

В.М. Алефиренко

Конспект лекций по дисциплине

“Инженерная психология”

для студентов специальностей

38 02 03 “Техническое обеспечение безопасности”

39 02 01 “Моделирование и компьютерное проектирование
радиоэлектронных средств ”

39 02 02 “Проектирование и производство радиоэлектронных
средств”

Минск 2008

СОДЕРЖАНИЕ

1. Методологические основы инженерной психологии.....	6
1.1. Предмет, цель, задачи инженерной психологии и эргономики....	6
1.1.1. Предмет, цель и задачи инженерной психологии.....	6
1.1.2. Предмет, цель и задачи эргономики.....	9
1.2. Методологические принципы и системный подход в инженерной психологии.....	14
1.2.1. Методологические принципы в инженерной психологии....	14
1.2.2. Системный подход в инженерной психологии.....	15
1.2.3. Связь инженерной психологии с другими науками.....	17
1.2.4. Место инженерной психологии в системе подготовки современного инженера.....	21
1.3. Методы инженерной психологии.....	22
1.3.1. Классификация и общая характеристика методов.....	22
1.3.2. Психологические методы.....	23
1.3.3. Физиологические методы.....	26
1.3.4. Математические методы.....	30
1.3.5. Имитационные методы.....	33
1.3.6. Техническое обеспечение инженерно-психологических исследований.....	34
1.3.7. Основные направления использования ЭВМ для решения задач инженерной психологии.....	34
1.4. Система «Человек-машина».....	37
1.4.1. Особенности и классификация СЧМ.....	37
1.4.2. Инженерно-психологическое обеспечение СЧМ.....	42
1.5. Показатели качества системы «Человек-машина».....	44
2. Психофизиологические характеристики деятельности человека-оператора.....	49
2.1. Особенности восприятия человеком информации в системе «Человек-машина».....	49
2.1.1. Структура системы «Человек-РЭС».....	49
2.1.2. Стадии приема информации.....	50
2.1.3. Этапы деятельности оператора в СЧМ.....	52
2.1.4. Факторы, влияющие на выполнение этапов деятельности оператора.....	54
2.1.5. Виды труда оператора.....	55

2.2. Виды, характеристики и свойства анализаторов человека.....	58
2.2.1. Виды анализаторов.....	58
2.2.2. Характеристики анализаторов.....	60
2.2.3. Свойства анализаторов.....	62
2.2.4. Требования к сигналам-раздражителям.....	62
2.3. Характеристики зрительного анализатора.....	64
2.3.1. Общая характеристика зрительного анализатора.....	64
2.3.2. Энергетические характеристики.....	65
2.3.3. Информационные характеристики.....	71
2.3.4. Пространственные характеристики.....	73
2.3.5. Временные характеристики.....	78
2.4. Характеристики слухового, тактильного анализатора и антропометрические характеристики.....	86
2.4.1. Характеристики слухового анализатора.....	86
2.4.2. Характеристики тактильного анализатора.....	94
2.4.3. Взаимодействие анализаторов при приеме информации.....	96
2.4.4. Антропометрические характеристики человека.....	98
2.5. Хранение и переработка информации оператором.....	104
2.5.1. Постоянная и оперативная память.....	104
2.5.2. Долговременная и кратковременная память.....	107
2.5.3. Процессы памяти.....	108
2.5.4. Мышление и его виды.....	110
2.6. Принятие решения и управляющие действия в деятельности оператора.....	111
2.6.1. Принятие решения оператором.....	111
2.6.2. Управляющие действия оператора.....	115
2.7. Сенсомоторные реакции оператора.....	120
2.7.1. Связь восприятия и движения.....	120
2.7.2. Ошибки реакций оператора.....	125
2.7.3. Информационная нагрузка оператора.....	126
2.8. Алгоритмическое описание деятельности оператора.....	128
3. Инженерно-психологические основы проектирования систем «Человек-машина».....	134
3.1. Проектирование средств отображения информации.....	134
3.1.1. Классификация и общие инженерно-психологические требования к средствам отображения информации.....	134
3.1.2. Инженерно-психологические требования к отдельным видам визуальной индикации.....	138

3.1.3. Кодирование информации.....	143
3.1.4. Инженерно-психологические требования к акустическим анализаторам.....	147
3.1.5. Перспективные средства отображения информации.....	149
3.2. Проектирование органов управления.....	150
3.2.1. Классификация и общие инженерно-психологические требования к органам управления.....	150
3.2.2. Инженерно-психологические требования к отдельным органам управления.....	155
3.2.3. Совместное расположение индикаторов и органов управления.....	157
3.2.4. Инженерно-психологические принципы построения систем ввода информации.....	161
3.3. Проектирование пультов управления.....	163
3.3.1. Классификация рабочих мест оператора.....	163
3.3.2. Инженерно-психологические требования к пультам управления.....	164
3.3.3. Инженерно-психологические характеристики пультов управления.....	164
3.4. Проектирование панелей управления.....	171
3.4.1. Панель управления как элемент внешней корпусной конструкции РЭС.....	171
3.4.2. Подготовка и анализ исходных данных для проектирования панелей управления.....	171
3.4.3. Определение размеров панелей управления.....	173
3.4.4. Определение размеров компонентов панелей управления.....	175
3.4.5. Определение светотехнических характеристик компонентов панелей управления.....	177
3.4.6. Компоновка панелей управления.....	179
3.4.7. Требования к органам индикации, управления, коммутации, надписям и их размещению на панели управления.....	185
4. Инженерно-психологические основы эксплуатации систем «Человек-машина».....	189
4.1. Надежность оператора и системы «Человек-машина».....	189
4.1.1. Показатели надежности оператора.....	189

4.1.2. Психофизиологические аспекты проблемы надежности оператора.....	191
4.1.3. Методы определения надежности СЧМ.....	194
4.2. Профессиональная подготовка операторов.....	198
4.2.1. Составляющие профессиональной подготовки.....	198
4.2.2. Профессиональный отбор операторов.....	198
4.2.3. Обучение операторов.....	200
4.2.4. Тренировка операторов.....	202
4.2.5. Формирование коллектива.....	204
4.3. Факторы рабочей среды и их влияние на работоспособность оператора.....	207
4.3.1. Классификация факторов.....	207
4.3.2. Нормирование факторов.....	208
4.3.3. Способы и методы защиты оператора.....	209
4.3.4. Физические факторы рабочей среды и методы защиты от них.....	210
4.3.5. Химические факторы рабочей среды и методы защиты от них.....	216
4.4. Практические состояния человека-оператора.....	218
4.5. Контроль состояния оператора.....	224
4.5.1. Классификация видов и методов контроля.....	224
4.5.2. Способы определения допустимых отклонений контролируемых показателей оператора.....	227
4.5.3. Режимы функционирования систем контроля.....	227
4.5.4. Методы нормализации состояния оператора.....	228
Литература.....	230

Раздел 1. Методологические основы инженерной психологии

Тема 1.1. Предмет, цель, задачи инженерной психологии и эргономики

1.1.1. Предмет, цель и задачи инженерной психологии

1.1.1.1. Определение и предмет инженерной психологии

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*.

1.1.1.2. Возникновение инженерной психологии

Как самостоятельная наука инженерная психология начала формироваться в 40-х годах XX века. Ее развитие как науки прошло ряд этапов от накопления и анализа данных о человеческом факторе до системного подхода к проектированию и эксплуатации сложных человеко-машинных комплексов.

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.

1.1.1.3. Цель и задачи инженерной психологии

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

Как *техническая наука* инженерная психология изучает пульты (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.

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:

1. Анализ функций человека в СЧМ, изучение структуры и классификация деятельности оператора.
2. Изучение процессов преобразования информации человеком-оператором, которое включает: прием информации, переработку информации, принятие решения, осуществление управляющих воздействий.
3. Разработка принципов построения рабочих мест операторов.
4. Изучение влияния психологических факторов на

эффективность СЧМ.

5. Разработка принципов и методов профессиональной подготовки операторов в СЧМ, которая включает: профессиональный отбор, обучение, тренировку, формирование коллектива.

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

7. Определение экономического эффекта инженерно-психологических разработок.

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

В более конкретном плане 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.

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

С инженерной психологией тесно связана эргономика.

1.1.2. Предмет, цель и задачи эргономики

1.1.2.1. Определение и предмет эргономики

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» (human factor) (рис. 1.1) и (рис. 1.2).

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.

