анализ и обобщение информации, выделяются критичные объекты и ситуации и на основании заранее известных критериев важности и срочности определяется очередность обработки информации. Качество выполнения этого этапа во многом зависит от принятых способов кодирования информации и возможностей оператора по ее декодированию. На данном этапе оператором могут выполняться такие действия, как запоминание информации, извлечение ее из памяти, декодирование и т. п.

**Принятие решения.** Решение о необходимых действиях принимается на основе проведенного анализа и оценки информации, а также на основе других известных сведений о целях и условиях работы системы, возможных способах действия, последствиях правильных и ошибочных решений и т. д. Время принятия решения существенным образом зависит от энтропии (неопределенности) множества решений.

**Реализация принятого решения.** На этом этапе осуществляется приведение принятого решения в исполнение путем выполнения определенных действий или отдачи соответствующих распоряжений. Отдельными действиями на этом этапе являются: перекодирование принятого решения в машинный код, поиск нужного органа управления, движение руки к органу управления и манипуляция с ним (нажатие кнопки, включение тумблера, поворот рычага и т. п.).

На каждом из этапов оператор совершает самоконтроль собственных действий. Этот самоконтроль может быть инструментальным или неинструментальным. В первом случае оператор проводит контроль своих действий с помощью специальных технических средств (например, с помощью специальных индикаторов контролирует правильность набора информации). Во втором случае контроль ведется без применения технических средств. Он осуществляется путем визуального осмотра, повторения отдельных действий и т.п. Проведение любого вида самоконтроля способствует повышению надежности работы оператора.

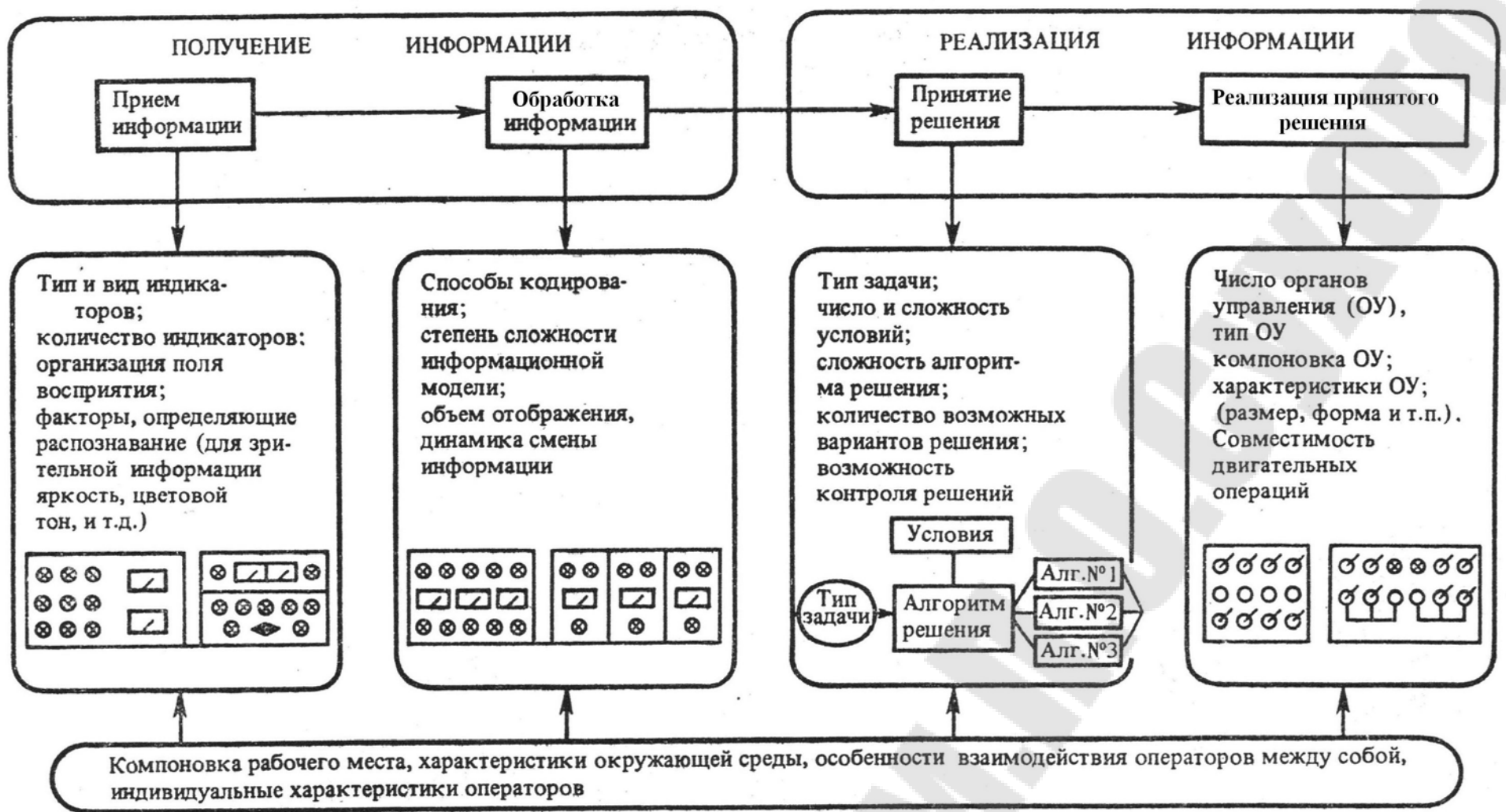


Рис. 2.2. Этапы деятельности оператора и факторы, влияющие на их выполнение

### 2.3 Факторы, влияющие на деятельность оператора

На качество и эффективность выполнения каждого из рассмотренных этапов деятельности оператора оказывает влияние целый ряд факторов.

Качество приема информации зависит от вида и количества индикаторов, организации информационного поля, психофизических характеристик предъявляемой информации (размеров изображений, их светотехнических характеристик, цветового тона и цветового контраста).

На обработку информации влияют такие факторы, как способ кодирования информации, объем ее отображения, динамика смены информации, соответствие ее возможностям памяти и мышления оператора.

Эффективность принятия решения определяется следующими факторами: типом решаемой задачи, числом и сложностью проверяемых логических условий, сложностью алгоритма и количеством возможных вариантов решения, возможностью контроля решения.

Реализация принятого решения зависит от числа органов управления, их типа и способа размещения, а также от большой группы характеристик, определяющих степень удобства работы с отдельными органами управления (размер, форма, сила сопротивления и т.д.).

Первые два этапа в совокупности называют иногда получением информации, последние два этапа – реализацией информации.

Из проведенного описания видно, что получение информации включает в себя как бы два уровня, поскольку текущая информация передается оператору через систему технических устройств. Оператор, как правило, не имеет возможности непосредственно наблюдать за объектом управления (во всяком случае эта возможность ограничена), а получает необходимую информацию от средств отображения в закодированном виде. С их помощью формируется информационная модель объекта управления.

Поэтому на первом уровне получения информации происходит восприятие оператором информационной модели, т.е. восприятие физических явлений, выступающих в роли носителей информации (положение стрелки на шкале измерительного прибора, комбинация знаков на экране дисплея, мигание индикатора, звуковой сигнал и т.п.). После этого на втором уровне осуществляется декодирование воспринятых сигналов и формирование на этой основе некоторой

«умственной картины» управляемого процесса и условий, в которых он протекает. Такую «умственную картину» в инженерной психологии принято называть концептуальной моделью. Она дает возможность оператору соотнести в единое целое различные части управляемого процесса и затем на основе принятого решения осуществить эффективные управляющие действия, т.е. правильно реализовать полученную информацию.

## 2.4 Виды труда оператора

Наряду с общими чертами деятельности оператора можно выделить и различные виды операторского труда, каждый из которых характеризуется своими частными особенностями.

Оператор-технолог. Оператор-технолог включен в технологический процесс непосредственно. Он работает в основном в режиме немедленного обслуживания. Преобладающими в его деятельности являются управляющие действия. Выполнение действий регламентируется обычно инструкциями, которые содержат, как правило, почти полный набор ситуаций и решений. К этому виду относятся операторы технологических процессов, автоматических линий, операторы по приему и переработке информации и т.п.

Оператор-наблюдатель (контролер). Оператор-наблюдатель является классическим типом оператора, с изучения деятельности которого и началась инженерная психология. Важное значение для деятельности такого оператора имеют информационные и концептуальные модели, а также процессы принятия решения. Управляющие действия оператора-наблюдателя (по сравнению с оператором-технологом) несколько упрощены. Оператор-наблюдатель может работать в режиме отсроченного обслуживания. Такой тип деятельности является массовым для систем, работающих в реальном масштабе времени (операторы радиолокационной станции, диспетчеры на различных видах транспорта и т. п.).

Оператор-исследователь. Оператор-исследователь в значительно большей степени использует аппарат понятийного мышления и опыт, заложенные в концептуальную модель. Органы управления играют для него еще меньшую роль, а «вес» информационных моделей, наоборот, существенно увеличивается. К таким операторам относятся пользователи вычислительных систем, дешифровщики различных

объектов (образов) и т.п.

Оператор-руководитель. Оператор-руководитель в принципе мало отличается от предыдущего типа, но для него механизмы интеллектуальной деятельности играют главенствующую роль. К таким операторам относятся организаторы, руководители различных уровней, лица, принимающие ответственные решения в человеко-машинных комплексах и обладающие интуицией, знанием и опытом.

Оператор-манипулятор. Для деятельности оператора-манипулятора большое значение имеет сенсомоторная координация (например, непрерывное слежение за движущимся объектом) и моторные (двигательные) навыки. Хотя механизмы моторной деятельности имеют для него главенствующее значение, в деятельности используется также аппарат понятийного и образного мышления. В функции оператора-манипулятора входит управление роботами, манипуляторами, машинами-усилителями мышечной энергии человека (станки, экскаваторы, транспортные средства и т.п.).

## 2.5 Виды анализаторов человека

Связь с внешним миром осуществляется посредством эволюционно приобретённых **«анализаторных систем»**, которые действуют всегда интегрированно, в постоянной взаимосвязи, реализуя функции восприятия. С целью научного изучения их **разделяют на зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный (кожный), анализаторы внутренних органов и двигательный анализатор**, оценивающий состояние мышц и сухожилий.

**Любой анализатор** — сложная система регулирования, состоит из (рис.2.3):

- рецептора;
- проводящих нервных путей;
- центра в коре больших полушарий головного мозга.

Основная функция рецептора — превращение энергии действующего на него раздражителя различной физической природы в нервный процесс, сопровождаемое сменой носителя информации, заключённой в физических параметрах раздражителя, с внешнего её носителя на внутренний.



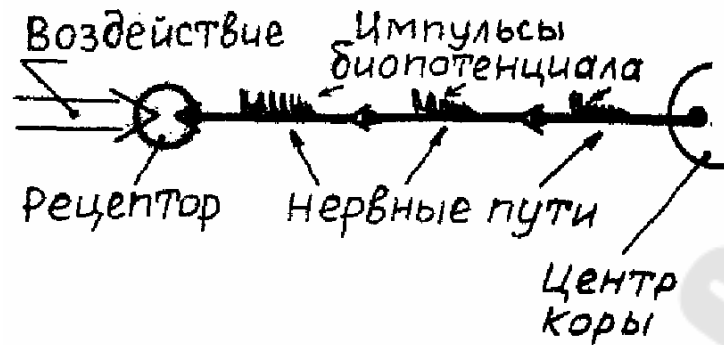


Рис. 2.3. Строение анализатора человека

Так, раздражителем для рецепторов глаза являются электромагнитные волны определённого спектра, для рецепторов уха — механические колебания среды, для рецепторов вкуса — химический состав воздействующего вещества и т.д.

Вход рецептора приспособлен к приему сигналов определенной модальности (вида) – световых, звуковых и др. Однако его выход посылает сигналы, по своей природе единые для любого входа нервной системы. Это позволяет рассматривать рецепторы как устройства кодирования информации.

Проводящие нервные пути осуществляют передачу нервных импульсов в кору головного мозга. Эти импульсы, достигнув коры головного мозга, подвергаются там определенной обработке и снова возвращаются в рецепторы. Только в таком процессе взаимодействия рецепторов и центров в коре больших полушарий происходит формирование перцептивного образа (рис.2.4).

Наибольшее значение для деятельности оператора имеют зрительный анализатор, за ним следуют слуховой и тактильный (осязательный) анализаторы. Участие других анализаторов в деятельности оператора невелико (рис. 2.5).

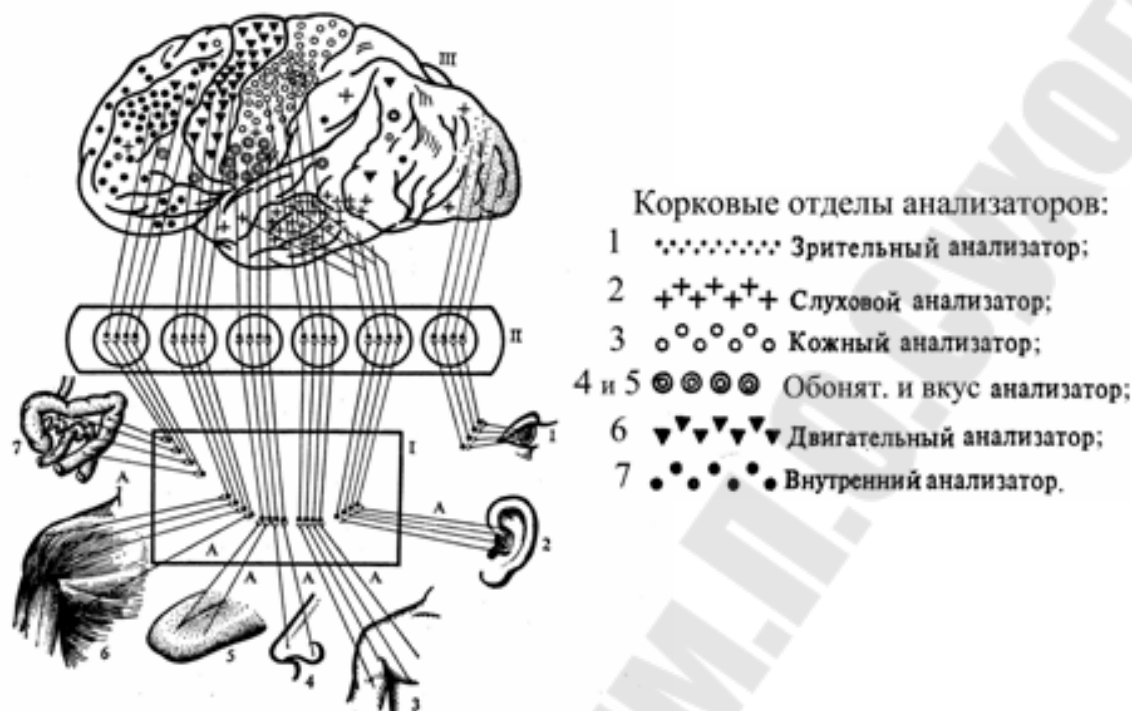


Рис. 2.4. Схема анализаторов:

I – область спинного и продолговатого мозга, куда вступают афферентные волокна;

II – таламус (переключательный центр);

III – кора мозга



Рис. 2.5. Степень нагружения анализаторов

## 2.6 Характеристики анализаторов

Основными характеристиками любого анализатора являются пороги – **абсолютный (верхний и нижний), дифференциальный и оперативный**. Понятие каждого из этих порогов может быть введено по отношению к энергетическим (интенсивность), пространственным (размер) и временным (продолжительность воздействия) характери-

стикам сигнала.

Минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение, носит название **нижнего абсолютного порога чувствительности**, а максимально допустимая величина – **верхнего абсолютного порога чувствительности** (это понятие вводится по отношению лишь к энергетическим характеристикам). Сигналы, величина которых меньше нижнего порога, человеком не воспринимаются. Увеличение интенсивности сигнала сверх верхнего порога вызывает у человека болевое ощущение (сверхгромкий звук, слепящая яркость и т. д.). Интервал между нижним и верхним порогами носит название диапазона чувствительности анализатора.

С помощью анализаторов человек может не только ощущать тот или иной сигнал, но и различать сигналы по величине. Для характеристики различения вводится понятие **дифференциального порога** (от лат. differentia – различать), под которым понимается минимальное различие между двумя раздражителями (сигналами), либо между двумя состояниями одного раздражителя, вызывающее едва заметное различие ощущений:

$$\Delta I = I_0 - I_{\Delta},$$

где  $I_0$  – исходное значение сигнала (раздражителя);  $I_{\Delta}$  – измененное значение сигнала.

Экспериментально установлено, что величина дифференциального порога пропорциональна исходной величине раздражителя:

$$\Delta I = k \cdot I_0,$$

где  $k$  – константа, равная 0,01 для зрительного анализатора, 0,1 – для слухового и 0,3 – для тактильного.

На основании этого выражения может быть установлена зависимость между величиной сигнала и величиной вызываемого им ощущения:

$$B = k \cdot \ln I_0 + c,$$

где  $B$  – величина ощущения;  $k$  и  $c$  – константы.

Эта зависимость носит название **основного психофизического закона**, или **закона Вебера-Фехнера**. Согласно этому закону, интен-

сивность ощущения прямо пропорциональна логарифму силы раздражителя. Закон справедлив только для среднего участка диапазона чувствительности анализатора.