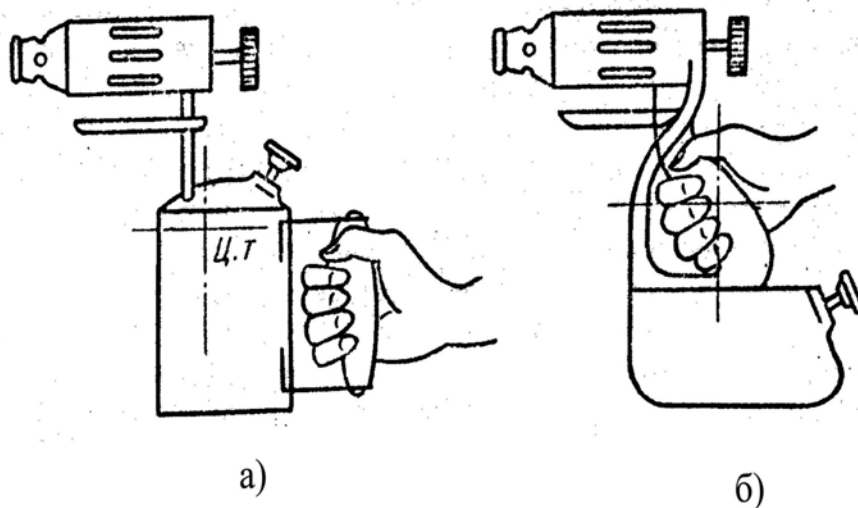


Рис. 1.1. Пример реализации в изделии человеческих факторов:
 а) паяльная лампа привычной конструкции с центром тяжести вне кисти руки оператора;
 б) та же лампа, но с центром тяжести, расположенным в пределах кисти руки оператора

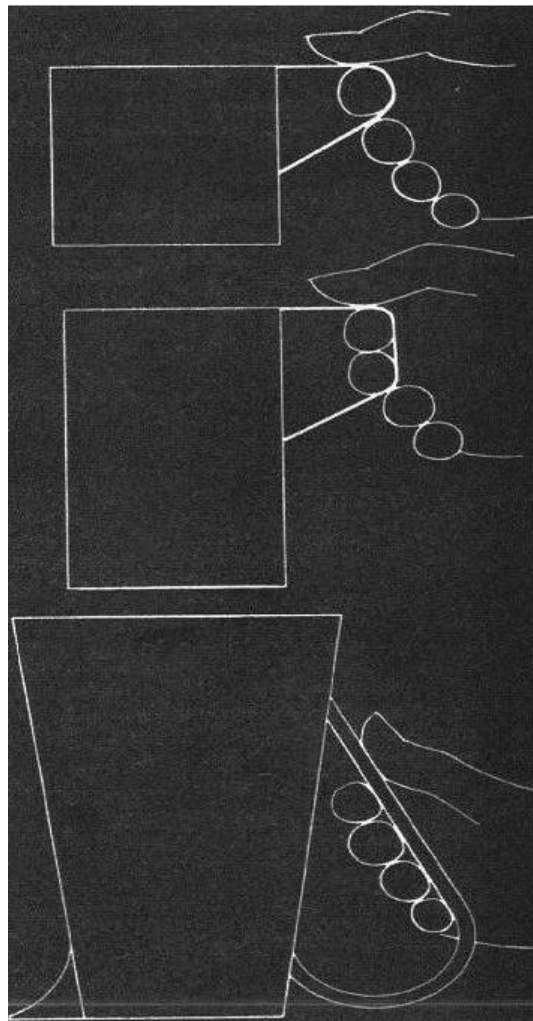


Рис. 1.2. Учет особенностей строения руки при проектировании посуды

Под термином «человек-оператор» в эргономике и инженерной психологии понимается человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой (для эргономики) посредством информационной модели и органов управления (инженерной психологии).

Информационная модель – это организованное в соответствии с определенной системой правил отображение предмета, СЧТС, внешней среды и способов воздействия на них. На основе восприятия информационной модели в сознании оператора формируется образ состояния управляемого объекта.

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.

1.1.2.2. Предпосылки возникновения эргономики

Предпосылками возникновения эргономики и ее развития послужили проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники и новых технологий. К таким проблемам относились:

- недостаточная эффективность СЧТС;
- 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. На основе теории и

методологии такого объединения и возникла эргономика.

Специалист по эргономике 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.

1.1.2.3. Цель и задачи эргономики

Первой и основной целью эргономики является повышение эффективности СЧТС, под которой понимается способность СЧТС достигать поставленной цели в заданных условиях и с определенным качеством.

Эффективность СЧТС невозможна без высокой работоспособности и надежности человека-оператора.

Работоспособность – свойство человека-оператора, определяемое состоянием физиологических и психических функций и характеризующее его способность выполнять определенную деятельность с требуемым качеством и в течение требуемого интервала времени.

Надежность – свойство, характеризующее способность человека - оператора безотказно выполнять деятельность в течение определенного интервала времени при заданных условиях.

Второй целью эргономики является безопасность труда.

Деятельность человека-оператора стала столь сложной, что именно в ее организации и исполнении оказались сконцентрированными основные причины опасных ошибок, приводящих к травме. Во многих случаях действия человека-оператора являются опасными из-за того, что при проектировании технических устройств не учитывался человеческий фактор.

Третьей целью эргономики является обеспечение условий для развития личности в процессе ее работы. Основным путем ее достижения является соединение умственного и физического труда в производственной деятельности.

Рассмотренные выше цели эргономики определяют ее теоретические задачи. К ним относятся:

1. Разработка теоретических основ проектирования деятельности человека-оператора с учетом специфики эксплуатации технических систем и окружающей среды.

2. Исследование закономерностей взаимодействия человека с техническими системами и окружающей средой, определяющих качество его деятельности.

3. Формирование принципов создания СЧТС и алгоритмов деятельности в ней человека-оператора.

4. Выдвижение и проверка гипотез о перспективах развития труда человека и связанных с ним технических систем и факторов внешней среды.

5. Создание методов исследования, проектирования и эксплуатации СЧТС, обеспечивающих ее безопасность, эффективность, удовлетворенность трудом и результатами.

6. Разработка специфических категорий эргономики, отражающих особенности ее предмета, содержания и метода.

7. Поиск и описание факторов, демонстрирующих связь качества труда человека с эргономическими параметрами технических систем и внешней среды.

Тема 1.2. Методологические принципы и системный подход в инженерной психологии

1.2.1. Методологические принципы в инженерной психологии

Для успешного решения задач в инженерной психологии разработан ряд методологических принципов. Выполнение их на практике способствует повышению результативности инженерно - психологических исследований и разработок. Основными из этих принципов являются следующие:

1. Принцип гуманизации труда. Он подчеркивает ведущую, творческую роль человека в процессе труда. Противоположным ему является принцип симплификации (упрощения). При реализации этого принципа стремятся к максимальному упрощению деятельности человека, из нее выхолащиваются все творческие элементы, а сам человек низводится до придатка машины, оставаясь исполнителем лишь механических действий и движений.

2. Принцип активного оператора. Согласно этому принципу при определении роли человека в СЧМ очень важно, чтобы он не был просто придатком машины, а осуществлял активные функции. Это вызвано тем, что при пассивной позиции оператора его переход к активным действиям требует значительной затраты сил, однако эффективность его работы при этом может оказаться невысокой. При активной же позиции оператора эффективность его деятельности достигает более высокого значения, а его психофизиологические затраты оказываются меньшими.

3. Принцип проектирования деятельности. Согласно ему проект деятельности должен выступать как основа решения всех остальных задач построения СЧМ. Точно так же, как при разработке СЧМ проектируются технические устройства, необходимо спроектировать деятельность человека, который будет пользоваться этими устройствами. Более того, сами эти устройства используемые в СЧМ (системы отображения информации, коммуникации, ввода

информации в машину и т.п.), должны разрабатываться на основе и с учетом проекта будущей деятельности человека-оператора. Их нельзя рассматривать сами по себе, безотносительно к человеку. К техническим устройствам нужно подходить как к средствам сознательной деятельности человека.

4. **Принцип последовательности.** Согласно ему выполнение инженерно-психологических требований не должно представлять собой одноразовое мероприятие по созданию проекта деятельности оператора, а должно быть обеспечено на всех этапах существования СЧМ: проектирования, производства и эксплуатации.

5. **Принцип комплексности.** Реализация этого принципа означает необходимость развития междисциплинарных связей инженерной психологии, взаимодействия её с другими науками о человеке и технике.

1.2.2. Системный подход в инженерной психологии

Основой для практической реализации рассмотренных принципов является применение системного подхода.

Основные принципы системного подхода применительно к инженерно-психологическим явлениям и процессам сводятся к следующему:

1. С позиций системного подхода психические явления следует рассматривать как многомерную и многоуровневую систему. Многомерность проявляется в том, что при изучении психических процессов необходимо в совокупности рассматривать их различные характеристики: информационные, операционные, мотивационные и т. п. Причем каждая из этих характеристик может быть рассмотрена на различных уровнях их изучения.

2. При изучении психических свойств человека нужно учитывать множественность тех отношений, в которых он существует. Это обуславливает разнопорядковость его свойств. Поэтому важной задачей является определение того, какие свойства человека, в каких случаях и каким образом нужно учитывать при проектировании и эксплуатации

СЧМ. Для этого нужна разработка многомерной классификации свойств человека.

3. Система психических свойств человека не является чем-то застывшим и неизменным. Системный подход требует рассматривать психику человека в динамике, в развитии. Учет данного положения возможен путем создания адаптивных систем, причем таких, в которых адаптация (приспособление к новым, изменившимся условиям) осуществляется с помощью технических устройств.

4. Из системного подхода вытекает необходимость иного (по сравнению с часто встречающимся) понимания детерминизма (причинной обусловленности) психических процессов. Очень часто при анализе психических явлений причины и следствия представляются в виде одномерной цепочки. Понятие детерминизма в этом случае отождествляется с той его формой, в которой он существует в классической механике, где речь идет о детерминизме линейного, «жесткого» типа. Такое понимание детерминизма мало пригодно для инженерной психологии, так как то или иное воздействие на человека вызывает какой-либо эффект не прямо, а опосредствованно. То есть эффект опосредствуется внутренними условиями, всем психическим складом человеческой личности.

Реализация рассмотренных принципов системного подхода позволяет решить основную задачу инженерной психологии, направленную на гуманизацию труда, оптимизацию деятельности человека-оператора и повышение эффективности производства. На основании этого могут быть сформулированы условия проведения инженерно-психологических разработок и внедрения их в жизнь. Суть их заключается в следующем:

1. Конечным, выходным результатом инженерно - психологических разработок должно быть получение и оптимизация обобщенных показателей деятельности оператора и системы «Человек-машина», и прежде всего таких, как эффективность, надежность, точность, быстроедействие и др. При этом следует иметь в виду, что стабильные и высокие значения этих показателей не могут

быть обеспечены без создания оптимальных условий деятельности оператора.