Понятие дифференциального порога имеет большое значение в психофизике и экспериментальной психологии. Однако оно является явно недостаточным для инженерной психологии, так как величина дифференциального порога характеризует предельные возможности анализатора и поэтому не может служить основанием для выбора допустимой длины алфавита сигналов. Для этого необходимо пользоваться величиной, характеризующей не минимальную, а некоторую оптимальную различимость сигналов. Такой величиной в инженерной психологии является **оперативный порог различения**. Он определяется той наименьшей величиной различия между сигналами, при которой точность и скорость различения достигают максимума. Обычно оперативный порог различения в 10–15 раз больше дифференциального:

$$\Delta I_{on} \geq (10 - 15) \Delta I$$

## 2.7 Свойства анализаторов

Важнейшими свойствами анализаторов, имеющими большое значение для деятельности оператора, являются **адаптивность** и **избирательность**.

**Адаптивность** – это изменение диапазона чувствительности анализатора в соответствии с изменением работы интенсивности раздражителя. В процессе адаптации изменяются как энергетический, так и временной и пространственный пороги анализаторов. Адаптация характеризуется величиной изменения чувствительности и временем, в течение которого она осуществляется. Эти показатели различны для разных анализаторов. Так, например, тактильный анализатор адаптируется наиболее быстро, зрительный – сравнительно медленно, однако диапазон изменения чувствительности у него очень большой.

**Избирательность** анализатора заключается в его способности из множества раздражителей, действующих на человека в каждый момент времени, в зависимости от условий выделять лишь опреде-

ленные. Избирательность является условием формирования адекватных ощущений и обеспечивает высокую помехоустойчивость анализаторов. Избирательность может быть амплитудной, пространственной, временной и вероятностной. Последнее означает дублирование сигналов, передаваемых в мозговой центр.

## 2.8 Требования к сигналам-раздражителям

Рассмотренные характеристики и устройство анализаторов позволяют сформулировать **общие и главные требования к сигналам-раздражителям**, адресованным оператору:

- интенсивность сигналов должна соответствовать средним значениям диапазона чувствительности анализаторов, которая обеспечивает наиболее оптимальные условия для приема и переработки информации;

- для того чтобы оператор мог следить за изменением сигналов, сравнивать их между собой по интенсивности, длительности, пространственному положению, необходимо обеспечивать различие между сигналами, превышающее оперативный порог различения;

- перепады между сигналами не должны значительно превышать оперативный порог, так как при больших перепадах возникает утомление;

- наиболее важные индикаторы следует располагать в тех зонах сенсорного поля анализатора, которые соответствуют участкам рецепторной поверхности с наибольшей чувствительностью;

- при проектировании индикаторных устройств необходимо правильно выбирать вид сигнала, а следовательно, и модальность анализатора (зрительный, слуховой, тактильный и т. д.).

## 2.9 Характеристики зрительного анализатора

Через зрение человек получает большую часть информации, позволяющей проводить осознанную целенаправленную деятельность. Зрительный анализатор формирует в психике человека первичные зрительные ощущения — цвета, света, формы, образов внешнего мира, обеспечивает зрительную деятельность человека.

Парное взаимодействие глаз вызывает **бинокулярный эффект**,

благодаря которому появляется восприятие объёмности предметов, их удалённости в пространстве.

Воспринимающая часть глаза включает два типа рецепторов — палочки и колбочки, формирующие сетчатку глаза, на которую через хрусталик поступает изображение предметов внешнего мира. Палочки являются аппаратом ахроматического (чёрно-белого), а колбочки — хроматического (цветного) зрения.

Можно выделить **четыре группы характеристик зрительного анализатора:**

- энергетические;
- информационные;
- пространственные;
- временные.

**Энергетические характеристики** зрительного анализатора определяются мощностью (интенсивностью) световых сигналов, воспринимаемых глазом. К ним относятся: **яркость, цветоощущение, контраст, спектральная чувствительность, освещенность.**

Абсолютная чувствительность зрения весьма высока и составляет всего 10-15 квантов лучистой энергии, при воздействии которых на сетчатку в психике человека возникает ощущение света.

**Яркость.** Зрительная система работает в очень широком диапазоне яркостей. Максимальная яркость, вызывающая ослепление, составляет 32.2 стильба, а минимальная воспринимаемая глазом освещённость около  $8 \cdot 10^{-9}$  люкс. При идеальных условиях человек может видеть свет, излучаемый звёздами 6-й величины.

Глаз чувствителен к электромагнитному излучению в диапазоне длин волн от 380 до 760 мкм, причём максимум световой чувствительности глаза смещается в зависимости от уровня освещённости. Этим объясняется «*эффект Пуркинье*»: при сумеречном освещении синие и зелёные предметы кажутся более светлыми, чем красные и желтые. Волны разной длины вызывают ощущения цвета и его градаций: красного — 610-620 мкм; жёлтого — 565-590 мкм; зелёного — 520 мкм; синего — 410-470 мкм; фиолетового — 380-400 мкм.

**Спектральная чувствительность.** Чувствительность глаза к различению цветового тона различна и имеет около ста тридцати градаций. На практике эти особенности цветового зрения используются при создании систем цветового кодирования и сигнализации. Обычно используется не более четырёх цветов — красный, жёлтый, зелёный и белый. Наиболее тонко глазом различаются длины волн в районе

494 нм (зеленовато-голубой цвет) и 590 нм (оранжево-жёлтый). В средней части видимого спектра (зелёный цвет), а также в его концах (фиолетовый и красный) дифференцировка цветности значительно грубее. Максимальная цветовая чувствительность глаза при дневном освещении лежит в жёлтой части спектра (555 нм).

Кривая спектральной чувствительности глаза приведена на рис. 2.6. Из рисунка видно, что для обеспечения одинакового зрительного ощущения необходимо, чтобы мощность синего излучения была в 16,6 раза а красного – в 9,3 раза больше мощности желто-зеленого излучения. По этой причине **цветоощущение (относительная видность)** условно также может быть отнесено к энергетическим характеристикам зрительного анализатора.

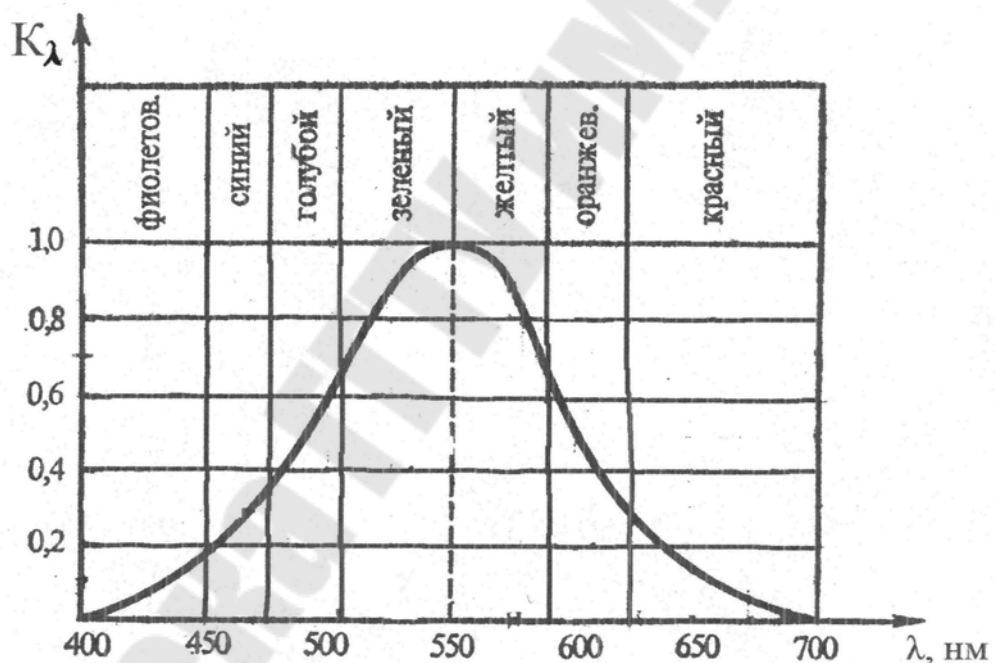


Рис. 2.6. Кривая спектральной чувствительности глаза

При недостатке освещения (сумеречное зрение) кривая спектральной чувствительности смещается влево приблизительно на 50 нм (эффект Пуркинье) (рис.2.7).

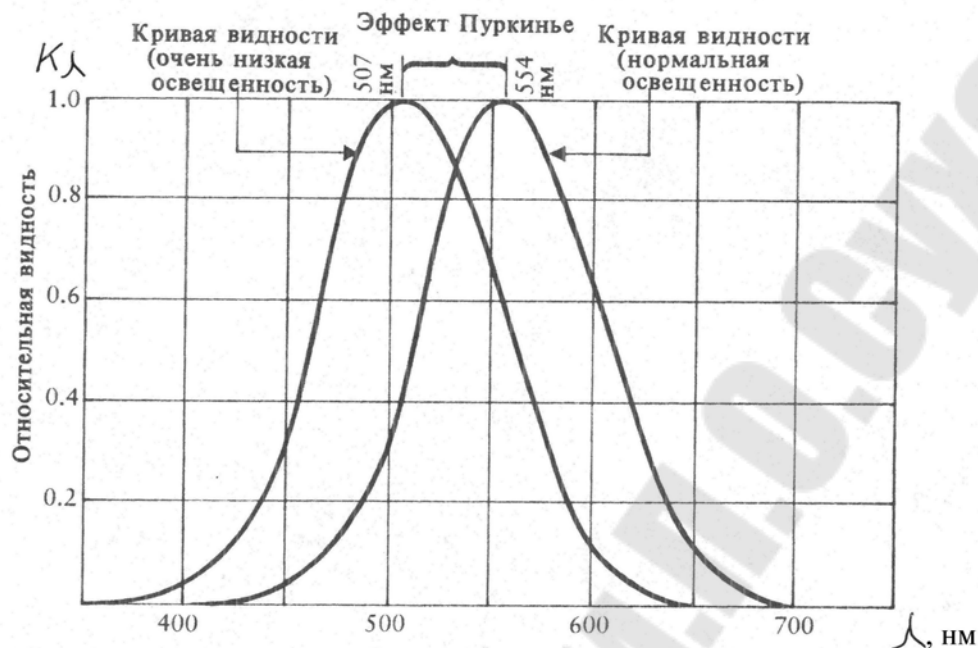


Рис. 2.7. Кривая спектральной чувствительности глаза при нормальной и недостаточной освещенности (при сумеречном освещении синие и зелёные предметы кажутся более светлыми, чем красные и желтые).

**Контраст.** Наиболее контрастирующие соотношения цветов в порядке убывания цветового контраста: синий на белом, чёрный на жёлтом, зелёный на белом, чёрный на белом, зелёный на красном, красный на жёлтом, красный на белом, оранжевый на чёрном, чёрный на пурпурном, оранжевый на белом, красный на зелёном.

Величина порогового контраста зависит от яркости адаптации (яркости фона  $V_f$ ) и угловых размеров предметов  $\alpha$  (рис. 2.8).

Из рисунка 2.8 видно, что предметы с большими размерами видны при меньших контрастах и что с увеличением яркости уменьшается значение порогового контраста.

Цвет и свет играют значительную роль в человеческой практике. При создании многих изделий необходимо учитывать их цветовые и световые характеристики. Цвет может выполнять энергетическую и информационную функции. Цветом кодируются состояния индикаторов технических систем. Например, красный цвет свидетельствует о критических и опасных режимах, зелёный — о нормальном функционировании системы, жёлтый предупреждает об изменении режима. Светофор является примером технического устройства, в котором цвет играет чисто информационную роль, регулируя дорожное движение.



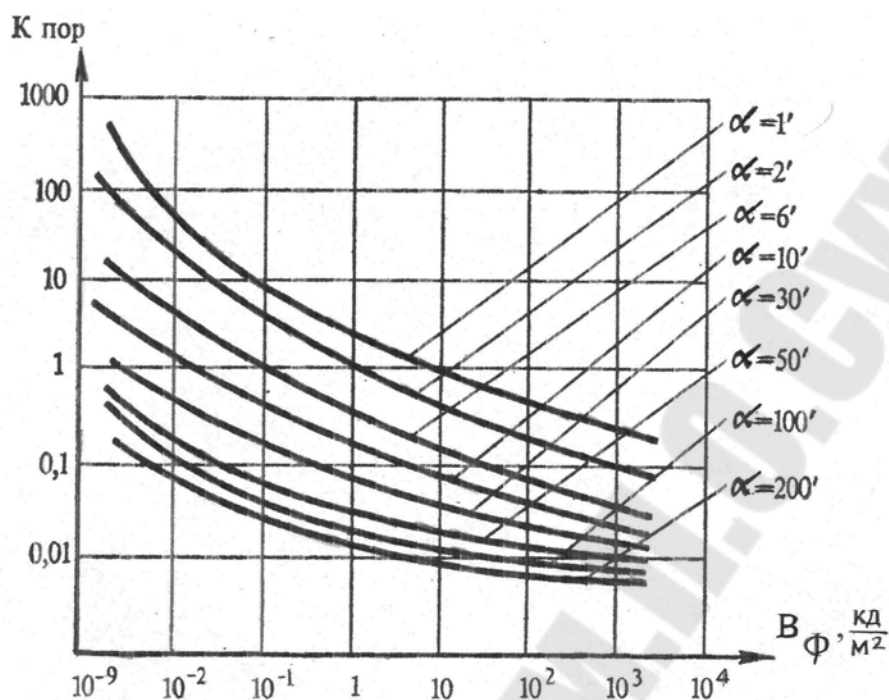


Рис. 2.8. Зависимость порогового контраста от яркости адаптации и угловых размеров предметов

Военные стандарты США устанавливают следующий дополненный алфавит цветового кода:

- красный — используется для предупреждения оператора о том, что система или её часть не работают;
- мигающий красный — для обозначения ситуации, требующей немедленного реагирования;
- жёлтый цвет — для обозначения предельных режимов, в которых необходима осторожность;
- зелёный цвет — нормально работающая система;
- белый цвет — используется для обозначения функций, о которых не известно, правильны они или ошибочны, например, для обозначения промежуточных состояний системы;
- синий цвет — справочные и консультативные сведения.

При организации сложных пультов управления и индикации, содержащих большое количество кодирующих признаков, возникают сложные взаимодействия светлоты и цвета, что требует специальных процедур измерений и подбора цвета. С этой целью используются специальные шкалы и методы построения изотропного пространства различения светлоты и цвета. Доказано преимущество цветового кодирования при решении задач обнаружения. Время поиска объектов

по цвету минимально.

**Освещённость** рабочего места влияет на работоспособность оператора. Снижение освещённости ведёт к снижению работоспособности. Зрительный комфорт и работоспособность зависят от соотношения между яркостью наблюдаемого объекта и яркостью фона, окружающего объект.

В настоящее время нет удовлетворительной научно обоснованной теории, объясняющей работу зрительной системы человека в целом, есть только ряд предположений о принципах работы отдельных звеньев системы. Однако её свойства вполне описаны и оформлены в виде справочных данных. Их использование требует от проектировщиков большой осторожности, так как параметры зрительной системы очень вариативны и сильно зависят от условий и методов измерения.

## 2.10 Информационные характеристики зрительного анализатора

Основной информационной характеристикой зрительного анализатора является пропускная способность, то есть то количество информации, которое анализатор способен принять в единицу времени. Зрительный анализатор можно представить в виде канала связи, состоящего из нескольких участков передачи информации (рис. 2.9). Очевидно, что пропускная способность канала в целом будет определяться пропускной способностью того участка, для которого она минимальна.

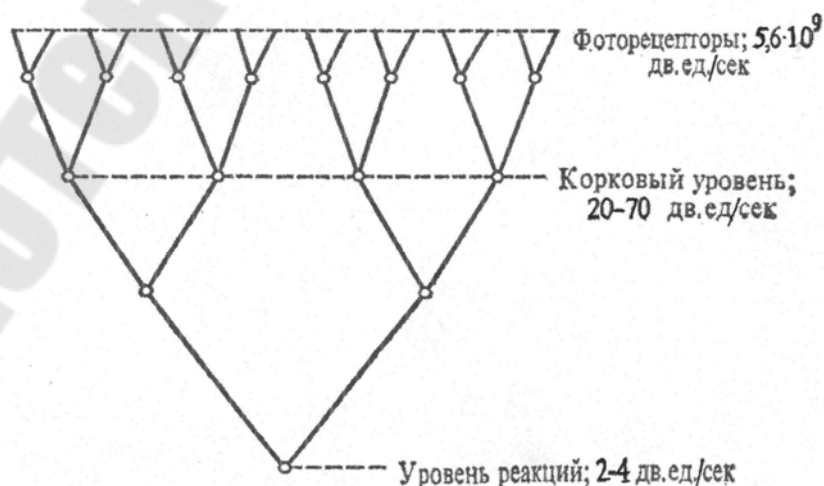


Рис. 2.9. Информационная воронка в зрительном анализаторе

Наибольшая пропускная способность ( $\approx 5,6 \cdot 10^9$  дв.ед./с или бит/с) имеет место на уровне фоторецепторов (сетчатки). По мере продвижения к более высоким уровням приема информации пропускная способность уменьшается, составляя на корковом уровне лишь 20–70 дв.ед./с. Еще меньше пропускная способность на уровне реакций. Здесь она составляет 2–4 дв.ед./с.