2. Получение и оптимизация требуемых показателей деятельности оператора и СЧМ должны осуществляться уже на этапе проектирования, поскольку возможности их оптимизации и корректировки в процессе эксплуатации крайне ограничены. Поэтому по своему характеру инженерная психология должна быть прежде всего проективной.

3. В процессе разработки на основе проекта деятельности человека должны быть обеспечены требуемые значения показателей функционирования СЧМ (так называемые потенциальные значения). Учет инженерно-психологических требований в ходе эксплуатации СЧМ позволяет поддерживать ее реальные, характеристики на уровне, близком к потенциальному.

Нетрудно видеть, что первое условие определяет конечный результат инженерно-психологических разработок, второе показывает, когда этот результат должен быть обеспечен, а третье определяет способ его получения. Только при таком подходе к проведению инженерно-психологических исследований и разработок может быть обеспечено создание высокоэффективных систем «Человек-машина» за счет всестороннего учета человеческого фактора при их проектировании, производстве и эксплуатации.

1.2.3. Связь инженерной психологии с другими науками

Инженерная психология развивается в тесном контакте с другими науками. Точно так же результаты инженерно-психологических исследований и разработок используются на практике совместно с результатами, полученными в других науках.

Прежде всего развитие инженерной психологии происходит в тесной связи с развитием *психологической науки* в целом. И это не случайно, поскольку без такой связи развитие инженерной психологии невозможно. Причем эта связь взаимная. С одной стороны, инженерная психология

широко использует данные, полученные в различных отраслях психологии. С другой стороны, инженерно-психологические исследования влияют по принципу обратной связи на многие отрасли психологической науки.

Исследуя процессы информационного взаимодействия человека и техники, инженерная психология опирается на методологические принципы, теоретические концепции и схемы, разработанные в *общей (теоретической) психологии*. Она также использует знания о закономерностях восприятия, внимания, памяти и мышления, посредством которых человек принимает и перерабатывает информацию, накопленную в *экспериментальной психологии*.

Большое значение для инженерной психологии имеют данные *психофизиологии*, раскрывающие физиологическое обеспечение психических процессов, а также физиологические основы индивидуальных различий между людьми.

Инженерная психология тесно связана и с *психологией труда*, исследующей строение и механизмы психической регуляции трудовой деятельности человека, разрабатывающей на основе таких исследований методы рациональной организации труда, профессионального обучения, ориентации и подбора специалистов.

Необходимо отметить, что первоначально инженерная психология возникла как прикладная ветвь *экспериментальной психологии* и развивалась относительно независимо от психологии труда. Она и называлась *прикладной экспериментальной психологией*.

Поскольку современная техника обслуживается, как правило, коллективами людей, инженерная психология обращается к проблемам *социальной психологии* изучающей закономерности формирования коллективов, совместную деятельность, общение и взаимоотношение людей. Но она берет социально-психологические проблемы в специфическом плане: взаимодействия людей в СЧМ.

Одной из ярко выраженных тенденций развития современного научного знания является интеграция наук, изучающих различные аспекты сложных объектов, и комплексный подход к решению важнейших практических

задач. Один из таких научно-практических комплексов, в которые включается инженерная психология, – это **эргономика**, которая занимается изучением различных аспектов трудовых процессов с целью их оптимизации. Наряду с инженерной психологией в эргономический комплекс включаются также **психология, физиология и гигиена труда, антропометрия, биомеханика, техническая эстетика** и некоторые другие дисциплины.

Повышение «удельного веса» социальных и организационных факторов на производстве выдвигает необходимость помимо изучения систем «Человек - машина» интенсивно исследовать системы «Человек - коллектив - техника - среда», иначе: «социотехнические системы». На этой основе рождается новый научный комплекс – **наука управления**. В рамках этого комплекса инженерная психология также не теряет самостоятельности, объединяется с **экономикой, организацией труда, социологией, социальной психологией** и рядом других дисциплин, изучающих социотехнические системы. Важное место в этом комплексе занимает **психология управления**, включающая в себя функционально-структурный анализ организационных систем и управленческой деятельности, психологический анализ построения, эксплуатации и использования автоматических систем управления, социально-психологический анализ производственных и управленческих коллективов с исследованием психологии руководства.

Из рассмотренного видно, что управленческая деятельность выходит за рамки инженерной психологии и не может быть понята без социально-психологического анализа процессов управления. Однако точно так же она не может быть изучена и без инженерно-психологического анализа социотехнических систем. В этом заключается прямая взаимосвязь инженерной психологии и **науки управления**, а точнее, той ее части, которая относится к **психологии управления**.

Инженерная психология связана также с **системотехникой** и **кибернетикой**. **Системотехника** – техническая наука об общих принципах создания,

совершенствования и использования технических систем. Вполне очевидно, что системотехническое проектирование немислимо без учета человеческого фактора, проектирования операторской деятельности, без других данных инженерной психологии. **Кибернетика** – техническая наука об общих закономерностях процессов управления в системах различного характера (живых организмах, технике, обществе). Значение кибернетики для инженерной психологии заключается в том, что она позволяет подойти к изучению и описанию с единых позиций таких качественно разнородных составляющих СЧМ, какими являются человек и машина.

Большое значение для инженерной психологии имеет использование **математики**. Математические методы широко применяются для построения моделей деятельности оператора, при планировании и обработке результатов инженерно-психологических экспериментов, при получении количественных оценок деятельности оператора и т. д. Однако правильное применение математических методов невозможно без учета психологических и психофизиологических закономерностей операторской деятельности, без опоры на ее содержательную сторону. Поэтому существующие разделы математики не всегда могут быть просто перенесены в область инженерной психологии.

Необходимо отметить взаимосвязь между инженерной психологией и **экономикой**. Связь эта взаимная. Широкое внедрение инженерно-психологических разработок оказывает существенное влияние на экономические показатели отдельных подразделений и предприятий. В свою очередь, высокая экономическая эффективность этих разработок способствует более быстрому и широкому их внедрению, возрастанию авторитета научных исследований в области инженерной психологии. Это оказывает существенное влияние на развитие дальнейших исследований в данной области.

1.2.4. Место инженерной психологии в системе подготовки современного инженера

Заканчивая рассмотрение междисциплинарных связей инженерной психологии, необходимо остановиться на ее месте в системе подготовки современного инженера. Изучение инженерной психологии базируется на некоторых разделах ряда учебных дисциплин.

Знания из области *физики* необходимы при проведении инженерно-психологических измерений и экспериментов, при изучении характеристик анализаторов человека, при пользовании различного рода измерительными приборами. *Математические знания* нужны при изучении количественных характеристик деятельности оператора.

Знания *теории надежности* необходимы для изучений надежности оператора и системы «Человек - машина». Знание *возможностей и принципов построения ЭВМ* помогает в изучении вопросов распределения функций между человеком и машиной и моделирования деятельности оператора.

Помимо этого инженерная психология является базой для изучения таких дисциплин по профилю подготовки студента, как *конструирование аппаратуры, техническая эксплуатация, охрана труда и техника безопасности, экономика и организация промышленного производства* и др. Для изучения этих дисциплин нужны сведения о характеристиках и возможностях человека, его свойствах и состояниях в процессе труда.

Тема 1.3. Методы инженерной психологии

1.3.1. Классификация и общая характеристика методов

Инженерная психология пользуется широким ассортиментом методов (и конкретных методик), сложившихся в психологической науке, а также в других, смежных с нею областях (в кибернетике, физиологии человека, математике и т.д.).

Эти методы используются как в фундаментальных исследованиях, направленных на выявление закономерностей информационных процессов в СЧМ и деятельности человека-оператора, так и при инженерно-психологических испытаниях новых образцов техники, проводимых с целью оценки их соответствия свойствам и возможностям человека. К основным методам инженерной психологии относятся: *психологические, физиологические, математические и имитационные.*

С помощью *психологических методов* осуществляются анализ деятельности оператора (или ее отдельных сторон) в реальных или лабораторных условиях, проводится оценка влияния разного рода факторов на деятельность оператора и ее результаты. Применение их в инженерной психологии осуществляется по двум основным направлениям: *в целях исследования* и *в целях испытаний. В результате исследований* (наблюдение, эксперимент, опрос) устанавливаются определенные факторы и закономерности, раскрываются механизмы деятельности оператора, проводится психологический анализ деятельности. *В результате испытаний*, проводимых обычно с помощью тестов, у человека определяется наличный уровень тех или иных психологических качеств и характеристик.

Физиологические методы применяются в инженерной психологии для изучения функционального состояния оператора в процессе трудовой деятельности, для определения реакции различных систем организма на выполнение данной деятельности. Анализ физиологических характеристик оператора позволяет оценить, какими какой «ценой» достигается выполнение задачи оператором.

Использование **математических методов** в инженерной психологии осуществляется при статистической обработке результатов наблюдений, при отыскании зависимостей, описывающих соотношение между изучаемыми переменными, при построении моделей деятельности оператора.

Разновидностью математических методов являются **имитационные методы**. Суть их сводится к моделированию с помощью ЭВМ изучаемых процессов. В инженерной психологии эти методы используются для моделирования деятельности оператора с помощью ЭВМ.

Эффективное изучение деятельности оператора может быть проведено только при разумном сочетании различных методов. Это вытекает из требований системного подхода.

1.3.2. Психологические методы

Основными из психологических методов являются **наблюдение** и **эксперимент**. Цель **наблюдения** как метода инженерной психологии – выявить профессионально значимые особенности психических процессов путем изучения и сопоставления внешних проявлений деятельности человека, мимики, речи и результатов его труда.

Наблюдение обычно дополняется рядом способов объективной регистрации изучаемых явлений. К ним относится, в частности, фотографирование или видеосъемка рабочей позы и выражения лица оператора, показаний наблюдаемых им приборов и индикаторов, направлений взгляда и рабочих движений. Всё это необходимо делать так, чтобы не отвлекать оператора от работы, не сковывать его действий и не делать их менее естественными. Для регистрации речи может использоваться магнитофон.

Наблюдение может быть уточнено и с помощью **замеров**. Это могут быть **замеры геометрических размеров рабочего места, замеры времени и последовательности труда и отдыха** в течение всего рабочего дня или суток (фотография рабочего дня), **замеры времени выполнения отдельных действий и движений** (хронометраж).

В процессе наблюдения широко проводятся также **замеры физиологических показаний человека**: частоты пульса и дыхания, кровяного давления, электрической активности сердца, головного мозга, мышц и т.д.

Большое значение при наблюдении принадлежит **анализу ошибочных действий оператора**. Анализ характера ошибок, причин их возникновения позволяет наметить реальные пути их устранения.

Наблюдение обычно дополняется **беседами** с операторами и **анкетированием**. Преимущество беседы перед анкетным методом состоит в том, что **при беседе** можно выяснить непонятные вопросы, **беседа** позволяет изменить формулировку вопроса, если он воспринят испытуемым недостаточно правильно.

Анкетирование обладает меньшими возможностями, чем устная беседа. Вместе с тем его преимущество состоит в том, что оно позволяет одновременно опросить большой круг лиц. Кроме того, можно формализовать обработку полученных ответов.

Большое значение в арсенале методов инженерной психологии принадлежит **эксперименту**. **Эксперимент** в инженерной психологии – это изучение психологических особенностей деятельности оператора, вызванных изменением условий, цели или способа выполнения этой деятельности. Эксперимент может быть **лабораторным** и **естественным**.

Лабораторный эксперимент представляет собой одну из разновидностей моделирования деятельности оператора («физическое» моделирование). Смысл его заключается в том, что перед испытуемым ставится задача в лабораторных условиях выполнять определенные действия, по психологической структуре наиболее соответствующие действиям реальной деятельности. Такое моделирование позволяет в лабораторных условиях изучить какую-либо реальную деятельность с большой точностью регистрации и замеров. Однако в силу искусственности лабораторных условий полученные результаты могут отличаться от тех, которые имеют место в реальных условиях деятельности человека. Поэтому лабораторный эксперимент (так же как и

любая другая модель деятельности оператора) имеет лишь определенное приближение к реальной деятельности. Его результаты обязательно должны проверяться и сопоставляться с данными наблюдениями или эксперимента в реальных условиях.

Лабораторный эксперимент может быть двух видов: **синтетический** и **аналитический**.

При **синтетическом эксперименте** пытаются воспроизвести возможно более точно все цели и условия данного вида трудовой деятельности. Обычно для этого используют различные модели кабин, стенды, тренажеры, имитаторы.

При **аналитическом эксперименте** в лабораторных условиях воспроизводят только какой-то один элемент трудовой деятельности, а все остальные элементы при этом сознательно исключаются. Этот вид эксперимента обычно применяется для изучения влияния различных условий на отдельные элементы деятельности.

Разновидностью аналитического лабораторного эксперимента являются **тестовые испытания**. **Тестом** называется задача или задание, с помощью которого проверяется уровень развития у оператора того или иного психологического качества. Тесты могут быть **бланковыми** (письменными) и **аппаратурными**. Последние позволяют более полно оценить качества оператора, однако они требуют больших материальных затрат на изготовление и эксплуатацию.

Тестовые испытания применяются для решения задач профессионального отбора (с их помощью определяется у испытуемого степень выраженности того или иного психологического качества), контроля состояния оператора (по изменению результатов выполнения теста судят об изменении состояния) и при правильном их применении дают неплохие результаты. Однако значение тестов нельзя абсолютизировать, подменять ими другие виды изучения деятельности оператора.

Одним из наиболее продуктивных методов изучения деятельности оператора является **естественный эксперимент**. В лабораторном эксперименте отсутствует

весьма важный момент: возможность изучения адекватного отношения испытуемого к своей деятельности, которое может колебаться в широких пределах – от повышенной настороженности до несерьезности. В естественном эксперименте испытуемый выполняет работу, иногда не зная, а чаще всего забывая, что он является объектом исследования.

Широкое применение (в частности, при исследовании сложных систем «Человек - машина») приобретает сочетание *естественного эксперимента с математическими моделями* деятельности оператора.

В этом случае, с одной стороны, математические модели применяются для получения априорных данных об исследуемой деятельности. С другой стороны, эти модели строятся как результат эксперимента, и дальнейшее изучение деятельности проводится с помощью моделей без продолжения эксперимента.

1.3.3. Физиологические методы

Применение физиологических методов в инженерной психологии обусловлено следующими обстоятельствами:

- физиологические характеристики имеют важное значение для контроля состояния оператора;
- любое психологическое проявление имеет физиологическую основу;
- в клинической практике и физиологии труда накоплен определенный опыт обработки и анализа физиологических характеристик, а также имеется богатый арсенал приборов для проведения физиологических измерений.

Кратко, не останавливаясь на механизмах возникновения и способах получения и обработки, рассмотрим важнейшие из физиологических характеристик, к которым относятся: *электроэнцефалограмма, электромиограмма, кожно-гальваническая реакция, электрокардиограмма, электроокулограмма, пневмограмма, речевой ответ.*

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) (рис. 1.3а) характеризует биоэлектрическую активность головного мозга. В спектре ЭЭГ содержатся различные составляющие: дельта-ритм (частота колебаний 0,5–4,0 Гц), тета-ритм (5,0–7,0 Гц) альфа-ритм (8,0–12,0 Гц), бета-ритм (15–35 Гц), гамма-ритм (35–100 Гц). Преобладание низкочастотных колебаний (дельта- и тета-ритмы) свидетельствует о наступлении тормозного процесса (сон, ослабление бдительности и внимания, утомление и т. п.). Наличие альфа-волн характеризует состояние нормальной синхронизации основных нервных процессов. Они являются доминирующими у здорового, бодрствующего человека, находящегося в состоянии оперативной готовности к деятельности. Преобладание высокочастотных колебаний указывает на процесс возбуждения в коре головного мозга. Это бывает характерным при возникновении психофизиологической напряженности во время работы, а также свидетельствует о возникновении эмоциональных состояний.

Электромиограмма (ЭМГ) (рис. 1.3б) представляет регистрацию биопотенциалов мышц человека. ЭМГ является весьма чувствительным объективным показателем включения в динамическую или статическую работу отдельных групп мышц. Такой анализ необходим при изучении рабочей позы и управляющих движений оператора. С помощью ЭМГ можно регистрировать также утомление человека. При утомлении уменьшается суммарная активность мышц и средняя амплитуда колебаний.

Кожно-гальваническая реакция (КГР) (рис. 1.3в) характеризует изменение электрического сопротивления или разности потенциалов кожи. КГР является одним из наиболее результативных способов регистрации возникновения эмоциональной напряженности у оператора. При этом наблюдается падение электрического сопротивления кожи или увеличение разности потенциалов между двумя точками кожной поверхности (от 10–30 мВ/см в нормальном состоянии до 100 мВ/см и более при возникновении эмоциональной напряженности).