Приведенные данные позволяют представить зрительный анализатор в виде информационной «воронки», широкая часть которой соответствует сетчатке, а узкая – зрительной области коры головного мозга.

В подобном принципе работы зрительной системы заложен глубокий биологический смысл – информационная «воронка» повышает надежность линии передачи и резко сокращает вероятность посылки в мозг ошибочного сигнала. Благодаря этому сообщения, характеризующиеся в нижних отделах зрительного анализатора значительной статистической избыточностью, по мере передачи в вышележащие отделы принимают все более и более экономную форму.

## 2.11 Пространственные характеристики зрительного анализатора

Пространственные характеристики зрительного анализатора определяются воспринимаемыми глазом размерами предметов и их месторасположением в пространстве. К ним относятся: острота зрения, поле зрения, объем зрительного восприятия.

**Острота зрения.** Остротой зрения называется способность глаза различать мелкие детали предметов. Она определяется величиной, обратной тому минимальному угловому размеру предмета в минутах, при котором он различим глазом. Острота зрения зависит от уровня освещенности, расстояния до рассматриваемого предмета, его положения относительно наблюдателя и возраста наблюдателя.

Размеры предметов выражаются в угловых величинах, которые связаны с линейными размерами следующим соотношением:

$$h = 2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

где  $h$  и  $\alpha$  – соответственно линейный и угловой размеры предмета;  $l$  – расстояние от глаза до предмета (рис. 2.10).

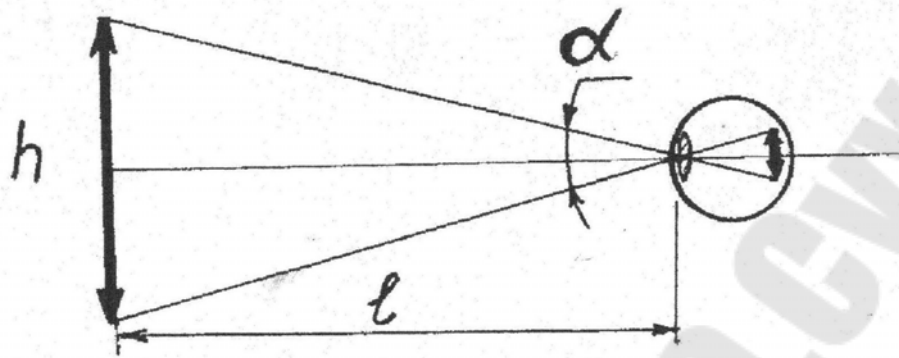


Рис. 2.10. Взаимосвязь между угловыми ( $\alpha$ ) и линейными ( $h$ ) размерами предметов

Острота зрения характеризует абсолютный пространственный порог восприятия. Минимально же допустимые размеры элементов изображения, предъявляемого оператору, должны быть на уровне оперативного порога и составлять не менее  $10\text{--}15'$ . Однако это справедливо только для предметов простой формы. Для сложных предметов, опознавание которых ведется не только по внешним, но и по внутренним признакам, оптимальные условия восприятия будут в том случае, если их размеры составляют не менее  $30\text{--}40'$ .

Эта величина принимается в инженерной психологии в качестве рекомендуемого размера отдельных знаков и элементов изображения.

**Поле зрения.** Поле зрения человека показано на рис.2.11. Условно все поле зрения можно разбить на три зоны: центрального зрения ( $4\text{--}10^\circ$ ), где возможно наиболее четкое различение деталей; ясного видения ( $30\text{--}35^\circ$ ), где при неподвижном глазе можно опознать предмет без различения мелких деталей; периферического зрения ( $75\text{--}90^\circ$ ), где предметы обнаруживаются, но не опознаются. Зона периферического зрения играет большую роль при ориентации во внешней обстановке. Объекты, находящиеся в этой зоне, легко и быстро могут быть перемещены в зону ясного видения с помощью установочных движений (скачков) глаз и головы (рис. 2.12) – (рис.2.14).

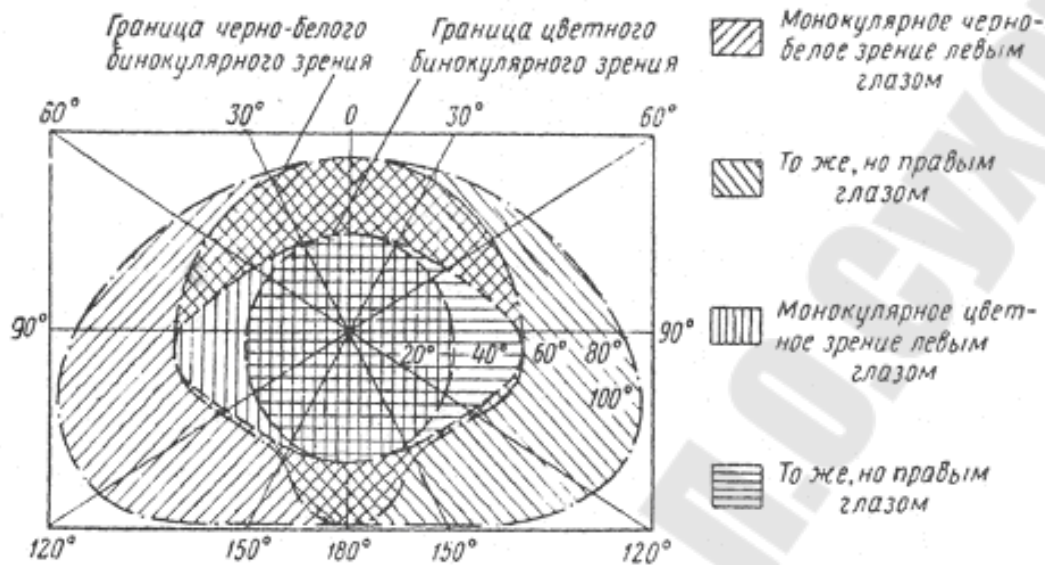


Рис. 2.11. Поле зрения человека

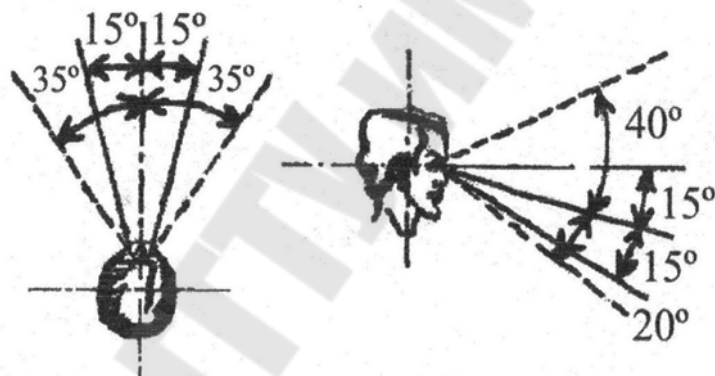


Рис. 2.12. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте глаз

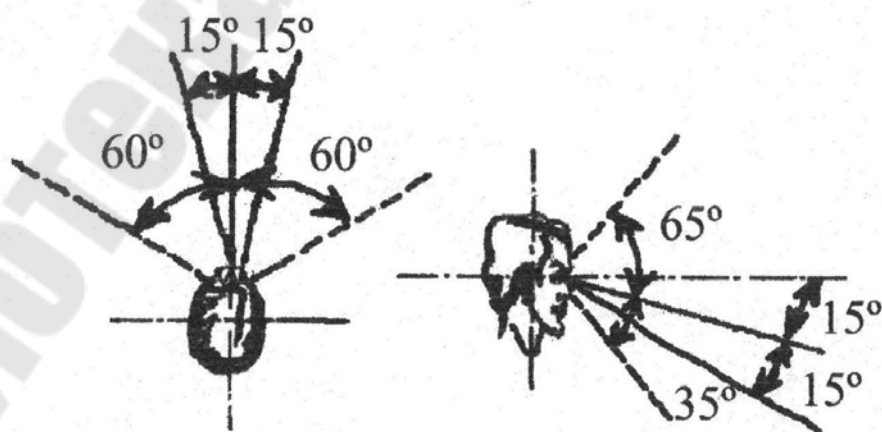


Рис. 2.13. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте головы

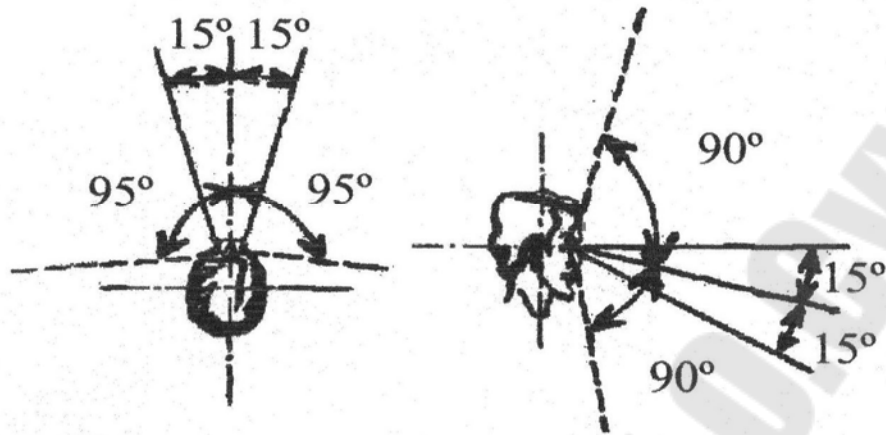


Рис. 2.14. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте головы и глаз

**Объем зрительного восприятия.** Объем зрительного восприятия определяется числом объектов, которые может охватить и запомнить человек в течение одной зрительной фиксации. При предъявлении не связанных между собой объектов объем зрительного восприятия составляет 4–8 элементов. Следует отметить, что объем воспроизведенного материала определяется не столько объемом восприятия, сколько объемом памяти. В зрительном образе может отражаться значительно большее число объектов, однако они не могут быть воспроизведены из-за ограниченного объема памяти. Следовательно, практически важно учитывать не столько объем восприятия, сколько объем памяти. Для нормальной работы оператора необходимо, чтобы в центральное поле зрения, ограниченное углом 4–10°, попадало не более  $6 \pm 2$  элемента (рис. 2.15).

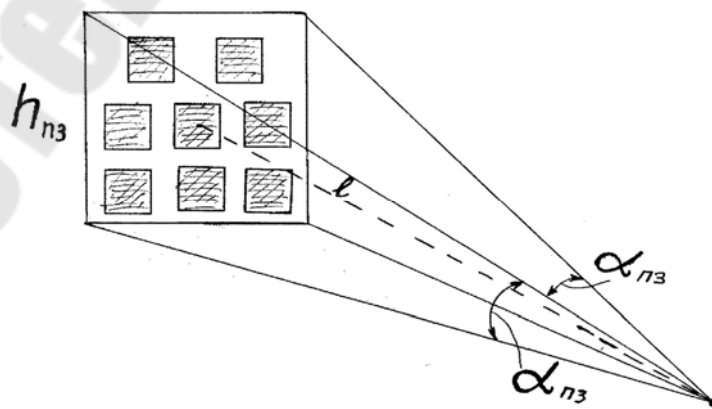


Рис. 2.15. Объем зрительного восприятия

## 2.12 Временные характеристики зрительного анализатора

Временные характеристики зрительного анализатора определяются временем, необходимым для возникновения зрительного ощущения при тех или иных условиях работы оператора. К ним относятся: латентный (скрытый) период, длительность инерции ощущения, критическая частота мельканий, время адаптации, время информационного поиска.

**Латентным периодом** называется промежуток времени от момента подачи сигнала до момента возникновения ощущения. Это время зависит от интенсивности сигнала (чем сильнее раздражитель, тем реакция на него короче), его угловых размеров, значимости сигнала (реакция на значимый для оператора сигнал короче, чем на сигналы, не имеющие значения для оператора), сложности работы оператора (чем сложнее выбор нужного сигнала среди остальных, тем реакция на него будет больше), возраста и других индивидуальных особенностей человека. В среднем для большинства людей латентный период зрительной реакции лежит в пределах 160–240 мс.

Временная диаграмма работы зрительного анализатора показана на рис. 2.16. В промежутке времени  $t_0-t_3$  на глаз человека действует световой сигнал. Зрительное ощущение этого сигнала начинается не в момент времени  $t_0$ , а в момент  $t_1$ . Промежуток времени  $t_0-t_1$  представляет собой латентный (скрытый) период зрительного анализатора.

Зрительное ощущение, возникнув в момент времени  $t_1$ , развивается не сразу, а постепенно и достигает своего максимального значения в момент  $t_2$ , после чего оно сохраняется в течение всего времени действия сигнала (раздражителя). После окончания воздействия раздражителя (момент  $t_3$ ) зрительное ощущение исчезает не сразу, а также постепенно и заканчивается в момент  $t_4$ . Промежуток времени  $t_3-t_4$  носит название длительности инерции ощущения. Длительностью инерции ощущения называется промежуток времени от момента прекращения действия сигнала до момента полного отсутствия ощущения. Для большинства людей длительность инерции ощущения составляет 10–120 мс.

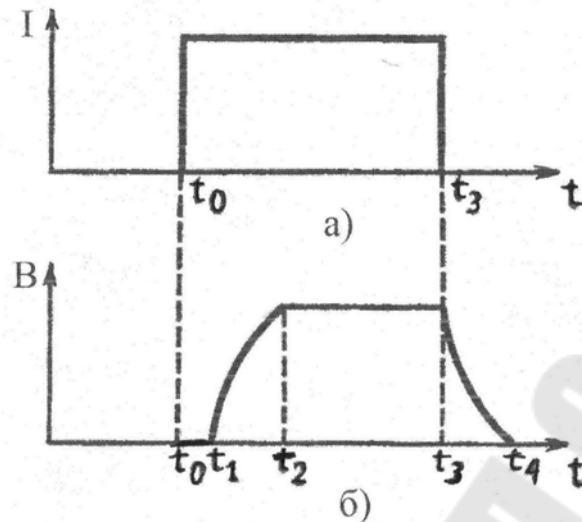


Рис. 2.16. Временная диаграмма работы зрительного анализатора: *a* – входной сигнал; *б* – принятый сигнал

Рассмотренные особенности работы зрительного анализатора следует учитывать при организации деятельности оператора. Прежде всего, время действия сигнала не должно быть меньше латентного периода. В противном случае воспринимаемый контраст и интенсивность сигнала будут во столько раз меньше действительных значений, во сколько раз время действия сигнала меньше латентного периода.

Однако этого еще не достаточно для правильного опознания сигнала. Для опознания необходимо дополнительное время, так называемый «выяснительный период», который обычно не может быть меньше 0,1 с. При трудном различении (сложности знаков) процесс опознания становится еще более медленным, составляя для знаков средней сложности более 0,2 с, а для знаков повышенной сложности – более 0,6 с.

Если же возникает необходимость в последовательном реагировании оператора на дискретно появляющиеся сигналы, то период их следования должен быть не меньше времени сохранения ощущения, равного 0,2–0,5 с. В противном случае будет замедляться точность и скорость реагирования, поскольку во время прихода нового сигнала в зрительной системе оператора еще будет оставаться образ предыдущего сигнала.

**Критическая частота мельканий.** Зрительная система человека обладает определённой инерционностью при быстрой смене световых раздражителей, которые после определённого порога, называемого «критической частотой слияния световых мельканий» (КЧСМ),



воспринимаются как непрерывный сигнал. На этом эффекте работают системы кино и телевидения, предъявляющие на короткое время изображение в виде последовательности картинок. КЧСМ, в зависимости от параметров предъявляемого сигнала и функционального состояния зрительного анализатора, изменяется в диапазоне от 14 до 70 Гц.

Зависимость критической частоты мельканий от яркости подчинена основному психофизическому закону:

$$f_{кр} = k \lg B + c,$$

где  $k$  и  $c$  – константы, зависящие от размеров и конфигурации знаков, а также от спектрального состава мелькающего изображения.

Из формулы и рисунков 2.17, 2.18 видно, что снижение величины  $f_{кр}$ , если это необходимо по каким-либо техническим причинам, может быть достигнуто путем уменьшения яркости знака, уменьшения его размеров или упрощения конфигурации. При обычных условиях наблюдения величина критической частоты мельканий лежит в пределах 15–25 Гц. При зрительном утомлении она несколько понижается.

Вопрос о частоте мельканий имеет большое значение при решении двух видов инженерных задач. В тех случаях, когда необходимо, чтобы мелькания не замечались (например, при проектировании изображения на экран, в технике кино и телевидения), частота смены информации должна превышать  $f_{кр}$  и составлять не менее 40 Гц. При необходимости использовать мелькание для кодирования информации (например, для привлечения внимания оператора) следует иметь в виду, что наименьшее зрительное утомление будет при частоте мельканий 3–8 Гц.

**Время адаптации.** В процессе адаптации в значительной степени (до 1012 раз) меняется чувствительность зрительного анализатора. Различают два вида адаптации: темновую (при переходе от света к темноте) и световую (при переходе от темноты к свету). Время адаптации зависит от ее вида и составляет десятки минут при темновой адаптации (рис. 2.19) и единицы минут при световой (рис. 2.20).