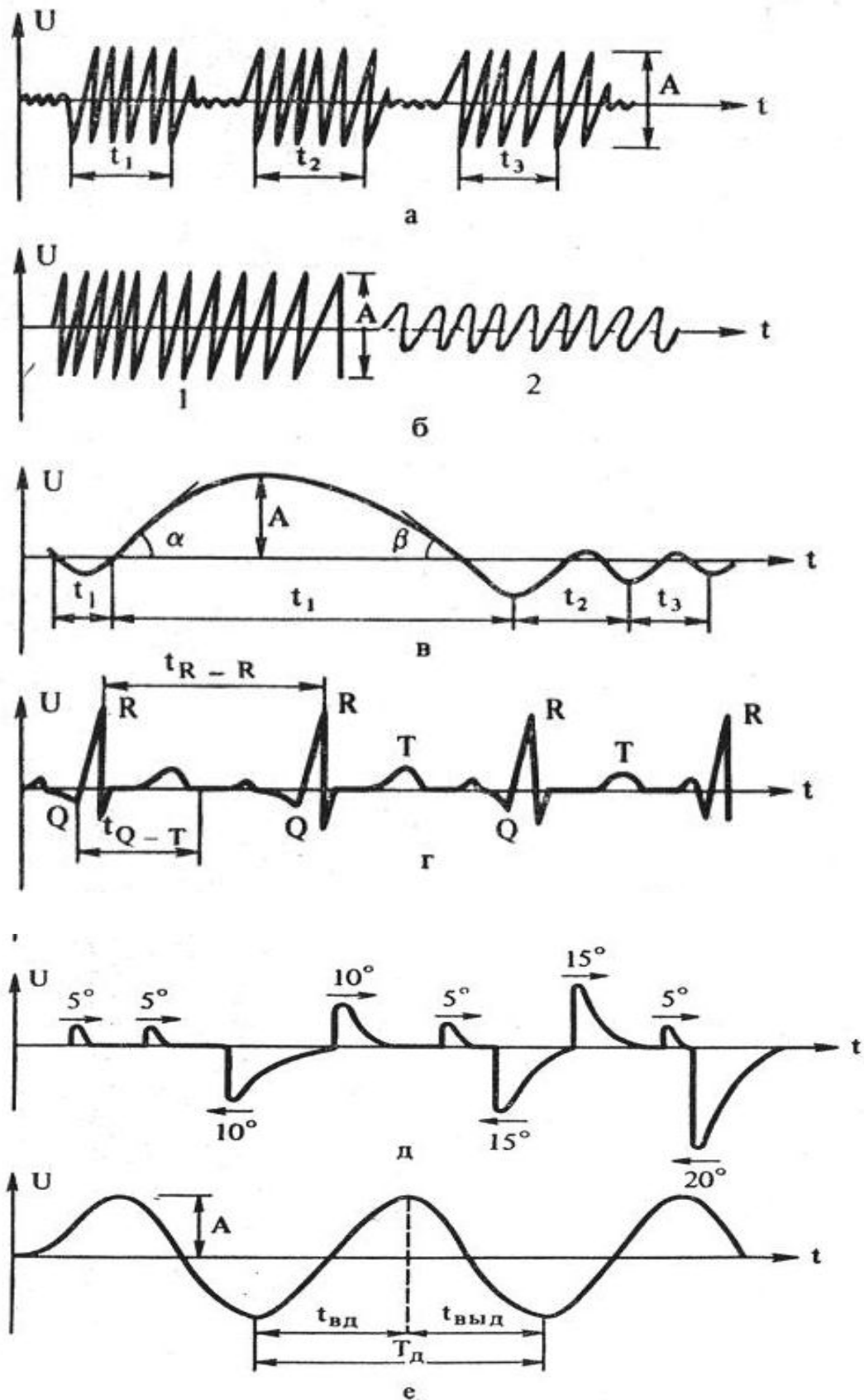


Рис. 1.3. Пример записи физиологических характеристик человека: *а* – электроэнцефалограмма; *б* – электромиограмма; *в* – кожно-гальваническая реакция; *г* – электрокардиограмма; *д* – электроокулограмма; *е* – пневмограмма

Электрокардиограмма (ЭКГ) (рис.1.3г) представляет регистрацию электрических явлений, возникающих в сердечной мышце. ЭКГ состоит из ряда зубцов, характеризующих протекание тех или иных процессов в сердечной мышце, и интервалов между ними. В инженерной психологии ЭКГ используется для определения напряженности работы оператора. Для этого измеряются: частота сердечных сокращений, систолический и гистографический показатели. При возникновении напряженности в работе оператора рассмотренные показатели ЭКГ, как правило, увеличиваются.

Электроокулограмма (ЭОГ) (рис. 1.3д) характеризует электрическую активность глазных мышц. Обычно используется отдельная регистрация вертикальных и горизонтальных движений глаз. При этом знак потенциала ЭОГ указывает направление перемещения взгляда, а его величина – угол перемещения. ЭОГ применяется для анализа работы зрительной системы оператора со средствами отображения информации, для анализа распределения и переключения внимания оператора в процессе работы и других целей.

Пневмограмма (ПГ) (рис. 1.3е) представляет собой запись внешнего дыхания. Она используется для оценки психофизиологической напряженности. В состоянии возбуждения или напряжения частота дыхания увеличивается до 50–60 колебаний в минуту, наблюдается также уменьшение глубины дыхания и укорочение фазы выдоха относительно фазы вдоха.

Речевой ответ (РО) изучается по спектральным и временным характеристикам речи оператора. По изменению интонации голоса, которая сопровождается изменением спектрального состава звуковых колебаний, можно судить о возникновении эмоциональных состояний оператора, напряженности и утомления в его работе. Информация об этих состояниях содержится также и во временных параметрах РО. Например, при развитии утомления увеличиваются длительность слов и пауз между ними, а также их дисперсии.

1.3.4. Математические методы

Рассмотренные психологические и физиологические методы могут быть применены лишь в реально существующих СЧМ или при наличии их макетов, имитаторов, испытательных стендов. Возможности этих методов при проектировании СЧМ, когда будущая система существует лишь в чертежах, весьма ограничены. Более широкие возможности в этих условиях имеют математические методы. Они применяются для формализованного описания и построения математических моделей деятельности оператора (функционирования СЧМ).

К математическим методам в инженерной психологии предъявляются следующие требования: **размерность** (описание процессов управления со многими взаимосвязанными переменными), **динамичность** (учет фактора времени), **неопределенность** (учет случайных, вероятностных составляющих в деятельности оператора), **факторность** (учет специфических особенностей поведения человека, например напряженности, эмоций и т.д.), **описательность** (возможность описания внутренних, психофизиологических механизмов деятельности человека). Кроме того, применяемые методы должны допускать возможность описания деятельности человека и работы машины с помощью единых показателей и характеристик.

Наиболее широкое использование для описания деятельности оператора нашли **методы теории информации, теории массового обслуживания и теории автоматического управления**. Каждый из этих методов оптимален лишь по одной-двум характеристикам, то есть удачно описывает лишь определенные стороны деятельности оператора. Поэтому при решении инженерно-психологических задач очень часто приходится применять комбинацию тех или иных методов.

Методы теории информации. Применение **теории информации** в инженерной психологии основано на представлении человека-оператора в качестве канала связи, задачей которого является передача информации от средств отображения к органам управления. При этом под информацией понимаются любые изменения в управляемом

процессе или условиях внешней среды, поступающие к оператору от средств отображения информации или непосредственно воспринимаемые оператором, а также команды и указания о необходимости осуществления тех или иных воздействий на процесс управления.

Основным понятием теории информации является количество информации (энтропия), которое вычисляется по формуле

$$E = -k \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log P_i,$$

где P_i – вероятность появления i -го сигнала; n – число различных сигналов; k – коэффициент, учитывающий выбранное основание логарифма ($k=1$, если \log_2).

В случае, если все сигналы равновероятны ($P_i = 1/n$), то количество информации достигает при данном n своего максимального значения

$$E = \log_2 n.$$

Эти выражения представляют собой наиболее общие формулы для расчета количества информации. Однако оператор в своей деятельности выполняет различные действия (поиск сигнала, считывание показаний с прибора, проведение вычислений, выполнение управляющих движений и т.п.). Для каждого из этих действий в зависимости от конкретных условий их выполнения могут быть получены частные формулы для определения количества информации.

Методы теории информации применяются в инженерной психологии при решении ряда задач. Во-первых, количество перерабатываемой информации может использоваться как мера сложности работы оператора, следовательно, такой способ позволяет сравнивать между собой различные виды операторской деятельности. Во-вторых, зная количество информации, можно оценить время, которое затрачивает оператор на переработку этой информации, поскольку между ними, как правило, существует линейная зависимость. В-третьих, знание количества информации позволяет согласовать скорость ее выдачи (производительность источника информации) с психофизиологическими возможностями человека по ее

приему и обработке. Условием неискаженной передачи информации является следующее: скорость поступления информации к оператору должна быть меньше пропускной способности оператора.

Методы теории массового обслуживания. Для построения моделей деятельности оператора может использоваться также математический аппарат *теории массового обслуживания*. Информация от средств отображения и от взаимодействующих операторов, а также сигналы внешней среды образуют входящий поток заявок (требований на обслуживание). Заявки поступают или прямо к оператору, или становятся в очередь на обслуживание (если оператор занят обслуживанием предыдущей заявки). Устройством для хранения очереди могут быть средства отображения информации или память оператора. В зависимости от организации очереди могут быть различные системы массового обслуживания: *с ожиданием*, или *без потерь* (любая заявка хранится до тех пор, пока не будет обслужена оператором); *с ограниченным ожиданием* (заявка, хранится в очереди ограниченное время); *с ограниченной длиной очереди* (в очередь может становиться лишь ограниченное число заявок); *с потерями* (заявки, поступившие в момент занятости оператора, в очередь не становятся и к обслуживанию не принимаются).

Организация очереди определяется характером деятельности оператора. Поэтому при проектировании деятельности следует стремиться, чтобы она, насколько это возможно, была организована по схеме массового обслуживания с ожиданием. При прочих равных условиях это позволяет обеспечить максимальную эффективность функционирования СЧМ.

Методы теории автоматического управления. Для построения математических моделей деятельности оператора в системах непрерывного типа (транспортные средства: самолет, автомобиль, корабль; системы, в которых оператор выполняет функции слежения или наведения; системы регулирования параметров, работающие с участием человека, и т. п.) могут применяться *методы теории автоматического управления*. С позиции теории

автоматического управления человек-оператор рассматривается как элемент следящей системы, какой представляется в данном случае система «Человек - машина». На работу системы влияют динамические связи элементов системы друг с другом и человеком.

Процесс анализа системы состоит из трех этапов:

- установление критерия поведения замкнутой системы и определение ее передаточной функции;
- нахождение такой передаточной функции оператора, которая позволила бы получить требуемую функцию всей системы;
- проведение системы мероприятий (отбор, тренировка операторов, соответствующее оформление технической части СЧМ), обеспечивающих требуемую функцию оператора.

1.3.5. Имитационные методы

Рассмотренные выше методы в ряде случаев не могут быть использованы для изучения и анализа деятельности оператора. Укажем некоторые из этих случаев.

1. Применение математических методов в процессе проектирования СЧМ, как правило, позволяет лишь приближенно оценивать деятельность оператора, поскольку эти методы не позволяют учесть целый ряд особенностей деятельности оператора.

2. Применение экспериментальных методов в процессе испытаний и эксплуатации СЧМ также не всегда оказывается возможным. Это может быть связано с опасностью для здоровья или жизни людей, невозможностью экспериментального воспроизведения некоторых ситуаций, с большой сложностью или стоимостью эксперимента.