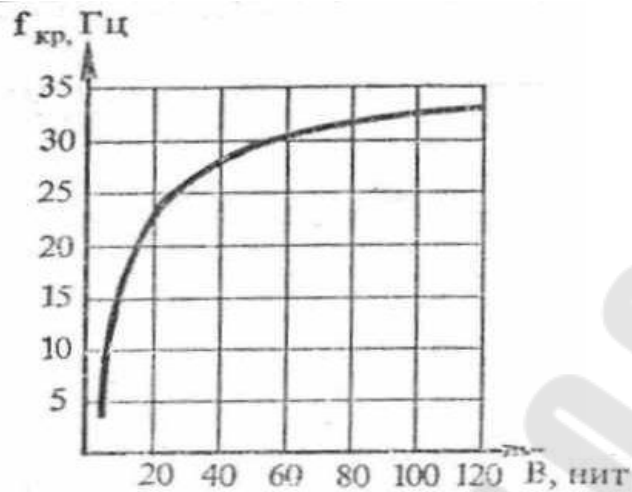


Рис. 2.17. Зависимость критической частоты мельканий от яркости

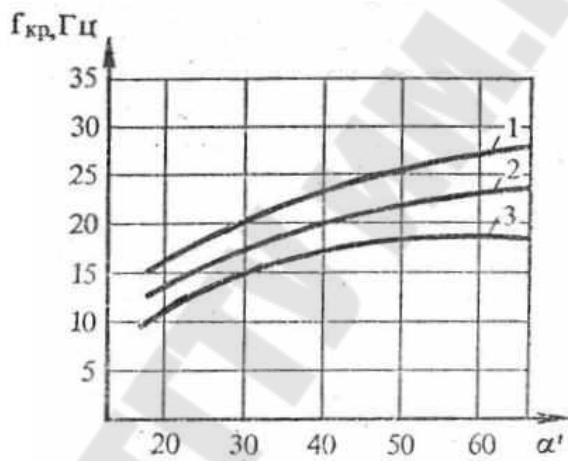


Рис. 2.18. Зависимость критической частоты мельканий от размеров и конфигурации знаков (1,2,3 – соответственно знаки сложной, средней и простой конфигурации)

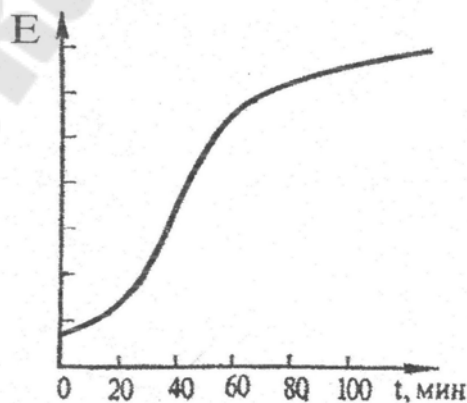


Рис. 2.19. График изменения чувствительности глаза при темновой адаптации

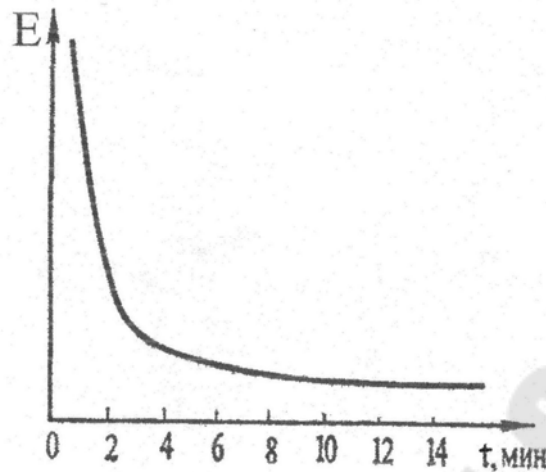


Рис. 2.20. График изменения чувствительности глаза при световой адаптации

**Время информационного поиска.** Большую роль в процессе зрительного восприятия играют движения глаз. Они делятся на поисковые (установочные) и гностические (познавательные).

С помощью поисковых движений осуществляется поиск заданного объекта, установка глаза в исходную позицию и корректировка этой позиции. Длительность поисковых движений определяется углом, на который перемещается взор.

К гностическим движениям относятся движения, участвующие в обследовании объекта, его опознании и различении деталей объекта. Основную информацию глаз получает во время фиксации, то есть во время относительно неподвижного положения глаза, когда взор пристально устремлен на объект. Во время скачка глаз почти не получает никакой информации. Если продолжительность скачка в среднем составляет  $0,025$  с, то продолжительность фиксации в зависимости от условий восприятия составляет  $0,25$ – $0,65$  с и более. Результаты исследований показывают, что общее время фиксаций составляет  $90$ – $95\%$  от общего времени поиска.

Фиксации неотделимы от микродвижений глаз. В ряде опытов при помощи специального устройства изображение объекта стабилизировалось относительно сетчатки глаза, то есть изображение не перемещалось по сетчатке. Уже через  $2$ – $3$  с после стабилизации человек переставал видеть объект. Следовательно, движения глаз являются необходимым условием зрительного восприятия.

Для некоторых видов операторской деятельности процесс восприятия сводится к информационному поиску – нахождению на уст-

ройстве отображения объекта с заданными признаками. Такими признаками может быть проблесковое свечение, особая форма или цвет объекта, отклонение стрелки прибора за допустимое значение и т. д. Задача оператора заключается в нахождении такого объекта и характеризуется временем, затраченным на поиск (табл.2.1).

Таблица 2.1. Средняя длительность зрительной фиксации в различных задачах информационного поиска

Задача	$t_{ф}$ , мс	Задача	$t_{ф}$ , мс
Поиск отметки на экране РЛС . . . . .	370	Поиск простых геометрических фигур . . . . .	200
Чтение буквы или цифры	310	Фиксация загорания (погасания) индикатора . . . . .	280
Поиск условных знаков	300	Ознакомление с ситуацией, обозначенной условными знаками . . . . .	640

Основные требования к организации информационного поля с точки зрения минимизации времени поиска:

- элементы поля следует располагать так, чтобы в центральное поле зрения, ограниченное зоной  $10^\circ$ , попадало не более чем 4–8 объектов;
- следует по возможности уменьшать объем поля, не допуская нахождения в нем ненужных элементов;
- искомые элементы следует выделять таким образом, чтобы обеспечить наименьшее время фиксации.

Очень тесно с временными характеристиками зрительного анализатора связано и восприятие движущихся объектов. Минимальная скорость движения, которая может быть замечена глазом, зависит от наличия в поле зрения фиксированной точки отсчета. При наличии такой точки абсолютный порог восприятия скорости равен 1–2 угл. мин/с, без нее – 15–30 угл. мин/с.

### 2.13 Характеристики слухового анализатора

Слуховой анализатор — второй после зрения по значимости канал получения информации человеком. На его основе формируется

речевой способ передачи информации, являющийся одним из самых эффективных методов человеческой коммуникации.

В процессе функционирования слухового анализатора в сознании человека формируется ощущение звука. Чувствительность слухового анализатора, как и зрительного, близка к абсолютной и позволяет в условиях абсолютной тишины слышать механические колебания, вызываемые трением молекул при броуновском движении. Парное взаимодействие ушей реализует «бинауральный эффект» или стереоэффект, позволяющий локализовать в пространстве точечный источник звука и выделить направление его перемещения.

Воздействие звуковых колебаний на органы слуха вызывает ощущения в виде громкости, высоты, тембра звука. Громкость звука связана с интенсивностью звукового давления (табл.2.2), и её максимальное значение в виде порога болевого ощущения составляет 140 дБ интенсивности давления. Минимальная амплитуда колебания среды, вызывающая ощущение звука, составляет 0.000000009 см. Чувствительность уха к колебаниям различной частоты неодинакова и максимальна в диапазоне 2000-4000 Гц.

С возрастом слуховая чувствительность на высоких частотах падает на 20 и более децибел.

При поступлении на органы слуха звуковых сигналов разной частоты наступает «**эффект маскировки**», выражающийся в снижении слышимости полезного сигнала.

Наиболее сильно нам мешают звуки, состоящие не из одной или двух очень интенсивных частот, а являющиеся сложной смесью множества частот — «белый шум».

Воздействие на органы слуха группы колебаний (спектра) вызывает ощущение «окраски звука» — тембра, позволяющего человеку определить источник звука.

Подача последовательной серии звуковых сигналов при уменьшении интервалов между ними вызывает эффект «**критической частоты слияния звука**» (КЧСЗ), который наступает при частоте звуковых последовательностей около 35-70 Гц, и сильно зависит от условий восприятия и психофизиологического состояния человека.

Таблица 2.2. Звуковые давления и уровни, часто встречающиеся в жизненных ситуациях

Звуковое давление, <i>Па</i>	Уровень давления, <i>дБ</i>	Источник звука
0.00002	0	Порог слышимости
0.000063	10	Шелест листвы
0.0002	20	Студия звукозаписи
0.002	40	Библиотека
0.0063	50	Тихое конторское помеще- ние
0.02	60	Разговорная речь (на рас- стоянии 1 м)
0.063	70	Радиопередача средней громкости
0.1	74	Дорожный шум днём
0.2	80	Типичная фабрика
0.63	90	Поезд метро
2	100	Симфонический оркестр
6.3	110	Рок-группа
20	120	Взлёт реактивного самолё- та
200	140	Болевой порог

**Восприятие речевого сигнала** Человеческая речь лежит в диапазоне около 300-4000 Гц. Основной спектр в диапазоне 1000 Гц. Понимание речевых сообщений зависит от темпа их передачи, наличия интервалов между словами и фразами. Оптимальным считается темп 120 слов в минуту. Интенсивность речевых сигналов должна превышать интенсивность шумов не менее чем на 6.5 дБ. Оpozнание речевых сигналов зависит от длины слова. Многосложные слова правильно распознаются лучше, чем односложные, что объясняется наличием в них большего числа опознавательных признаков. Более точно распознаются слова, начинающиеся с гласного звука. На восприятие слов решающее влияние оказывают их синтаксические и фонетические закономерности. Установление синтаксической связи между словами во многих случаях позволяет восстановить пропущенный сигнал.

При переходе к фразам оператор воспринимает не разрозненные, отдельные сигналы, а грамматические структуры, порождающие смысловое содержание сообщения. Оптимизация звукового и речевого взаимодействия оператора в СЧМ имеет сложный характер и требует учёта специфики взаимодействия анализаторных систем между собой, а также содержания циркулирующей в СЧМ текстовой справочной и управляющей информации.

## **2.14 Характеристики тактильного анализатора**

Существующие способы передачи информации человеку рассчитаны в основном на зрительный и слуховой анализаторы, которые в силу этого нередко оказываются перегруженными. Возникает вопрос о возможности использования других сенсорных каналов, в частности, тактильного. Осязательный образ формируется на основе синтеза массы тактильных и кинетических сигналов. Наиболее четко воспринимается раздражение прикосновения (тактильные раздражения) дистальных частей тела, особенно кончиков пальцев. Абсолютный порог чувствительности на дистальных частях тела обладает широким диапазоном – от 3 до 300 мг/мм<sup>2</sup>. Порог различения (дифференциальный порог) равен примерно 0,07 исходной величины давления. Временной порог тактильной чувствительности равен 130 мс. Пространственный порог колеблется от 1 до 67 мм.

Поскольку осязательное восприятие есть развернутый процесс, то скорость приема информации здесь невелика. По этому показателю осязание значительно уступает зрению. Однако в ходе тренировки наблюдается редукция ощупывающих движений и повышение роли тактильных компонентов осязания. При определенных условиях возможно точное опознание несложного объекта при простом прикосновении.

Тактильный анализатор используется для передачи информации человеку редко. Однако в некоторых случаях его использование может способствовать повышению эффективности деятельности человека-оператора. Так, применение «тактильного кода» (простые геометрические фигуры) может повысить скорость и точность действий оператора (рис. 2.21) и (рис. 2.22). Этому способствуют и специально разработанные формы клавиатур (рис. 2.23).



Рис. 2.21. Формы рукояток для безошибочного тактильного распознавания

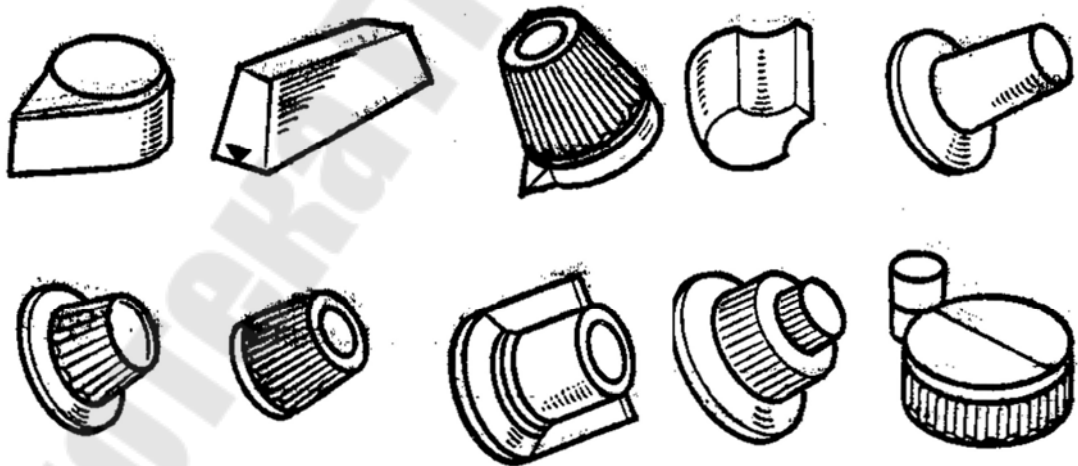


Рис. 2.22. Легко различимые на ощупь формы ручек управления





Рис. 2.23 Специальные формы клавиатуры

При нарушении зрения роль тактильного анализатора резко возрастает. У слепого и слепоглохого человека он становится основным каналом, по которому информация о внешней среде передается в мозг. При определенной тренировке человек может научиться различать с высокой точностью тактильные и особенно вибрационные сигналы.

## 2.15 Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем

Помимо рассмотренных анализаторных систем, являющихся классическим объектом изучения инженерной психологии, в ряде видов деятельности важны обонятельный, вкусовой и вестибулярный анализаторы. Среди них необходимо выделить **вестибулярный**, обеспечивающий восприятие изменения положения головы (и тела) в пространстве и направления движения тела. Роль этого анализатора проявляется при попадании человека в необычные гравитационные условия, препятствующие его нормальной работе, такие, как невесомость, движение в условиях ускорений с резкой сменой направления движения.

Все анализаторы функционируют не изолированно друг от друга, а сложным образом связаны, обеспечивая единство восприятия окружающего мира, состояния организма, предупреждая человека о наступлении жизненно важных ситуаций и состояний.

Нарушение процесса синхронного взаимодействия перцептивных систем вызывает изменения в нормальном функционировании

психики, её отражательных и регуляторных механизмах. Особенно отчётливо эти эффекты проявляются в профессиях, связанных с необычными сенсорными стимуляциями. Так, широко отмечаются эффекты нарушения пространственной ориентации в деятельности лётчиков, укачивания у моряков, нарушения схемы тела у космонавтов. В исследованиях внутривестибулярных взаимодействий у лётчиков отмечено влияние вестибулярного аппарата на нормальную работу глазодвигательной системы. Показано, что нарушение взаимодействия вестибулярной системы, механорецепторных полей и зрительной информации приводит к сенсорному конфликту.

В литературе широко описаны феномены болезни движений — кинетоза, возникающего у нормальных здоровых людей как реакция на непривычные формы движения.

Метод сурдокамерного испытания позволил выявить следующие источники происхождения необычных психических состояний у здоровых людей: ориентация в ситуациях с затруднениями в восприятии информации; перестройка взаимоотношений человека с самим собой в условиях изоляции; повышенная сонливость; типичная динамика ситуационно-обусловленной эмоциональной напряжённости.

Необычные свойства физической среды, например, условия невесомости, также ведут к значительной перестройке работы систем организма, в том числе и психической сферы человека.

Отметим важную особенность действия сенсорных (воспринимающих) систем человека — их контекстуальную зависимость: свойства анализаторных систем сильно зависят от использования мозгом принимаемой информации. В отношении «значимой» информации повышается чувствительность анализаторов и, наоборот, понижается, если она расшифровывается человеком как ненужная.

Система анализаторов человека является многоканальной и обладает огромными возможностями по приему информации. Однако при разработке и создании индикаторных устройств эти возможности используются далеко не полностью. В основном технические средства отображения рассчитываются на визуальный прием информации, и гораздо реже используется слуховой канал. Остальные анализаторы почти никогда не принимаются в расчет. Стремление конструкторов все сигналы переводить только в визуальную форму приводит к перегрузке зрительного анализатора.

Проблема разгрузки зрения является частью более общей проблемы выбора вида анализатора и рационального распределения по-

ступающей информации между разными анализаторами. Необходимо также учитывать, что каждый анализатор в отношении приема сигналов имеет свои преимущества и свои недостатки. Так, слух имеет некоторые преимущества в приеме непрерывных сигналов, а зрение – в приеме дискретных. Время простой реакции на звук меньше, чем на свет, но самая короткая реакция – на тактильный раздражитель. Слуховой и зрительный анализаторы принимают информацию, находясь на расстоянии от ее источника, а тактильный – при непосредственном воздействии (прикосновении). Различна и разрешающая способность анализаторов. В некоторых случаях средством повышения надежности передачи информации может быть дублирование сигнала в разных модальностях, то есть одновременная или последовательная посылка его к разным анализаторам. Это средство особенно целесообразно использовать при передаче сигналов о маловероятных событиях. Однако необходимо отметить, что при решении оператором сложных задач, особенно если оператор не имеет достаточной тренировки, дублирование сигнала в разной модальности может вызвать дополнительные трудности. В результате надежность работы оператора может быть снижена.

Таким образом, при проектировании и выборе индикаторов кроме изучения возможности только соответствующего анализатора, необходимо учесть межанализаторные связи и те общие условия, в которых будет работать человек-оператор. Определяя оптимальный способ сигнализации об управляемых объектах, необходимо по возможности учитывать всю систему раздражителей, действующих на все анализаторы человека.

## **2.16 Антропометрические характеристики человека**

Для снижения утомления, повышения производительности и предотвращения патологических изменений в организме человека важно учитывать особенности строения и размеры тела человека при проектировании системы «Человек-машина».

Размеры и пропорции тела человека определяются полом, расой, возрастом, местом жительства и другими факторами. Антропометрические характеристики включают различные размеры человеческого тела.

Антропометрические характеристики делятся на статические и

динамические.

К **статическим характеристикам** относятся размеры головы, рук, туловища и др. Они используются для определения размеров конструктивных параметров рабочего места оператора или изделия (высота, ширина, глубина и др.), определения диапазона изменения в случае их регулировки, а также при проведении инженерно-психологической оценки и конструирования манекенов.

Наиболее часто используемые при организации рабочего места и инженерно-психологической оценки СЧМ антропометрические характеристики (размеры туловища) приведены на рис. 2.24 и в табл. 2.3.

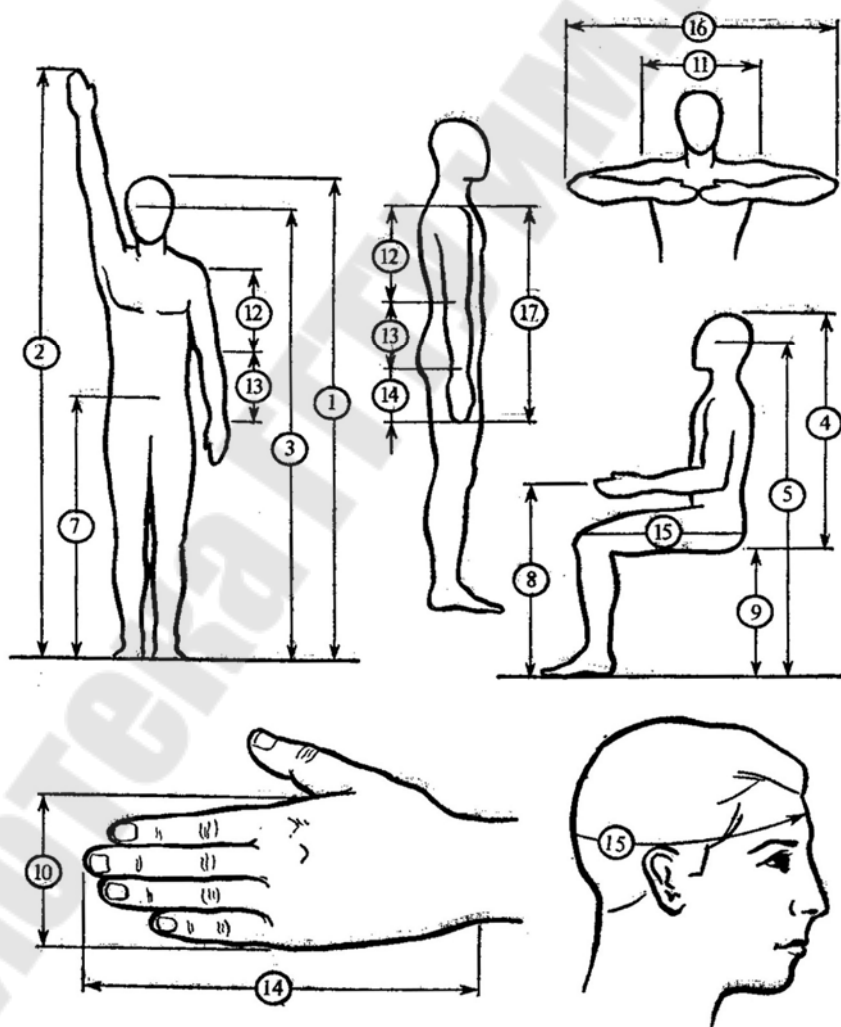


Рис. 2.24. Антропометрические характеристики человека

К динамическим характеристикам относятся амплитуды движения головы, рук, ног. Они используются для определения объема рабочих движений, зон досягаемости и видимости. По ним рассчитывается пространственная организация рабочего места оператора, размеры пультов управления, биомеханические модели и манекены (рис. 2.25), (рис. 2.26), (табл. 2.4).

Таблица 2.3. Антропометрические характеристики взрослого населения

Наименование характеристики	Номер позиции	Величина характеристики			
		Мужчины		Женщины	
		$M_p$ , см	$\sigma_p$ , см	$M_p$ , см	$\sigma_p$ , см
Рост в положении стоя . . . . .	1	167,8	5,8	156,7	5,7
Высота от пола до поднятой руки, сжатой в кулак . . . . .	2	203,8	8,3	190,2	7,5
Высота глаз в положении стоя . . . . .	3	156,9	5,8	145,8	5,5
Рост в положении сидя от поверхности сиденья . . . . .	4	88,7	3,1	84,1	3,0
Рост в положении сидя . . . . .	5	130,9	4,3	121,1	4,5
Высота пальцевой точки руки над полом . . . . .	6	61,9	3,3	58,4	3,6
Длина ноги . . . . .	7	90,1	4,3	83,5	4,1
Высота от пола до локтя . . . . .	8	65,4	3,3	60,5	3,5
Высота от пола до сиденья . . . . .	9	42,2	2,2	37,0	2,2
Ширина кисти . . . . .	10	9,0	1,0	8,0	1,0
Ширина плеч . . . . .	11	41,0	2,0	37,0	1,8
Длина плеча . . . . .	12	32,7	1,7	30,2	1,6
Длина предплечья . . . . .	13	25,2	1,0	22,5	0,9
Длина кисти . . . . .	14	19,0	1,0	17,5	0,9
Охват головы . . . . .	15	56,7	1,4	55,8	1,7
Расстояние между локтями на уровне плеч . . . . .	16	93,5	3,1	91,9	2,9
Длина руки . . . . .	17	74,3	3,3	66,6	3,1

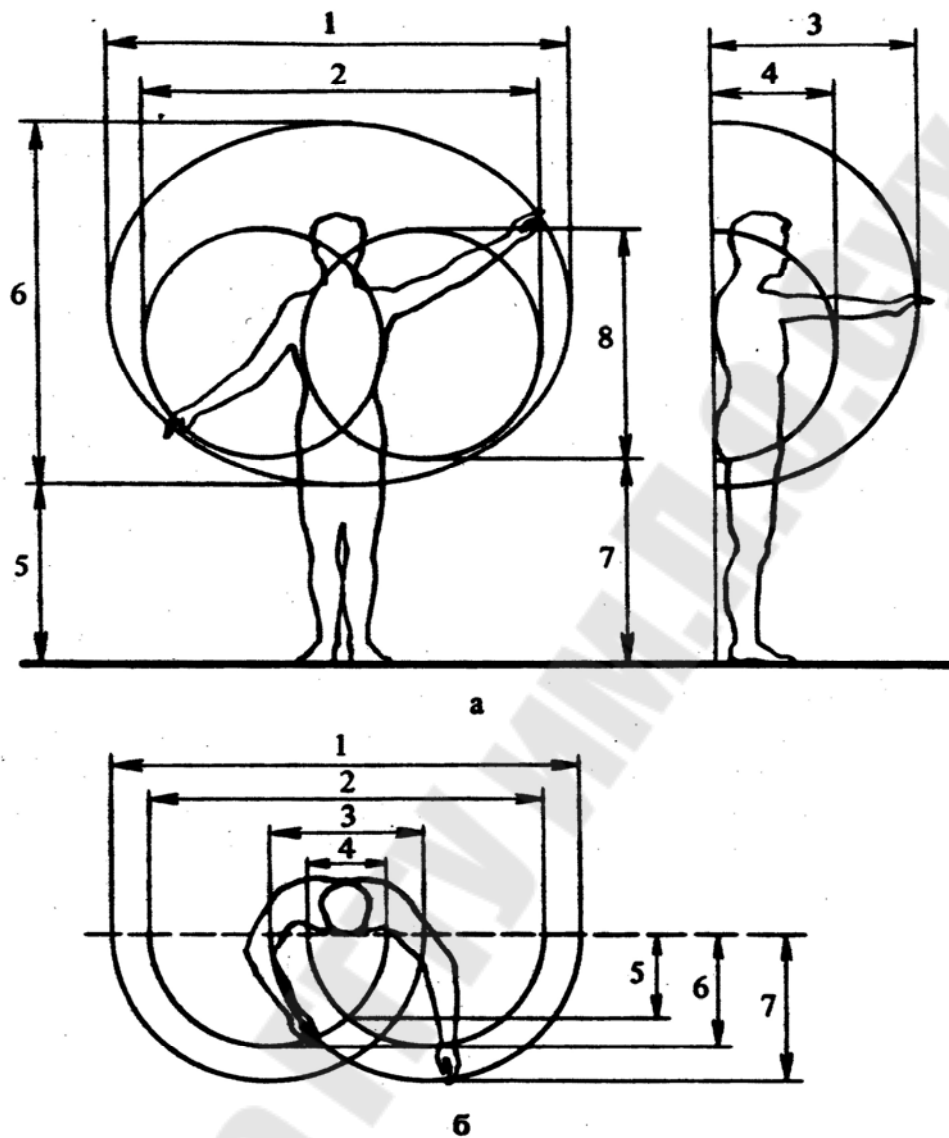


Рис. 2.25. Зоны досягаемости рук человека:

а)– в вертикальной плоскости (1,3,6 – зоны максимальной досягаемости; 2,4,8 – зоны допустимой досягаемости); б) – в горизонтальной плоскости (1,7 – зоны максимальной досягаемости; 2, 6 – зоны допустимой досягаемости; 3,5 – зоны оптимальной досягаемости)

Таблица 2.4. Размеры зон досягаемости человека, мм

Номер позиции	В вертикальной плоскости		В горизонтальной плоскости	
	для женщин	для мужчин	для женщин	для мужчин
1	1400	1550	1370	1550
2	1100	1350	1100	1350
3	730	800	660	720
4	430	500	200	240
5	630	700	200	240
6	1260	1400	300	335
7	680	770	480	550
8	720	800	—	—

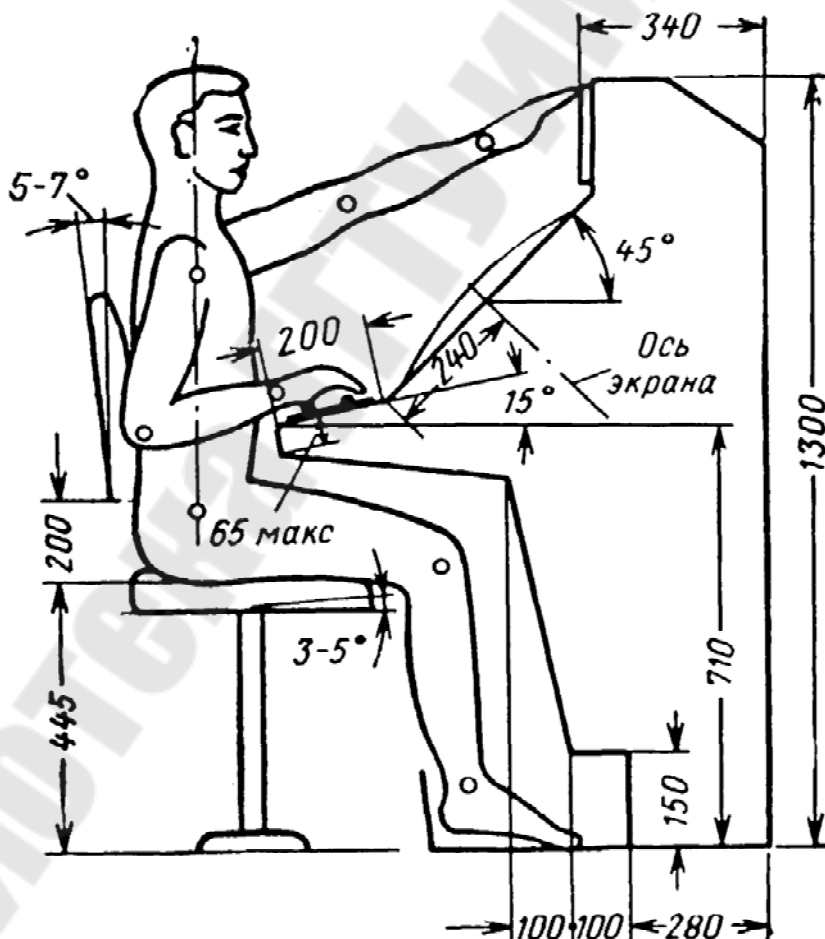


Рис. 2.26. Основные размеры пульта и стула при сидячей рабочей позе оператора

Приведенные характеристики получены для обнаженного тела. При использовании их на практике необходимо учитывать поправки на одежду и обувь, которые в зависимости от вида антропометрических характеристик могут составлять 5–30 мм для легкой одежды и 10–50мм для тяжелой одежды.

При практическом использовании антропометрических характеристик необходимо учитывать маскирующие антропометрические признаки. Например, за счет расслабления или легкого приподнятия тела происходит уменьшение или соответственно увеличение роста оператора на 40–50 мм; легкий наклон корпуса без напряжения на 2–10° вперед и в сторону при работе сидя и стоя способствует уменьшению расстояния до органов управления на 100–120мм; небольшой шаг в сторону или перенос центра тяжести с одной ступни на другую позволяет уменьшить расстояние до боковых элементов управления на 150–200мм и т.д.

**Порядок использования на практике рассмотренных антропометрических характеристик** заключается в следующем:

- определяется контингент людей, для которых предназначено данное оборудование;
- выбираются антропометрические характеристики, которые являются основными для определения размеров оборудования и необходимого рабочего пространства;
- устанавливается, какому проценту работающих должно удовлетворять данное оборудование, и находятся соответствующие ему значения антропометрических характеристик;
- учитываются соответствующие поправки на одежду и обувь (экипировку оператора).

## **2.17 Хранение и переработка информации оператором**

### **Постоянная и оперативная память.**

Основой деятельности человека-оператора является получение, сохранение, переработка и передача информации. Поэтому особенно памяти являются для оператора важнейшим профессиональным качеством. В деятельности оператора различают два основных вида памяти:

- статическую (постоянную);



– динамическую (оперативную).

Постоянная память связана с запоминанием, сохранением и воспроизведением многочисленных и разнообразных статических элементов системы управления. Оператор должен знать (помнить) управляемую систему во всех деталях и особенностях.

Оперативная память связана с запоминанием, сохранением и воспроизведением динамических (изменяющихся) элементов ситуации в их отношении к статической системе. Следовательно, под оперативной памятью понимаются процессы запоминания, сохранения и воспроизведения информации, получаемой и передаваемой при выполнении отдельного действия и необходимые для достижения частной цели, после чего они утрачивают свою актуальность. Длительность процессов оперативной памяти ограничивается длительностью осуществления данного действия.

Оперативная память, обеспечивая решение текущих задач оператора, играет важную роль в его деятельности. Исследованиями установлено, что большая часть ошибок оператора связана с процессами оперативной памяти. Наиболее важными ее характеристиками являются: объем, длительность сохранения информации, правильность (точность) воспроизведения информации и помехоустойчивость.

Объем оперативной памяти определяется тем количеством сигналов (стимулов), которые оператор способен запомнить после одного, как правило, кратковременного предъявления (восприятия). Различают объем памяти на статические и динамические сигналы. В первом случае оператор должен запомнить и воспроизвести неизменяемую последовательность сигналов. Ее объем составляет около 5–9 символов. Причем, чем меньше длина алфавита символов, тем больше объем памяти и наоборот. Во втором случае оператор должен не только хранить в памяти предъявляемую последовательность сигналов, но и следить за ее изменениями в соответствии с изменениями обстановки. Ее объем не превышает в этом случае 3–4 символов.

Длительность сохранения информации определяется тем промежутком времени, в течение которого оператор безошибочно воспроизводит полученную информацию. Физиологической основой процесса сохранения является способность нервных клеток мозга определенное время сохранять изменения, возникающие под влиянием внешних воздействий. Эти изменения являются «следом» памяти. Безошибочное воспроизведение информации возможно, пока затухание «следа» не достигнет некоторого критического значения. Соот-

ветствующий этому промежуток времени и определяет время сохранения информации.