В этих случаях весьма полезные результаты дает применение **статистического моделирования**. Оно базируется на методе **статистических испытаний** (метод Монте-Карло). Метод основан на розыгрыше (имитации) воздействия случайных факторов на деятельность оператора и функционирование СЧМ непосредственно в ходе

моделирования. Этим объясняется другое название метода – **имитационное моделирование**.

Смысл метода заключается в многократной реализации с помощью ЭВМ моделируемого процесса. Каждая реализация носит случайный характер. Достоверность окончательного решения достигается статистической обработкой промежуточных результатов по множеству реализаций.

Из этого следует, что имитационные методы занимают промежуточное положение между **экспериментальными** и **математическими методами**. По способу получения данных о деятельности оператора метод является математическим, а по характеру их получения и использования он копирует экспериментальный метод. Поэтому имитационные методы называют также **машинным** или **математическим экспериментом**.

1.3.6. Техническое обеспечение инженерно-психологических исследований

В состав аппаратуры для измерения физиологических характеристик обычно входят следующие устройства: **датчики** или **электроды** (служат для отведения потенциалов с поверхности тела человека), **преобразователи** (служат для преобразования исходного сигнала к виду, удобному для дальнейшей обработки), **усилители биоэлектрических сигналов**, **регистраторы** (служат для выдачи результата измерений в графической или цифровой форме), **ЭВМ** (служит для обработки результатов).

Исследование только одного физиологического показателя, как правило, не может дать однозначного ответа о состоянии оператора. Поэтому на практике применяется обычно так называемый **полиэффекторный метод**, заключающийся в одновременной записи и анализе целого комплекса показателей, называемого симптомокомплексом. Применение полиэффекторной методики позволяет значительно повысить надежность и достоверность диагностики состояний оператора в процессе его деятельности.

1.3.7. Основные направления использования ЭВМ для решения задач инженерной психологии

С помощью ЭВМ в инженерно-психологических исследованиях можно решать следующие задачи:

1. **Обработка результатов инженерно-психологических исследований.** Это освобождает исследователя от рутинного, непроизводительного труда по выполнению расчетов и вычислений. Кроме того, машинная обработка позволяет использовать при анализе полученных результатов более мощный, информативный математический аппарат (множественная регрессия, факторный анализ и т.п.). Без ЭВМ такой анализ зачастую провести невозможно из-за недопустимо больших затрат времени на ручную обработку данных. Обработка результатов может носить *автоматизированный* или *неавтоматизированный характер*. В первом случае изучаемые показатели состояния испытуемого вводятся для обработки в ЭВМ без участия оператора ЭВМ. Во втором случае эти показатели фиксируются с помощью специальных приборов или непосредственно оператором, а затем уже вручную вводятся в ЭВМ для обработки.

2. **Генерирование психологических задач.** В этом случае ЭВМ входит в состав исследовательского комплекса и по определенной программе дает задания испытуемому. Исследование может носить *управляемый* (адаптивный) или *неуправляемый характер*. В первом случае ЭВМ автоматически меняет режим предъявления информации испытуемому в зависимости от результатов его работы и изменения его функционального состояния. Во втором случае ЭВМ работает по жесткой, заранее определенной и неизменяемой в процессе исследования программе.

3. **Имитация (моделирование) деятельности оператора.** В этом случае ЭВМ по определенной программе имитирует деятельность человека. Имитация может носить *детерминированный* или *стохастический характер*. В первом случае по результатам эксперимента или путем рассуждений строится гипотетическая модель, описывающая поведение человека, например, с помощью системы дифференциальных уравнений. Тогда с помощью ЭВМ

можно проверить гипотезу, откорректировать ее и рассмотреть поведение объекта в различных, в том числе и экстремальных, условиях. Во втором случае имитация основана на розыгрыше воздействий случайных факторов на поведение оператора непосредственно в ходе моделирования. При этом каждая реализация моделируемого процесса носит случайный характер.

4. Создание информационно-справочной системы психологических данных. Идея такой системы состоит в том, что накапливаемый справочный материал хранится в памяти ЭВМ, а доступ к нему и поиск необходимых сведений организуется так, что любому исследователю в достаточно короткий срок могут быть выданы все интересующие его данные, накопленные ко времени запроса. Информационно-справочные системы могут быть *универсальными*, предназначенными для хранения информации, связанной с широким кругом задач, решаемых в инженерной психологии, и *специализированными*, предназначенными для хранения информации, связанной с решением конкретных задач.

Дальнейшим развитием применения ЭВМ в этом направлении является создание банка инженерно-психологических данных.

Тема 1.4. Система «Человек - машина»

1.4.1. Особенности и классификация СЧМ

Под системой в общей теории систем (системологии) понимается комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, предназначенный для решения единой задачи. Системы могут быть классифицированы по различным признакам. Одним из них является степень участия человека в работе системы. С этой точки зрения различают *автоматические* и *автоматизированные* системы. Работа *автоматической системы* осуществляется без участия человека. В работе *автоматизированной системы* принимают участие как человек, так и технические устройства. Следовательно, такая система представляет собой систему «Человек - машина».

На практике применяются самые разнообразные виды систем «Человек - машина». Основой их классификации могут являться следующие четыре группы признаков: *целевое назначение системы, характеристики человеческого звена, тип и структура машинного звена, тип взаимодействия компонентов системы (человека и машины)*.

1. *Целевое назначение системы* оказывает определяющее влияние на многие ее характеристики и поэтому является исходным признаком. По целевому назначению можно выделить следующие классы систем:

– *управляющие*, в которых основной задачей человека является управление машиной (или комплексом);

– *обслуживающие*, в которых человек контролирует состояние машинной системы, ищет неисправности, производит наладку, настройку, ремонт и т. п.;

– *обучающие*, т. е. вырабатывающие у человека определенные навыки (технические средства обучения, тренажеры и т. п.);

– *информационные*, обеспечивающие поиск, накопление или получение необходимой для человека информации (радиолокационные, телевизионные, документальные системы, системы радио- и проводной связи и др.);

– *исследовательские*, используемые при анализе тех или иных явлений, поиске новой информации, новых заданий (моделирующие установки, макеты, научно-исследовательские приборы и установки).

Особенность управляющих и обслуживающих систем заключается в том, что объектом целенаправленных воздействий в них является машинный компонент системы. В обучающих и информационных системах направление воздействий противоположное, то есть на человека. В исследовательских системах воздействие имеет и ту, и другую направленность.

2. *По признаку характеристики человеческого звена* можно выделить два класса СЧМ:

– *моносистемы*, в состав которых входит один человек и одно или несколько технических устройств;

– *полисистемы*, в состав которых входит некоторый коллектив людей и взаимодействующие с ним одно или комплекс технических устройств.

Полисистемы в свою очередь можно подразделить на *паритетные* и *иерархические* (многоуровневые). В первом случае в процессе взаимодействия людей с машинными компонентами не устанавливается какая-либо подчиненность и приоритетность отдельных членов коллектива. Примерами таких полисистем может служить система «коллектив людей – устройства жизнеобеспечения» (например, система жизнеобеспечения на космическом корабле или подводной лодке). Другим примером может быть система отображения информации с большим экраном, предназначенная для использования коллективом операторов.

В отличие от паритетных в иерархических СЧМ устанавливается или организационная, или приоритетная иерархия взаимодействия людей с техническими устройствами. Так, в системе управления воздушным движением диспетчер аэропорта образует верхний уровень управления. Следующий уровень – это командиры воздушных судов, действиями которых руководит диспетчер. Третий уровень – остальные члены экипажа, работающие под руководством командира корабля.

3. *По типу и структуре машинного звена* (компонента) можно выделить:

- инструментальные СЧМ;
- простейшие человеко-машинные системы;
- сложные человеко-машинные системы;
- системотехнические комплексы.

В состав **инструментальных СЧМ** входят инструменты и приборы. Отличительной особенностью этих систем, как правило, является требование высокой точности выполняемых человеком операций.

Другим типом СЧМ являются **простейшие человеко-машинные системы**, которые включают стационарное или нестационарное техническое устройство и человека, использующего это устройство. Здесь требования к человеку существенно различаются в зависимости от типа устройства, его целевого назначения и условий применения. Однако их основной особенностью является сравнительная простота функций человека.

Следующим типом СЧМ являются **сложные человеко-машинные системы**, которые включают помимо использующего их человека некоторую совокупность технологически связанных, но различных по своему функциональному назначению аппаратов, устройств и машин, предназначенных для производства определенного продукта (энергетическая установка, прокатный стан, автоматическая поточная линия, вычислительный комплекс и т. п.). В этих системах, как правило, связанность технологического процесса обеспечивается локальными системами автоматического управления. В задачу человека входит общий контроль за ходом технологического процесса, изменение режимов работы, оптимизация отдельных процессов, настройка, пуск и остановка.

Еще более сложным типом СЧМ являются **системотехнические комплексы**. Они представляют собой сложную техническую систему с не полностью детерминированными связями и коллектив людей, участвующих в ее использовании. Для систем такого типа характерным является взаимодействие не только по цепи «человек-машина», но и по цепи «человек-человек-машина».

Другими словами, в процессе своей деятельности человек взаимодействует не только с техническими устройствами, но и с другими людьми. При всей сложности системотехнических комплексов их в большинстве случаев можно представить в виде иерархии более простых человеко-машинных систем. Типичными примерами системотехнических комплексов различного уровня и назначения могут служить судно, воздушный лайнер, промышленное предприятие, вычислительный центр, транспортная система и т. п.