Все параметры влияющие на продуктивность памяти (рис.2.27,2.28), можно разделить на 4 основные группы:

- информационные (количество предъявляемой информации, информативность символов, способ кодирования);
- структурно-пространственные (степень компактности, характер группировки);
- по признаку модальности (зрительный, слуховой);
- временные (длительность предъявления, характер предъявления).

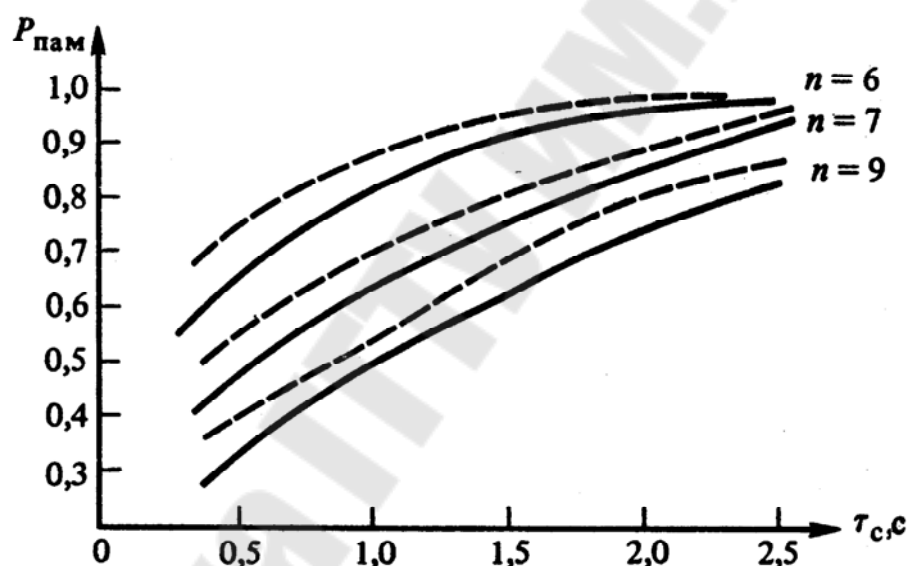


Рис. 2.27. Зависимость вероятности правильного воспроизведения от длительности предъявления символа  $\tau_c$  и длины последовательности  $n$ :

- - - при одновременном предъявлении;
- при последовательном предъявлении

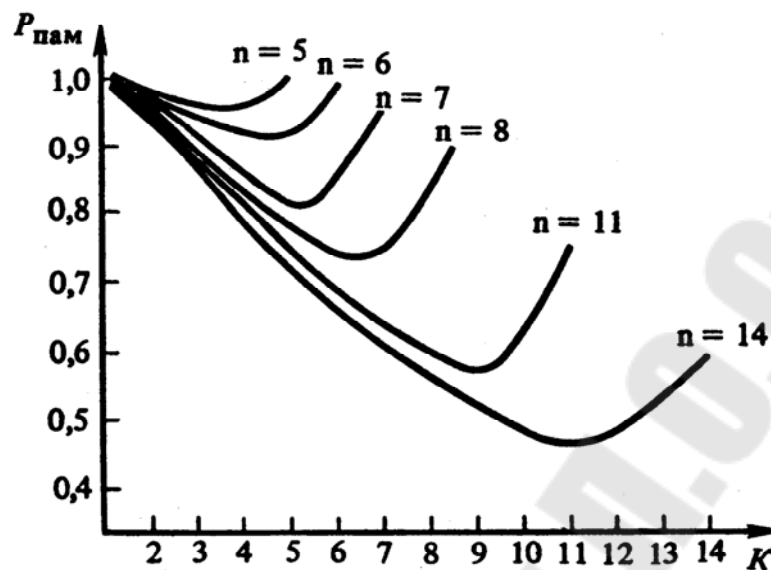


Рис. 2.28. Зависимость вероятности правильного воспроизведения от места символа в предъявляемой последовательности  $K$  и длины последовательности  $n$

#### **Долговременная и кратковременная память.**

В деятельности оператора участвуют также такие виды памяти как долговременная и кратковременная. Долговременная память характеризуется длительным запоминанием (после неоднократных предъявлений) и длительным сохранением информации. Кратковременная память характеризуется немедленным запоминанием (запоминанием с одного предъявления), немедленным воспроизведением и кратким временем хранения информации.

В ряде случаев постоянную память отождествляют с долговременной, а оперативную – с кратковременной. Однако такое отождествление не всегда правомерно. В основе деления памяти на кратковременную и долговременную лежит различие в длительности и характере (однократное или многократное) предъявления, сохранения и воспроизведения информации. В основе же деления памяти на постоянную и оперативную лежит различное участие этих видов памяти в деятельности оператора, обслуживание соответственно «стратегических» (конечных) и «тактических» (текущих) целей и задач деятельности. Поэтому постоянную память можно рассматривать как прошлый опыт, накопленную впрок информацию, а долговременную – как процесс запоминания (как правило на длительное время) после многократных предъявлений.

Между оперативной и кратковременной памятью также имеется принципиальное отличие, несмотря на то, что оба этих вида памяти объединяет относительно малое время процессов предъявления, сохранения и воспроизведения информации. Однако это время для кратковременной памяти определяется условиями предъявления и воспроизведения информации, а для оперативной памяти оно зависит от целей и задач деятельности.

Кроме того необходимо иметь в виду, что в процессе текущей деятельности для решения конкретной задачи оператор может использовать часть информации, усвоенной ранее.

В этом смысле видна определенная связь (а в ряде случаев и взаимопереходы) оперативной и долговременной памяти. Это дает основание утверждать в некоторых случаях то, что оперативная память занимает промежуточное положение между кратковременной и долговременной памятью.

## 2.18 Процессы памяти

На основании рассмотренного материала можно дать следующее описание процессов памяти.

В деятельности оператора участвуют различные виды памяти. Вновь поступающая информация направляется в оперативную память, имеющую вполне определенный (для данного оператора) объем. Информация сохраняется в оперативной памяти в течение времени хранения, определяемого длительностью «следа» памяти.

В случае, если объем поступившей информации превышает объем оперативной памяти или время хранения больше длительности «следа», то часть информации с некоторой вероятностью направляется в долговременную память, а остальная информация теряется.

**Время обработки информации** с участием долговременной памяти больше, чем с участием только оперативной памяти. Оно различается на величину, которая определяет время поиска информации в долговременной памяти. Общее время обработки информации в этом случае равно:

$$t_{OI} = t_{OI} + t_{ID} ,$$

где  $t_{OI}$  – время обработки информации в оперативной памяти;

$t_{ID}$  – время поиска информации в долговременной памяти.

Основными процессами памяти являются также запоминание, забывание и воспроизведение.

**Запоминание** зависит, с одной стороны, от особенностей воздействия отражаемых человеком предметов и явлений, а с другой стороны – от характера деятельности и психологического состояния оператора.

Для облегчения запоминания и увеличения объема памяти важнейшее значение имеет рациональная группировка исходного материала, переход на более крупные оперативные единицы запоминаемого материала, направленность на прочность запоминания (запоминание более прочно при установке запомнить материал на более длительное время, чем на более короткое). Объем и точность запоминания зависят не только от того, что человек сделал в прошлом, но и от того, что он предполагает делать в будущем. Запоминание произошедшего события зависит от того, насколько точно оно было предсказано.

**Забывание** – сложный и неравномерный процесс. Кривая забывания характеризуется резким падением вниз в первые часы после запоминания материала. Выделяют три вида (причины) забывания:

- потеря информации из-за ее не использования;
- потеря информации в результате интерференции (влияние предыдущей информации на последующую и наоборот);
- забывание, обусловленное мотивацией (установка на забывание ненужной информации).

**Воспроизведение** – извлечение информации, хранящейся в памяти. Оно может быть преднамеренным (произвольным) и непреднамеренным (непроизвольным). Эффективность воспроизведения зависит от организации хранимой информации. Воспроизведение – сложный процесс, включающий определенное преобразование информации.

## 2.19 Мышление и его виды

Мышление – активный процесс отражения объективного мира в человеческом мозге в форме суждений, понятий, умозаключений. Мышление связано с речью. В отличие от ощущений, восприятий и представлений мышление есть процесс обобщенного и опосредствен-

ного отражения действительности. Различают наглядно-действенное, наглядно-образное, словесно-логическое, теоретическое и оперативное мышление.

**Наглядно-действенное** – анализ и синтез познаваемых объектов в процессе практической деятельности с ними.

**Наглядно-образное** – процесс трансформации перцептивных образов и представлений объектов.

**Словесно-логическое** (понятийное) – процесс отражения в сознании человека существенных связей и отношений между предметами и явлениями материального мира.

**Теоретическое** – выступает в форме отвлеченных понятий и рассуждений.

**Оперативное мышление** – процесс решения практических задач, в результате которого формируется субъективная модель предполагаемой совокупности действий, обеспечивающей решение поставленной задачи. Оно включает выявление проблемной ситуации и систему мысленных и практических преобразований. Основными компонентами оперативного мышления являются:

- структурирование;
- динамическое узнавание;
- формирование алгоритма решения.

Структурирование – образование более крупных единиц на основе связывания элементов ситуации между собой. Динамическое узнавание – узнавание частей конечной ситуации в исходной проблемной ситуации. Формирование алгоритма решения – выработка принципов и правил решения задачи.

Наиболее важными для оператора являются оперативное и наглядно-образное мышление.

## 2.20 Принятие решения оператором

На основании принятой и проанализированной информации оператор принимает необходимое решение по управлению. Процедура принятия решения является центральной на всех уровнях приема и переработки информации.

В самом общем виде процедура принятия решения включает формирование последовательности целесообразных действий для достижения цели на основе преобразования исходной информации.

К основным объективным и субъективным условиям, определяющим реализацию процессов решения в деятельности оператора, можно отнести:

– наличие дефицита информации и времени, стимулирующих «борьбу» гипотез (рис.2.29).

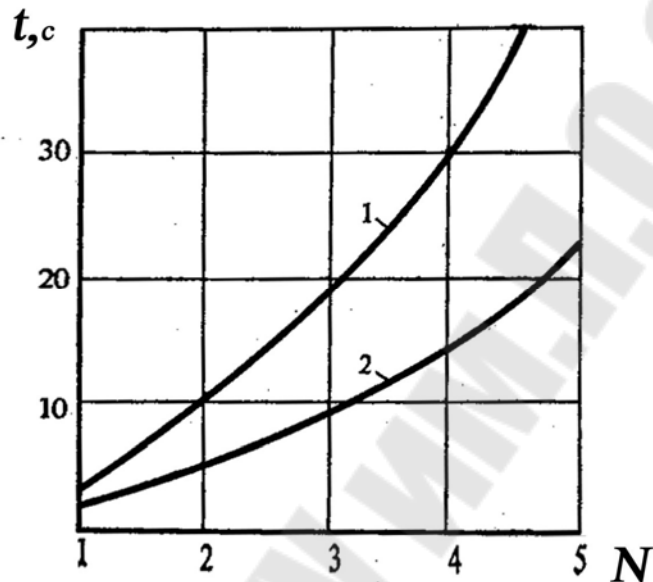


Рис. 2.29. Время принятия решения в зависимости от числа проверяемых оператором логических условий: 1– при дефиците информации; 2– в спокойных условиях

– наличие некоторой неопределенной ситуации, определяющей «борьбу» мотивов у субъекта, принимающего решение;

– осуществление волевого действия, обеспечивающего преодоление неопределенности, выбор гипотезы и принятие на себя той или иной ответственности.

Условия принятия решения во многом зависят от степени неопределенности. Различают следующие виды неопределенности:

– неопределенность, обусловленная большим числом объектов, включенных в ситуацию (избыток информации);

– неопределенность, вызванная недостатком информации;

– неопределенность, порожденная слишком высокой «платой» за определенность, вносимую субъектом, принимающим решение.

Однако в любом случае в процессе принятия решения необходимо разумное снижение неопределенности.

Проблема выработки и принятия решения условно имеет сле-

дующие аспекты:

- логико-психологический;
- операциональный;
- функционально-динамический;
- формализованный;
- личностный.

С логико-психологической точки зрения процесс переработки информации и принятия решения связан: с формулированием задачи; поиском, накоплением и анализом информации, необходимой для принятия решения; с выявлением и оценкой проблемной ситуации; с построением системы гипотез; с реализацией выдвинутой программы действий.

С операциональной точки зрения процедура принятия решения складывается из информационной подготовки и собственно принятия решения.

Функционально-динамический аспект принятия решения связан с реализацией комплекса внутренних психологических механизмов. Организация процесса принятия решения в этом случае достаточно сложна и требует взаимодействия различных психологических механизмов.

Формализованный аспект описания процедуры принятия решения складывается из двух частных проблем: количественного описания входных и выходных данных и формализованного описания самих процессов. Для решения первой проблемы используется различный математический аппарат (теория игр, теория массового обслуживания, факторный анализ и т.п.). Решение второй проблемы значительно сложнее. Формальное описание процессов принятия решений возможно лишь на основе использования методов, обладающих определенными лингвистическими возможностями (например, аппарат формальных грамматик).

Личностный аспект связан с влиянием мотивационно-установочной и эмоционально-волевой сфер на протекание информационных процессов.

Принятие решения весьма индивидуально. На основе выявления индивидуальных типологических различий предложена классификация типов решений, при которой учитывается соотношение процессов построения (П) и контроля выдвигаемых гипотез (К). В зависимости от этого различают следующие типы решений:

П>>К – импульсивные решения (процессы построения гипотез



резко преобладают над контрольными процессами);

$P > K$  – решения с риском;

$P = K$  – уравновешенные решения;

$P < K$  – осторожные решения;

$P \ll K$  – инертные решения (контрольные процессы резко преобладают над процессами построения гипотез, протекающими медленно и неуверенно).

Наиболее эффективными при наличии необходимых знаний оказываются операторы, склонные к принятию решений с риском, но обладающие осмотрительностью.

На процессы принятия решения большое влияние оказывает и «эмоциональный феномен», обеспечивающий снятие неопределенности на основе действия механизмов эмоций. Экспериментально показано, что без эмоциональной активации невозможно решение субъективно сложной мыслительной задачи. Эта активация порождается как общей ситуацией, в которой протекает деятельность (ситуационные эмоции), так и результатом интеллектуального процесса (интеллектуальные эмоции). При решении простых задач роль ситуационных эмоций разного знака однозначна. При решении творческих задач отрицательные эмоции могут играть положительную роль. Поэтому можно говорить об управлении процессами решений за счет искусственно создаваемой эмоциональной активации.

Интересными являются также результаты исследований мотивационных основ решения задачи. Эксперименты проводились в группах с разной мотивационной установкой: сделать как можно лучше; сделать не хуже других; лишь бы сделать. Эффективность решения задачи в первой группе оказалась в 1,5 раза выше, чем во второй и в 2 раза выше, чем в третьей.

## 2.21 Управляющие действия оператора

Принятое оператором решение только тогда имеет смысл, когда оно правильно и своевременно будет реализовано. Реализация решения осуществляется путем ввода необходимой информации в машину (РЭС). Для этого используются «выходные» каналы человека: двигательный (моторный) и речевой. Подавляющее число управляющих действий оператор осуществляет посредством движений. С помощью речевого управления пока можно решать лишь ограниченный круг за-

дач.

Любое управляющее движение состоит из множества элементарных движений, объединенных механизмом центральной регуляции в целостную структуру.

По своему назначению управляющие движения можно разделить на три группы:

– рабочие или исполнительные движения, посредством которых осуществляется воздействие на орган управления;

– гностические (познавательные) движения, направленные на познание объекта или условий труда (осязательные, ощупывающие, измерительные и др.);

– приспособительные движения (установочные, уравнивающие и др.).

Структура двигательных компонентов и определяемые ею скорость и точность управляющего действия зависят от задач, решаемых оператором, от назначения органов управления, их конструкции, расположения и других факторов.

Управляющие движения оператора характеризуются четырьмя группами характеристик: скоростными (временными), пространственными, силовыми и точностными.

Основной скоростной характеристикой является время двигательной реакции. Для повторяющихся движений основной характеристикой скорости является частота повторения или темп. Темп вращения зависит от размеров органов управления и величины их сопротивления движению.

К пространственным характеристикам движений оператора относятся размеры моторного поля (зоны досягаемости) и траектория движения. Размеры моторного поля (при неподвижном положении туловища) определяются длиной вытянутой руки. Различают максимальную, допустимую и оптимальную зоны досягаемости (рис. 2.30) и (рис. 2.31).