4. В основу классификации СЧМ *по типу взаимодействия человека и машины* может быть положена степень непрерывности этого взаимодействия. По этому признаку различают *системы непрерывного* (например, система «водитель - автомобиль») и *эпизодического взаимодействия*. Последние, в свою очередь, делятся на системы *регулярного* и *стохастического взаимодействия*. Примером системы регулярного взаимодействия может служить система «оператор - ЭВМ». Стохастическое взаимодействие имеет место в таких системах, как «оператор - система централизованного контроля», «наладчик - станок» и т. п.

Рассмотренная классификация СЧМ не является единственно возможной. Существуют и иные подходы к решению задачи классификации.

Однако, несмотря на большое разнообразие систем «Человек - машина», они имеют целый ряд общих черт и особенностей. Эти системы являются, как правило, *динамическими, целеустремленными, адаптивными, самоорганизующимися*.

Системы «Человек - машина» относятся к классу сложных *динамических систем*, т. е. систем, состоящих из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов различной природы и характеризующихся изменением во времени состава структуры и (или) взаимосвязей. Из этого следуют характерные особенности, присущие СЧМ как сложной динамической системе:

– разветвленность структуры (или связей) между элементами (человеком и машиной);

– разнообразие природы элементов (в состав СЧМ могут входить человек, коллектив людей, автоматы, машины, комплексы машин и т.д.);

– перестраиваемость структуры и связей между элементами (например, при нормальном ходе технологического процесса оператор лишь следит за ходом его протекания, т.е. включен в контур управления как бы параллельно; при отклонении от нормы оператор берет управление на себя, т.е. включается в контур управления последовательно);

– автономность элементов, т. е. способность их автономно выполнять часть своих задач.

Системы «Человек - машина» относятся также к классу **целеустремленных систем**. В общем случае считается, что система действует целеустремленно, если она продолжает преследовать одну и ту же цель, изменяя свое поведение при изменении внешних условий. Существенной особенностью целеустремленных систем является их способность получать одинаковые результаты различными способами. Системы этого класса могут изменять свои задачи, выбирать как сами задачи, так и средства их реализации. Целеустремленность СЧМ обусловлена тем, что в нее включен человек. Именно он ставит цели, определяет задачи и выбирает средства достижения цели.

Системы «Человек - машина» можно рассматривать и как **адаптивные системы**. Свойство адаптации заключается в приспособлении СЧМ к изменяющимся условиям работы, в изменении режима функционирования в соответствии с новыми условиями. Для повышения эффективности СЧМ необходимо предусмотреть возможность адаптации как внутри самой системы, так и по отношению к внешней среде. До недавнего времени свойство адаптации СЧМ реализовывалось благодаря приспособительным возможностям человека, т. е. возможностям изменения его поведения в зависимости от конкретной обстановки. В настоящее время создаются СЧМ, в которых свойство адаптации реализуется путем соответствующего технического и программного обеспечения.

Такие технические средства могут изменять свои

параметры и условия деятельности в зависимости от текущего конкретного психофизиологического состояния человека и показателей эффективности его деятельности.

И, наконец, системы «Человек - машина» можно отнести к классу *самоорганизующихся систем*, т. е. систем, способных к уменьшению энтропии (неопределенности) после вывода их из устойчивого, равновесного состояния под действием различного рода возмущений. Это свойство становится возможным благодаря целенаправленной деятельности человека, способности его планировать свои действия, принимать правильные решения и реализовывать их в соответствии с возникшими обстоятельствами. Способность к адаптации и самоорганизации обуславливает такое важное свойство систем «Человек - машина», каким является их живучесть.

Из всего сказанного видно, что рассмотренные особенности СЧМ определяются наличием в их составе человека, его возможностью правильно решать возникающие задачи в зависимости от конкретных условий и обстановки. Это лишний раз показывает, что исходным пунктом анализа и описания СЧМ должна быть целесообразная деятельность человека.

1.4.2. Инженерно-психологическое обеспечение СЧМ

Для того, чтобы были реализованы все потенциальные возможности систем «Человек - машина», необходим также и правильный учет инженерно-психологических требований в процессе их проектирования, производства и эксплуатации. Это приводит к необходимости создания единой системы инженерно-психологического обеспечения систем «Человек - машина» на всех этапах их жизненного цикла.

Под *инженерно-психологическим обеспечением* понимается весь комплекс мероприятий, связанных с организацией учета человеческого фактора в процессе проектирования, производства и эксплуатации СЧМ. Проблема инженерно-психологического обеспечения имеет два основных аспекта: *целевой* и *организационно-методический*.

Первый из них связан с непосредственным выполнением работ по учету человеческого фактора на каждом из этапов жизненного цикла СЧМ (проектирования, производства и эксплуатации). Он включает определение функций человека в проектируемой СЧМ и оценку его психологических возможностей по их выполнению, учет психофизиологических свойств человека в процессе производства, учет психофизиологических возможностей человека при эксплуатации СЧМ.

Второй аспект связан с организационно-методическим обеспечением работ по учету человеческого фактора на этих этапах. Он включает в себя разработку необходимых справочно-методических материалов, с помощью которых можно выполнять эти работы, а также разработку нормативных документов, регламентирующих степень и полноту учета человеческого фактора при проектировании, производстве и эксплуатации СЧМ.

Тема 1.5. Показатели качества системы «Человек - машина»

Любая СЧМ предназначена удовлетворять те или иные потребности человека и общества. Для этого она должна обладать определенными свойствами, которые закладываются при проектировании СЧМ и реализуются в процессе эксплуатации. Под свойством СЧМ понимается ее объективная способность (особенность), проявляющаяся в процессе эксплуатации. Количественная характеристика того или иного свойства системы, рассматриваемого применительно к определенным условиям ее создания или эксплуатации, носит название показателя качества СЧМ.

Не рассматривая подробно все показатели (это не является задачей инженерной психологии), остановимся лишь на тех из них, которые влияют на деятельность человека в СЧМ или зависят от результатов его деятельности.

Быстродействие СЧМ (время цикла регулирования) определяется временем прохождения информации по замкнутому контуру «Человек - машина»:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^k t_i,$$

где t_i – время задержки (обработки) информации в i -м звене СЧМ; k – число последовательно соединенных звеньев СЧМ (в качестве их могут выступать как технические звенья, так и операторы).

Точность работы оператора определяется степенью отклонения некоторого параметра, измеряемого, устанавливаемого или регулируемого оператором, от своего истинного, заданного или номинального значения. Количественно точность работы оператора оценивается величиной погрешности, с которой оператор измеряет, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$\gamma = I_{\text{н}} - I_{\text{оп}},$$

где $I_{\text{н}}$ – истинное или номинальное значение параметра; $I_{\text{оп}}$ – фактически измеряемое, устанавливаемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

Надежность СЧМ характеризует безошибочность (правильность) решения стоящих перед СЧМ задач. Она оценивается вероятностью правильного решения задачи, которая, по статистическим данным, определяется отношением

$$P_{\text{пр}} = 1 - \frac{m_{\text{ош}}}{N},$$

где $m_{\text{ош}}$ и N – соответственно число ошибочно решенных и общее число решаемых задач.

Своевременность решения задачи СЧМ оценивается вероятностью того, что стоящая перед СЧМ задача будет выполнена за время, не превышающее допустимое, и по статистическим данным определяется по выражению

$$P_{\text{св}} = 1 - \frac{m_{\text{нс}}}{N},$$

где $m_{\text{нс}}$ – число несвоевременно решенных СЧМ задач; N – общее число решаемых задач.

Вероятность правильного и своевременного решения задачи. Поскольку большинство СЧМ работают в рамках определенных временных ограничений, то несвоевременное решение задачи приводит к недостижению цели, стоящей перед системой «Человек - машина». Поэтому в этих случаях в качестве общего показателя надежности используется вероятность правильного ($P_{\text{пр}}$) и своевременного ($P_{\text{св}}$) решения задачи

$$P_{\text{СЧМ}} = P_{\text{пр}} P_{\text{св}}.$$

Такой показатель используется, например, при применении обобщенного структурного метода оценки надежности СЧМ.

Безопасность труда человека в СЧМ оценивается вероятностью безопасной работы

$$P_{\text{БТ}} = 1 - \sum_{i=1}^n P_{\text{вои}} P_{\text{оши}i},$$

где $P_{\text{во}i}$ – вероятность возникновения опасной или вредной для человека производственной ситуации i -го типа; $P_{\text{оши}i}$ – вероятность ошибочных действий оператора в i -ой ситуации; n – число возможных травмоопасных ситуаций.

Опасные и вредные ситуации могут создаваться как техническими причинами (неисправность машины, аварийная ситуация, неисправность защитных сооружений), так и нарушениями правил и мер безопасности со стороны людей. В условиях автоматизированного производства, когда контакт человека с рабочими частями машин и оборудования сравнительно невелик, большая роль в возникновении опасных и вредных для человека ситуаций принадлежит психофизиологическим факторам. Их влияние также нужно учитывать при определении показателя безопасности труда.

Степень автоматизации СЧМ характеризует относительное количество информации, перерабатываемой автоматическими устройствами. Эта величина определяется по формуле

$$K_A = 1 - \frac{H_{\text{оп}}}{H_{\text{СЧМ}}},$$

где $H_{\text{оп}}$ – количество информации, перерабатываемой оператором; $H_{\text{СЧМ}}$ – общее количество информации, циркулирующей в системе «Человек-машина».

Экономический показатель характеризует полные затраты на систему «Человек - машина». В общем случае эти затраты складываются из трех составляющих: затрат на создание (изготовление) системы $C_{\text{ис}}$, затрат на подготовку операторов $C_{\text{по}}$ и эксплуатационных расходов $C_{\text{э}}$. По отношению к процессу эксплуатации затраты $C_{\text{ис}}$ и $C_{\text{по}}$ являются, как правило, капитальными. Тогда полные приведенные затраты в СЧМ определяются выражением

$$W_{\text{СЧМ}} = C_{\text{э}} + E_{\text{н}}(C_{\text{ис}} + C_{\text{по}}),$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных затрат.