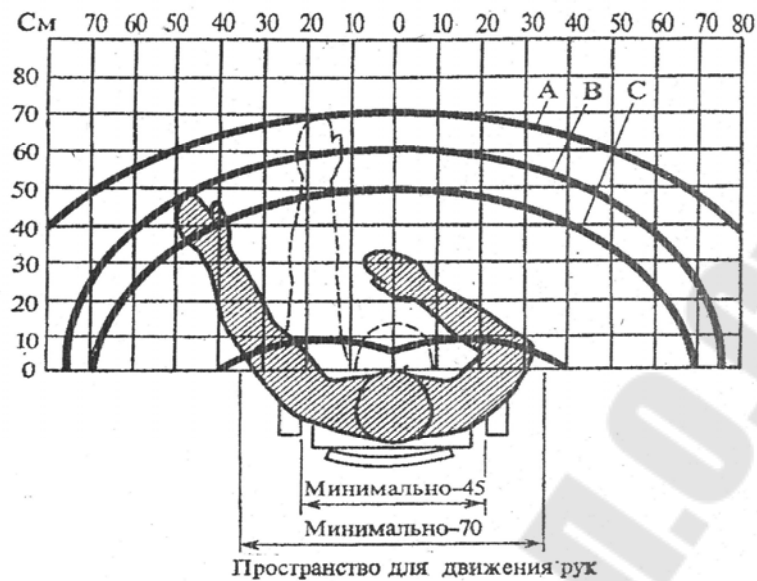


Рис. 2.30. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:  
 А– максимальная; В– допустимая; С– оптимальная зона



Рис. 2.31. Зоны досягаемости рук в вертикальной плоскости

В оптимальной и допустимой зонах движения производятся более быстро и точно при минимальной утомляемости оператора. Поэтому здесь рекомендуется располагать наиболее важные и часто используемые органы управления. В зоне максимальной деятельности точность и скорость управляющих движений заметно снижается и утомление наступает быстрее. Поэтому в этой зоне возможна лишь

непродолжительная работа.

Силовые характеристики движений оператора должны учитываться при выборе органов управления с точки зрения величин их сопротивлений перемещению на приводных элементах. Размеры приводных элементов органов управления могут быть определены по формулам:

– для ручек управления:

$$D \geq \frac{F \cdot d_0}{F_{\text{доп}}} = \frac{2M}{F_{\text{доп}}},$$

где  $D$  – диаметр ручки управления;  $d_0$  – диаметр оси органа управления;  $F$  – усилие переключения на оси органа управления;  $F_{\text{доп}}$  – допустимое усилие для переключения органа управления;  $M$  – момент силы на оси;

– для кнопок переключения нажимного действия:

$$S \geq \frac{F \cdot S_0}{F_{\text{доп}}},$$

где  $S$  – площадь кнопки управления;  $S_0$  – площадь оси органа управления.

Рекомендуемые (допустимые) усилия для кнопок, тумблеров, переключателей «легкого типа» должны лежать в пределах 0,14–0,16 кг, «тяжелого типа» – в пределах 0,6–1,2 кг.

Точностные характеристики имеют большое значение в том случае, когда отсутствует возможность осуществлять зрительный контроль в процессе двигательного действия. К ним относятся направление, размах, длительность и сила движения.

Наиболее точные ощущения характерны для движений, осуществляемых на расстоянии 15–35 см от средней точки тела. На расстоянии 40–50 см точность существенно снижается. Точность попадания рукой в нужное место на пульте управления составляет  $\pm 15$  см в средней зоне ниже груди и  $\pm 30$  см в крайних зонах.

Амплитуда движений наиболее точно оценивается в пределах 8–12 см. Более короткие амплитуды переоцениваются, более длинные недооцениваются. Движения сверху вниз обычно переоцениваются.

Длительность движения может оцениваться с точностью 0,1–0,2 с.

В заключение необходимо отметить, что формирование двигательных навыков имеет свои особенности. В процессе их формирования изменяются взаимоотношения между видами движений. На первом этапе обычно преобладают гностические (познавательные) движения. Позднее они редуцируются и настолько тесно сливаются с рабочими движениями, что их трудно разделить. В результате движения становятся более плавными и стабильными. На начальных этапах образование двигательного навыка происходит под контролем зрения. Впоследствии же этот контроль все более переходит к чувствительным приборам двигательного аппарата – тактильному и кинестетическому анализаторам. При этом образуется внутренний контур регулирования, определяемый действием этих анализаторов, в котором сигналы проходят значительно быстрее (0,4 с), чем по внешнему контуру регулирования, включающему зрительный контроль (1–2 с). Это свойство может быть использовано для повышения качества управления путем подачи сигнала обратной связи непосредственно на тактильный анализатор.

## 2.22 Сенсомоторные реакции оператора

Любому управляющему действию оператора предшествует восприятие информации. Связь восприятия и движения осуществляется в виде сенсомоторных реакций или сенсомоторной координации.

Сенсомоторной реакцией называется одиночное (дискретное) движение оператора на появление (прекращение) действия раздражителя. Различают следующие виды сенсомоторных реакций:

- простая;
- сложная;
- реакция слежения.

**Простая сенсомоторная реакция** заключается в ответе заранее известным простым одиночным движением на внезапно появляющийся, но заранее известный сигнал. Основным показателем такой реакции – время, которое состоит из времени восприятия сигнала (латентного, скрытого периода) и времени моторного действия:

$$t_{np} = t_{\epsilon} + t_{m},$$

где  $t_e$  – время восприятия сигнала;  $t_m$  – время моторного действия.

В реальных процессах работы оператора простые сенсомоторные реакции встречаются сравнительно редко.

**Сложная реакция** (реакция выбора) заключается в том, что оператор должен в ответ на появление каждого из возможных сигналов осуществить то или иное действие, которое полностью определено для каждого из этих сигналов. В этом случае оператор должен не только обнаружить появление сигнала, но еще и выделить его среди какого-то количества могущих появиться сигналов (осуществить выбор), принять решение на осуществление того или иного управляющего действия и только после этого осуществить его.

Время сложной реакции будет определяться как:

$$t_{cp} = t_e + t_p + t_n + t_m,$$

где  $t_p$  – время принятия решения;  $t_n$  – время поиска и обнаружения нужного органа управления.

Сложные реакции в той или иной степени осуществляются под контролем зрительной системы. Многие элементы программы двигательного действия формируются еще до начала движения, по отношению к которому зрительная система выступает в роли задающего устройства. Таким образом, сенсорная и моторная составляющие времени реакции имеют на оси времени общий участок (рис. 2.32).

Сенсорная составляющая сложной реакции зависит от числа альтернатив, вероятности появления, модальности и интенсивности сигнала. Моторная составляющая зависит от амплитуды движения и размера органа управления.

Для деятельности оператора характерны два режима осуществления сложной реакции.

В первом случае перед началом дискретного движения глаза неподвижны (режим зрительной фиксации) и рука оператора находится в покое. Например, оператор должен вести непрерывное наблюдение за некоторым узким участком индикатора и в то же время реагировать на появление сигналов вне участка. При этом соотношение площадей индикатора и контролируемого участка может быть достаточно

большим. Этот режим называется режимом фиксации.

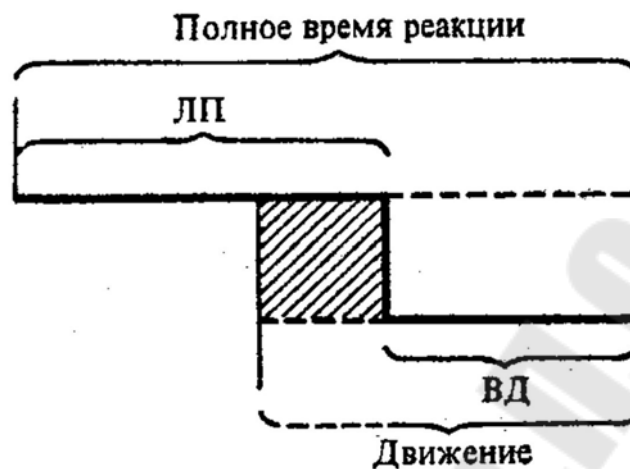


Рис. 2.32. Соотношение между различными компонентами сенсомоторной реакции (ЛП – латентный период, ВД – время движения)

Во втором случае глаза оператора свободно рассматривают некоторое информационное поле, а рука или неподвижна, или занята каким-либо побочным движением. Такой режим возникает, когда оператор должен вести наблюдение за несколькими индикаторами одновременно и реагировать только в том случае, если на одном из них произошло критическое изменение параметра. При этом соотношение между площадью индикатора и контролируемого участка может быть малым. Этот режим называется свободным режимом.

Латентный период значительно меньше при наблюдении в свободном режиме, чем в режиме фиксации при прочих равных условиях.

Время движения также существенно меньше в свободном режиме, чем в режиме фиксации при прочих равных условиях и зависит от амплитуды.

Общее время реакции зависит от сложности выбора нужного сигнала на информационном поле. В качестве меры сложности может быть принято количество информации, поступающей к оператору. Увеличение общего времени реакции происходит в основном за счет сенсорной составляющей. Моторная составляющая практически постоянна (рис. 2.33).

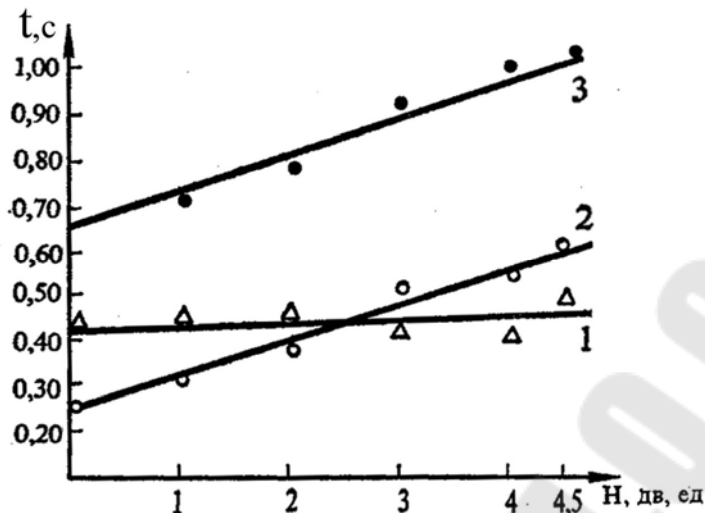


Рис. 2.33. Зависимость компонентов времени реакции от количества информации: 1 – время движения; 2 – латентный период; 3 – общее время реакции

**Реакция слежения** заключается в том, что посредством воздействия на органы управления оператор должен удерживать движущийся объект на заданной траектории или совмещать его с другим движущимся объектом. В отличие от предыдущих реакций, которые носят дискретный характер, реакции слежения представляют собой в большей степени непрерывный процесс.

Различают два основных вида реакций слежения:

- сопровождающее слежение или слежение с преследованием, когда оператор воспринимает весь ход изменений входного и выходного сигналов и сводит к нулю разностную ошибку;
- компенсирующее слежение, когда оператор воспринимает только разность между входным и выходным сигналами и стремится свести ее к нулю.

В качестве разновидности сопровождающего слежения иногда выделяют слежение с предсказанием. Под ним понимают процесс, при котором оператор воспринимает не только текущие значения входного сигнала, но и закон его изменения на некоторый отрезок времени вперед (управление автомобилем). Установлено, что предвидение существенно улучшает условия деятельности оператора и повышает точность слежения (индикаторы с предсказанием).

Основными характеристиками процесса слежения являются:

- время инерции;
- время нахождения метки на цели;
- ошибки слежения;



– плавность слежения.

Переменными параметрами являются:

– скорость движения цели;

– первоначальное рассогласование;

– время слежения.

## 2.23 Ошибки оператора

На результаты работы оператора большое влияние оказывают ошибки сенсомоторных действий. Установлено, что число ошибок существенно зависит от вида и направления движения.

Из трех основных направлений поступательных движений (вверх-вниз, вперед-назад, вправо-влево) лучшими по числу минимума ошибок являются первые (вверх, вперед, вправо). Поперечные движения (вправо-влево) дают большую частоту ошибок (вероятность 0,03), поэтому при проектировании панелей управления их следует избегать. Еще большую частоту ошибок дают поворотные движения рук вокруг продольных осей (вероятность 0,091) (табл. 2.5). Лучшим распределением функций являются следующие: правая рука осуществляет точные непрерывные движения, а левая выполняет дискретные действия. Независимо от режима работы по всем направлениям наблюдается рост числа ошибок с ростом амплитуды движения.

Частота ошибок зависит также от пальца, которым осуществляется управляющее воздействие. С точки зрения увеличения частоты ошибок различные пальцы располагаются в следующем порядке: большой, средний, указательный, мизинец, безымянный. При обработке сигналов одновременно различными сочетаниями пальцев время реакции и частота ошибок увеличиваются с увеличением числа пальцев в сочетании. Эти показатели зависят также от того, какие именно пальцы участвуют в сочетании. Это важно учитывать при разработке полуфункциональных и функциональных клавиатур.

Таблица 2.5. Зависимость ошибочных реакций от вида движения

Вид движения	Вероятность ошибки
Продольные и поперечные движения левой руки	0,017
Вертикальные движения обеих рук	0,018
Продольные движения рук	0,021
Нажатие указательными и средними пальцами обеих рук	0,027
Продольные и поперечные движения правой руки	0,030
Поперечные движения рук	0,030
Нажатие четырьмя пальцами правой руки	0,040
Поворотные движения рук	0,091

## 2.24 Праксические состояния человека-оператора

В инженерной психологии один из научных подходов к пониманию деятельности человека базируется на том, что деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенных целей. Мотив – это то, что побуждает человека к деятельности, а цель – то, чего он стремится достигнуть в процессе ее выполнения. Основой мотива является потребность человека. В потребностях заключены "пружины" человеческой деятельности. Мотив – это форма субъективного отражения потребностей. Цель как регулятор деятельности – это идеальный или мыслимо представляемый ее результат, то есть то, чего еще нет реально, но что должно быть получено в итоге деятельности (рис. 2.34).

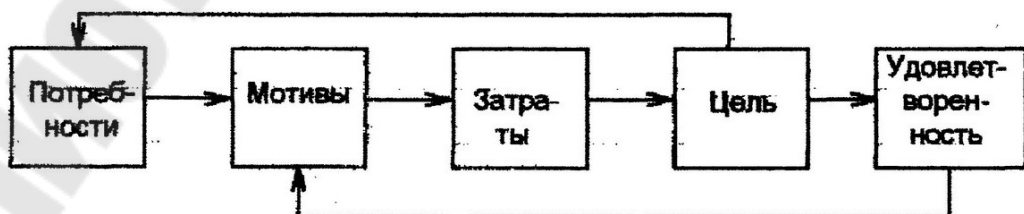


Рис. 2.34. Связь между потребностью, мотивом и целью

В идеальном случае человек-оператор располагает всем необходимым (цель-средство-результат) для быстрого и успешного выполнения своих функций и находится в состоянии функционального комфорта.

В большинстве же случаев он вынужден:

- самостоятельно формулировать конкретную цель своих действий в данных условиях;
- вести самостоятельный поиск средств деятельности;
- добиваться положительного результата длительное время, прилагая для этого большие усилия, и работать в условиях дефицита информации об итогах работы.

Разнообразные ситуации, которые возникают в этих условиях, создают соответствующие им практические состояния (табл. 2.6).

Таблица 2.6. Практические состояния как следствия условий работы человека-оператора

	Обозначение цели	Достаточность средств	Очевидность результатов
Функциональный комфорт	+	+	+
Психическое утомление	+	+	-
Психическая напряженность	+	-	+
Отсутствие мотивации	-	+	+
Эмоциональный стресс	+	-	-
Монотония	-	+	-
Тревожность	-	-	+
Индифферентное состояние	-	-	-

В русском языке существует большое число терминов, характеризующих психические состояния человека, которые возникают в различных ситуациях. Мы рассмотрим только те из них, которые являются результатом особенности ситуаций, возникающих в системе «Человек-машина» или «Человек-техника-среда».

Состояние **функционального комфорта** возникает тогда, когда у человека-оператора четко обозначена цель, имеется достаточность средств для её достижения и результаты его труда очевидны.

Состояние **психического утомления** развивается в процессе работы человека-оператора, если он произвел чрезмерные временные, материальные и другие затраты. Это означает, что он имел ясно сформулированную цель деятельности, располагал всем необходимым для ее достижения, но получение результата потребовало продолжительной работы, даже если она была не слишком тяжелой.

Состояние ожидания результата и вызывает состояние психического утомления, под которым понимается целостная характеристика психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающая снижение интенсивности психических процессов в зависимости от длительности усилий по достижению необходимых результатов.

Состояние **психической напряженности** вызывается чрезмерной величиной психических усилий, необходимых человеку-оператору для решения поставленных перед ним задач. В данной ситуации человеку-оператору известны цели и результат, но он не готов к немедленной работе и испытывает дефицит средств (информации, условий, оборудования).

Состояние психической напряженности является следствием «неготовности» средств, имеющихся у человека-оператора, и понимается как целостная характеристика психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающая предельную интенсивность психических процессов, обусловленных внезапным включением человека-оператора в значимую ситуацию и энергичным выбором адекватного алгоритма ее разрешения.

Состояние **отсутствия мотивации** испытывается человеком-оператором в ситуациях, в которых деятельность не имеет внутреннего побуждающего мотива, а цель работы приносится извне в форме побуждения. Человек-оператор при этом обеспечен всеми необходимыми средствами и, следуя требованиям, более или менее легко получает результат, но работоспособность при этом неуклонно снижается.

Безразличие к цели, ради которой выполняется работа, является причиной возникновения и развития состояния отсутствия мотивации – целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей дезактивацию

психических процессов и определяемой отсутствием каких-либо ожиданий от ситуации при обеспечении алгоритмом ее решения.

Состояние **эмоционального стресса** человек-оператор испытывает практически только в особых, экстремальных ситуациях. При этом сущность эмоционального стресса заключается в том, что цель деятельности четко сформулирована, но человек-оператор лишен средств получения результата работы и итог развития событий зависит практически только от него.

Беспомощность человека-оператора, его неспособность обеспечить, например, безопасность окружающих его людей и свою собственную, кажущаяся ему неотвратимостью неудачи в решении поставленной цели служат причиной возникновения состояния эмоционального стресса – целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей разрушение психических процессов и определяемой внезапным появлением чрезвычайных значимых стимулов и отсутствием способов разрешения возникшей ситуации.

Состояние **монотонии** является наиболее распространенным состоянием человека-оператора во многих областях трудовой деятельности. Такие особенности современного производства, как сложность производимой продукции, симплификация (упрощение) труда, работа на конвейере, часто приводит к тому, что человек-оператор отделен от действительной цели своего труда и не знает результатов своих трудовых затрат. Ему предоставлены только средства деятельности в виде материалов, оборудования, технологии и алгоритма работы.

Эта изолированность от цели и результатов своего труда приводит к возникновению и развитию состояния монотонии – целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей дисгармонию психических процессов и определяемой низкой ценностью содержания и характера работы и недооценкой смысла и важности усилий субъекта.

Состояние **тревожности** традиционно понимается как одно из свойств личности и не рассматривается как продукт усилий, сложившихся в трудовой деятельности. Однако эмпирические данные показывают, что состояние тревожности существует и у человека-оператора. Причем это состояние прямо связано с особенностями работы и оказывает значительное влияние на успешность труда. Объясняются эти особенности тем, что ни в одном виде деятельности не удается регламентировать служебные обязанности, отношения, тех-

нологический процесс до такой степени, чтобы полностью исключить элемент неопределенности. Человека-оператора могут преследовать неудачи в труде из-за неясно сформулированной цели и недостаточной ориентации в средствах ее разрешения.

В этом заключается причина развития состояния тревожности – целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей концентрацию и длительную фиксацию психических процессов на предполагаемом нежелательном результате из-за отсутствия алгоритма понимания назревающих событий.

**Индифферентное состояние** свойственно человеку-оператору, совершенно не включенному заинтересованно в производственную ситуацию. Ему не известны ни цели системы, в которой он оказался, ни перечень средств, которые эта система использует ради достижения неизвестного ему результата.

Если рассматривать возможные состояния человека-оператора не с точки зрения условий работы (осознанности цели, наличия средств ее достижения и результата труда), а с точки зрения его готовности к активным действиям, то и здесь имеют место такие же состояния как были рассмотрены выше, но их количество меньше.

С одной стороны ситуация в СЧМ может оказаться:

- внезапной, неожиданной для человека-оператора, требующей срочной мобилизации всех его сил и средств;
- стандартной, стереотипной, позволяющей реагировать мгновенно;
- ожидаемой заранее до наступления событий.

С другой стороны человек-оператор может располагать готовыми алгоритмами решения этих ситуаций, способами их логического и интеллектуального анализа и принятия решения на этой основе. Но в некоторых случаях он не имеет рациональных объяснений происходящему, поэтому не может найти адекватную модель поведения и реагирует на ситуацию эмоционально: испытывает страх, подавленность, ожидает неотвратимых неудач и т. п.

Классификация ситуаций и соответствующих им способов реагирования показывает возможность возникновения шести только отрицательных состояний (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Практические отрицательные состояния как следствие степени готовности человека-оператора к работе

Характер реагирования	Ситуации		
	Внезапная	Стереотипная	Ожидаемая
Поведение на основе знаний, навыков	Психическая напряженность	Отсутствие мотивации	Психическое утомление
Эмоциональное, чувственное реагирование	Эмоциональный стресс	Монотония	Тревожность

Если человек-оператор понимает ситуацию и знает способы ее разрешения, то усилия, необходимые для их реализации при внезапной ситуации в экстремальных условиях, продуцируют состояние психической напряженности.

Внезапная ситуация при условии, что человек-оператор может реагировать на нее только эмоционально, вызывает состояние эмоционального стресса.

Стереотипная ситуация, разрешаемая на основе знаний и навыков, приводит при длительной работе к состоянию отсутствия мотивации.

Стереотипная ситуация, разрешаемая стереотипной реакцией, требует у человека-оператора минимальных усилий и приводит при длительной работе к состоянию монотонии.

Длительная ожидаемая и приближаемая усилиями человека-оператора ситуация продуцирует состояние психического утомления в том случае если, он владеет необходимыми способами деятельности и длительное время их реализует.

Если ситуация предвосхищается человеком-оператором, то он ожидает наступления нежелательного события, не зная, как можно что-либо изменить. Это приводит к состоянию тревожности.

Такая классификация позволяет диагностировать состояние человека-оператора, прогнозировать эти состояния и управлять ими.

## Глава 3. Контроль состояния оператора

### 3.1 Виды и методы контроля состояния оператора

Применительно к задачам инженерной психологии под состоянием человека-оператора, выполняющего определенную задачу, обычно понимают комплексную характеристику внутренних возможностей успешного решения этой задачи. Как правило, такая характеристика является многокомпонентной и представляет собой набор показателей, описывающих множество физиологических и психических параметров, варьирующихся в довольно широких пределах не только у различных людей, но и у одного конкретного человека в разные моменты времени.

Возможные виды и методы контроля состояния оператора достаточно разнообразны (рис.3.1).



Рис. 3.1 Классификация видов и методов контроля состояния оператора

В зависимости от поставленных целей контроль состояния оператора может быть исследовательским, констатирующим и прогнози-



рующим.

Исследовательский контроль применяется для проверки адекватности выдвигаемых инженерно-психологических решений, выбора наилучшего из имеющихся вариантов. На основании результатов такого контроля, проводимого в процессе инженерно-психологического эксперимента, делается вывод о целесообразности или нецелесообразности внедрения в практику данной инженерно-психологической разработки.

Констатирующий контроль применяется для проверки готовности оператора к выполнению данной деятельности.

Прогнозирующий контроль проводится с целью предсказания возникновения у оператора нежелательных состояний, которые могут служить причиной снижения эффективности его деятельности. Такой контроль необходим в тех случаях, когда оператор выполняет особо ответственные функции и его ошибка или промедление могут привести к серьезным последствиям. Поэтому возникает задача предвидеть эти нежелательные состояния раньше, чем это скажется на результатах деятельности оператора, и принять меры к предотвращению наступления таких состояний.

В зависимости от способа воздействия на оператора сигналов методы контроля классифицируются на методы с естественными и методами с искусственными сигналами.

В первом случае состояние оператора определяют в ходе выполнения им основной деятельности.

Во втором случае ему дается специальное тестовое воздействие. Примером метода с искусственными сигналами являются многие психологические тесты.

В зависимости от применяемых методов контроль состояния может вестись по изменению психологических, физиологических и биохимических показателей.

Психологические показатели (памяти, внимания, эмоционально-волевой сферы и т. д.) более тесно коррелируют с результатами деятельности, чем физиологические показатели. Это связано с их регулирующей функцией в деятельности. Однако они имеют и существенный недостаток, связанный с тем, что для их измерения требуется специальное тестовое воздействие на оператора, отвлечение его от выполнения основной деятельности.

Физиологические показатели характеризуют собой степень на-

пряженности организма и не всегда позволяют определять работоспособность оператора, а тем более прогнозировать ее изменение. Кроме того, их использование требует применения сложной аппаратуры для регистрации и учета происходящих изменений в организме человека.

Биохимические показатели (например, состав крови) могут давать информацию о степени напряжения оператора, возникновении стрессовых состояний и т. д. Однако в практике инженерно-психологических исследований они используются редко. Это связано с трудностью получения и регистрации этих показателей непосредственно в процессе трудовой деятельности.

В зависимости от способа получения сигналов методы контроля состояния оператора могут быть контактными и бесконтактными.

При контактных методах для получения сигналов состояния оператора к тем или иным участкам тела оператора крепятся датчики.

При бесконтактных методах сигналы состояния естественным образом образуются в ходе выполнения либо самой деятельности, либо при обработке тестового задания.

К методам и системам контроля предъявляется целый ряд требований: отсутствие последствия (влияния на результаты работы оператора), малая инерционность (получение результатов контроля должно осуществляться в реальном масштабе времени), высокая помехоустойчивость, достоверность, информативность. Для прогнозирующего контроля важным требованием является также его непрерывность.

### **3.2 Способы определения допустимых отклонений контролируемых показателей в состоянии оператора**

Важным вопросом контроля оператора является определение допустимых отклонений контролируемых физиологических и психологических показателей от своих номинальных значений. Для их определения в каждом конкретном случае можно воспользоваться одним из следующих способов:

1. Показатели состояния оператора считаются нормальными в процессе работы, если отклоняются не более чем на  $\pm 10\%$  от своего исходного уровня.

В результате статистического анализа психологических и физиологических показателей определенного контингента операторов

находятся математические ожидания  $M_i$  – и среднеквадратические отклонения  $\sigma_i$  этих показателей. Допустимыми в процессе работы считаются те из них, значения которых лежат в интервале  $M_i \pm 2\sigma_i$ .

2. Показатели состояния оператора считаются нормальными, если их изменение в процессе работы является незначимым (в статистическом смысле) по сравнению с исходным уровнем.

В зависимости от требуемой точности, собранного статистического материала, вида изучаемого показателя может использоваться тот или иной способ.

### **3.3 Режимы функционирования систем контроля**

Можно выделить три режима функционирования систем контроля: исследовательский, обучения и рабочий.

В исследовательском режиме осуществляется выбор основных характеристик системы контроля.

Режим обучения позволяет осуществить «подстройку» системы к индивидуальным особенностям оператора. В этом режиме происходит набор статистики и построение моделей, обеспечивающих нормальную работу в рабочем режиме. Кроме того, в режиме обучения с помощью специальных программ по результатам замеров параметров психофизиологического состояния и тестовой проверки определяют основные данные об исходных состояниях оператора.

В рабочем режиме проводятся периодические измерения показателей состояния оператора. В соответствии с принятым алгоритмом принимаются диагностические и управленческие решения, то есть решения по диагностике состояния оператора и (в случае отклонения его от нормы) по его нормализации (управлению состоянием).

### **3.4 Методы нормализации состояния оператора**

Конечной целью контроля и диагностики состояния оператора является его нормализация (управление состоянием). Она представляет собой систему воздействий, направленных на предотвращение неблагоприятного состояния оператора, и имеет целью предупреждение ошибок оператора и сохранение его здоровья.

Множество воздействий на человека может включать в себя

коррекцию режимов труда и отдыха, воздействие внешними раздражителями, различные виды саморегуляции состояния (психическая саморегуляция).

Коррекция режимов труда и отдыха заключается в предоставлении перерывов для отдыха в зависимости от возникновения неблагоприятного состояния. Время назначения перерыва должно приходиться на начальные периоды изменения состояния, то есть предшествовать появлению выраженного сдвига на кривой работоспособности. Важным является также определение продолжительности перерыва и способа его проведения.

Воздействие внешними раздражителями является наиболее эффективным способом нормализации состояния. К числу таких воздействий относятся зрительные образы, функциональная музыка, применение специально подобранных фармакологических средств. Для снятия возникающей в процессе работы нервно-психической нагрузки и утомления используются методы индивидуальной и групповой психотерапии. Одним из способов реализации такого подхода является создание на предприятиях комнат психологической разгрузки. В основу их создания положена идея имитации естественно-природного окружения. Для этого используются рекомендации по целенаправленному психофизиологическому воздействию на человека с помощью картин природы, света, динамического цвета и музыки.

В методах психической саморегуляции важное место занимает психологическая подготовка. Под ней понимается целенаправленное формирование индивидуальных приемов, обеспечивающих сохранение заданных параметров выполнения деятельности в сложных ситуациях. Одним из способов такой подготовки является моделирование в процессе тренировок различного рода необычных производственных ситуаций и отработка при этом необходимых действий оператора. В эту же группу методов входит специальная производственная гимнастика, нервно-мышечная релаксация (расслабление), самовнушение (аутогенная тренировка).

Повышению эффективности применения рассмотренных методов способствует введение биологической обратной связи. Она основана на регистрации изменения состояния оператора и предоставлении ему информации об этом. Это дает возможность человеку произвольно управлять некоторыми психологическими и физиологическими процессами и состоянием в целом.

Рассмотренные методы управления состоянием являются со-

ставной частью более общей системы психологической поддержки оператора.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

## ВОПРОСЫ

к зачету по дисциплине «Инженерная психология» для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении»

1. Возникновение инженерной психологии. Предмет, цель, задачи инженерной психологии.
2. Проблематика инженерной психологии.
3. Связь эргономики и инженерной психологии. Предмет, объект и задачи эргономики. Юзабилити.
4. Понятия «человек-машина», «оператор», «информационная модель», «концептуальная модель». Виды информационных моделей и обобщённые требования к ним.
5. Методы исследований в инженерной психологии.
6. Распределение функций между человеком и машиной.
7. Классификация систем «человек — машина».
8. Структура системы «Человек - РЭС»
9. Этапы деятельности оператора.
10. Факторы, влияющие на деятельность оператора.
11. Виды труда оператора.
12. Виды анализаторов человека.
13. Характеристики анализаторов. Закона Вебера - Фехнера.
14. Свойства анализаторов.
15. Требования к сигналам-раздражителям.
16. Энергетические характеристики зрительного анализатора.
17. Информационные характеристики зрительного анализатора.
18. Пространственные характеристики зрительного анализатора.
19. Временные характеристики зрительного анализатора.
20. Характеристики слухового анализатора.
21. Характеристики тактильного анализатора.
22. Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем.
23. Антропометрические характеристики человека.
24. Хранение и переработка информации оператором. Постоянная и оперативная память. Долговременная и кратковременная память.
25. Процессы памяти.
26. Мышление и его виды.
27. Принятие решения оператором.
28. Управляющие действия оператора.
29. Сенсомоторные реакции оператора.

30. Ошибки оператора.
31. Праксические состояния человека-оператора: функциональный комфорт, психическое утомление, психическая напряженность, отсутствие мотивации, эмоциональный стресс, монотония, тревожность, индифферентное состояние.
32. Виды и методы контроля состояния оператора.
33. Способы определения допустимых отклонений контролируемых показателей в состоянии оператора.
34. Режимы функционирования систем контроля за состоянием оператора.
35. Методы нормализации состояния оператора.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
Глава 1. Методологические основы инженерной психологии	3
3.1 Возникновение инженерной психологии. Предмет, цель, задачи инженерной психологии.....	3
3.2 Проблематика инженерной психологии.....	5
3.3 Связь эргономики и инженерной психологии. Предмет, объект и задачи эргономики. Юзабилити.....	6
3.4 Понятия «человек-машина», «оператор», «информационная модель», «концептуальная модель». Виды информационных моделей и обобщённые требования к ним.....	7
3.5 Методы исследований в инженерной психологии.....	9
3.6 Распределение функций между человеком и машиной.	11
3.7 Классификация систем «человек — машина».....	12
Глава 2. Психофизиологические характеристики деятельности человека-оператора.....	15
2.1 Структура системы «Человек - РЭС».....	15
2.2 Этапы деятельности оператора.....	17
2.3 Факторы, влияющие на деятельность оператора.....	21
2.4 Виды труда оператора.....	22
2.5 Виды анализаторов человека.....	23
2.6 Характеристики анализаторов. Закон Вебера - Фехнера.....	25
2.7 Свойства анализаторов.....	27
2.8 Требования к сигналам-раздражителям.....	28
2.9 Характеристики зрительного анализатора.....	28
2.10 Информационные характеристики зрительного анализатора.....	33
2.11 Пространственные характеристики зрительного анализатора.....	34
2.12 Временные характеристики зрительного анализатора.....	38
2.13 Характеристики слухового анализатора.....	43
2.14 Характеристики тактильного анализатора.....	46
2.15 Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем.....	48



тем.....	
2.16 Антропометрические характеристики человека.....	50
2.17 Хранение и переработка информации оператором. По- стоянная и оперативная память. Долговременная и кратко- временная	па- 55
мать.....	
2.18 Процессы памяти.....	59
2.19 Мышление и его	ви- 60
ды.....	
2.20 Принятие решения оператором.....	61
2.21 Управляющие действия оператора.....	64
2.22 Сенсомоторные реакции оператора.....	68
2.23 Ошибки оператора.....	72
2.24 Праксические состояния человека-оператора: функ- циональный комфорт, психическое утомление, психическая напряженность, отсутствие мотивации, эмоциональный стресс, монотония, тревожность, индифферентное состоя- ние.....	73
.	
Глава 3. Контроль состояния оператора.....	79
3.1 Виды и методы контроля состояния оператора.....	79
3.2 Способы определения допустимых отклонений кон- тролируемых показателей в состоянии операто- ра.....	81
...	
3.3 Режимы функционирования систем контроля	82
.....	
3.4 Методы нормализации состояния оператора.....	82
Вопросы к зачету по дисциплине «Инженерная психология»	.
для слушателей специальности переподготовки	
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборо- строении».....	85

**Агунович Ирина Валентиновна**

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ**

**Курс лекций**

**для слушателей специальности 1-59 01 01**

**«Охрана труда в машиностроении и приборостроении»  
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 06.10.14.

Пер. № 101Е.  
<http://www.gstu.by>