Эргономические показатели учитывают совокупность специфических свойств системы «Человек - машина», обеспечивающих возможность осуществления в ней деятельности человека (группы людей). Эргономические показатели представляют собой иерархическую структуру, включающую в себя целостную эргономическую характеристику (эргономичность СЧМ), в которую входят **комплексные** (управляемость, обслуживаемость, освояемость и обитаемость СЧМ), **групповые** (социально-психологические, психологические, физиологические, антропометрические, гигиенические) и **единичные показатели**.

С помощью рассмотренных показателей можно оценить одно или несколько однотипных свойств СЧМ. Иногда их может оказаться недостаточно для решения инженерно-психологических задач (например, при выборе одного из нескольких конкурирующих вариантов СЧМ). В этом случае дается интегральная оценка качества системы «Человек-машина» как совокупности всех ее основных свойств. Для этого используется понятие **эффективности** (качества) **СЧМ**, под которой понимается степень приспособленности системы к выполнению возложенных на нее функций. При определении эффективности СЧМ необходимо учитывать следующие правила:

- для получения полной интегральной (комплексной) оценки следует учитывать всю совокупность частных (единичных) показателей качества СЧМ;

- единичные показатели должны входить в общую оценку с некоторым «весом», характеризующим их важность в данной системе;

- поскольку единичные показатели имеют различный физический смысл и измеряются в разных величинах, они должны быть приведены к безразмерному и нормированному относительно некоторого эталона виду.

При этом следует отметить, что все единичные показатели с точки зрения их влияния на эффективность могут быть повышающими (надежность, безопасность, своевременность решения задачи и т. п.) или понижающими (затраты, время решения задачи и др.). Поэтому

нормирование производится следующим образом:

для повышающих показателей

$$E_{ni} = \frac{E_i}{E_{\max i}};$$

для понижающих показателей

$$E_{ni} = \frac{E_{\min i}}{E_i};$$

для повышающих и понижающих показателей

$$E_{ni} = \frac{E_i - E_{\text{кpi}}}{E_{\text{opti}} - E_{\text{кpi}}},$$

где E_{ni} и E_i – соответственно нормированное и исходное значение i -го частного показателя; $E_{\max i}$ и $E_{\min i}$ – максимальное и минимальное значение i -го частного показателя; E_{opti} и $E_{\text{кpi}}$ – оптимальное и критическое значение i -го частного показателя.

Эффективность системы представляется как некоторая совокупность единичных показателей. Чаще всего применяется аддитивная функция

$$\mathcal{E}_{\text{СЧМ}} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ni} E_{ni},$$

где n – число учитываемых частных показателей; α_{ni} – нормированные весовые коэффициенты, сумма которых должна быть равна единице:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ni} = 1.$$

При выполнении рассмотренных условий величина $\mathcal{E}_{\text{СЧМ}}$ принимает значения в пределах от нуля до единицы и представляет собой своеобразный «коэффициент полезного действия» системы «Человек-машина» или ее уровень качества.

Раздел 2. Психофизиологические характеристики деятельности человека-оператора

Тема 2.1. Особенности восприятия человеком информации в системе «Человек-машина»

2.1.1. Структура системы «Человек - РЭС»

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).

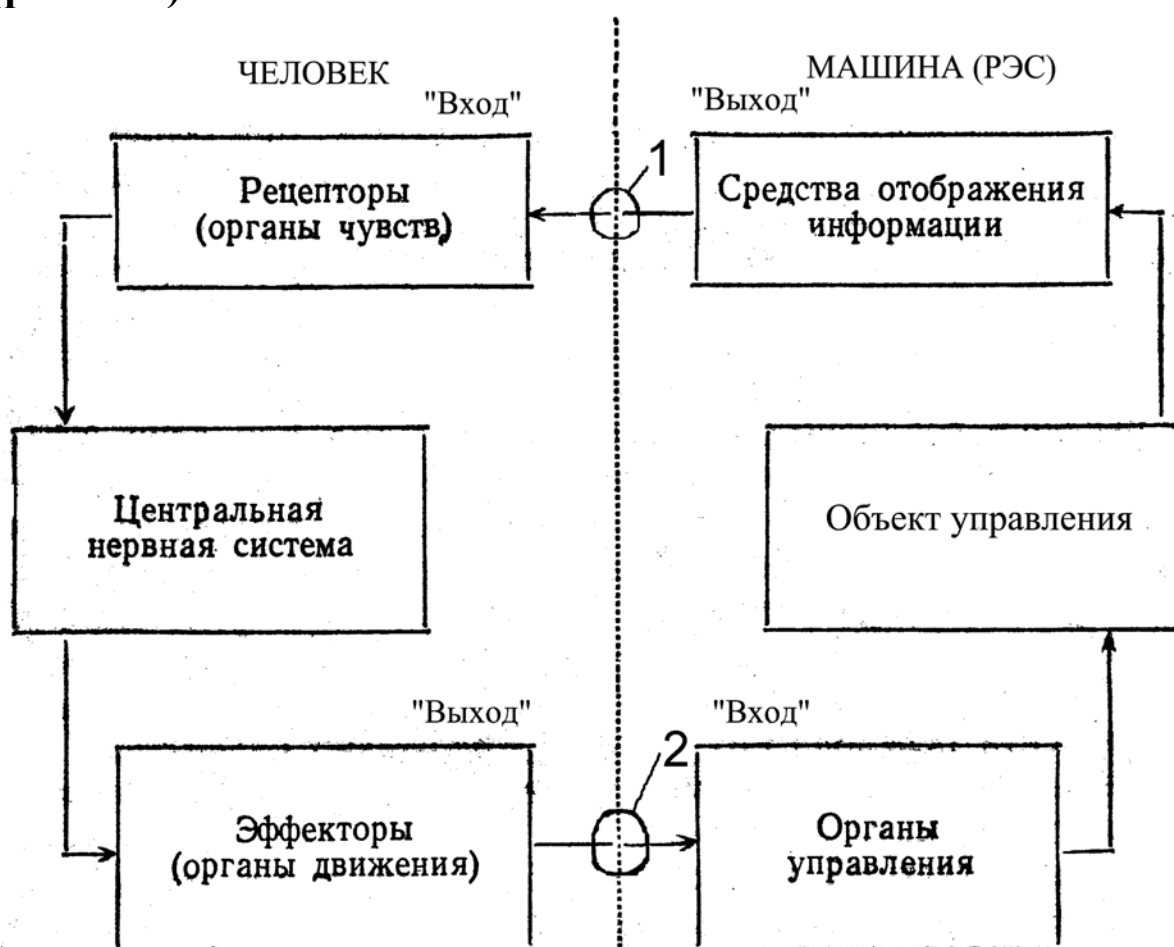


Рис. 2.1. Структурная схема системы «Человек-машина»

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.

2.1.2. Стадии приема информации

Деятельность оператора по управлению начинается с приема осведомительной информации об объекте управления. Основными психическими процессами, участвующими в приеме информации, являются *ощущение, восприятие, представление* и *мышление*.

Прием информации человеком-оператором необходимо рассматривать как процесс формирования перцептивного (чувственного) образа. Под ним понимается субъективное отражение в сознании человека свойств действующего на него объекта. Формирование перцептивного образа является фазным процессом. Оно включает несколько стадий: **обнаружение, различение и опознание.**

Обнаружение – стадия восприятия, на которой наблюдатель выделяет объект из фона, но еще не может судить о его форме и признаках.

Различение – стадия восприятия, на которой наблюдатель способен отдельно воспринимать два объекта, расположенных рядом (либо два состояния одного объекта) и выделять детали объектов.

Опознание – стадия восприятия, на которой наблюдатель выделяет существенные признаки объекта и относит его к определенному классу.

Длительность этих стадий зависит от сложности воспринимаемого сигнала.

Восприятие, как основа процесса приема информации оператором, характеризуется такими свойствами, как **целостность, осмысленность, избирательность и константность.**

Целостность восприятия возникает в результате анализа и синтеза комплексных раздражителей в процессе деятельности оператора.

Осмысленность состоит в том, что воспринимаемый объект относится оператором к определенной категории.

Избирательность заключается в преимущественном выделении одних объектов по сравнению с другими. Избирательность восприятия является выражением определенного отношения оператора к воздействию на него предметов и явлений внешней среды.

Константностью восприятия называется относительное постоянство некоторых воспринимаемых свойств предметов при изменении условий восприятия. Например, при зрительном восприятии имеет место **константность цвета, величины и формы** предметов. **Константность восприятия цвета** заключается в

относительной неизменности видимого цвета при изменении освещения. Относительное постоянство видимой величины предметов при их различной удаленности называется **константностью восприятия величины**. **Константность восприятия формы** предметов заключается в относительной неизменности восприятия формы предмета при изменении положения его по отношению к линии зрения оператора. Константное восприятие связано с восприятием предмета или предметной ситуации как единого целого.

Перечисленные свойства восприятия представляют определенный интерес в плане инженерной психологии в том смысле, что они не являются изначальными свойствами перцептивного образа, а формируются в процессе его становления. Этот факт имеет большое значение для правильного построения средств отображения информации, для организации профессионального отбора и обучения операторов.

2.1.3. Этапы деятельности оператора в СЧМ

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. На этом этапе осуществляется восприятие поступающей информации об объектах управления и тех свойствах окружающей среды и СЧМ в целом, которые важны для решения задачи, поставленной перед системой «Человек-машина». При этом 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.

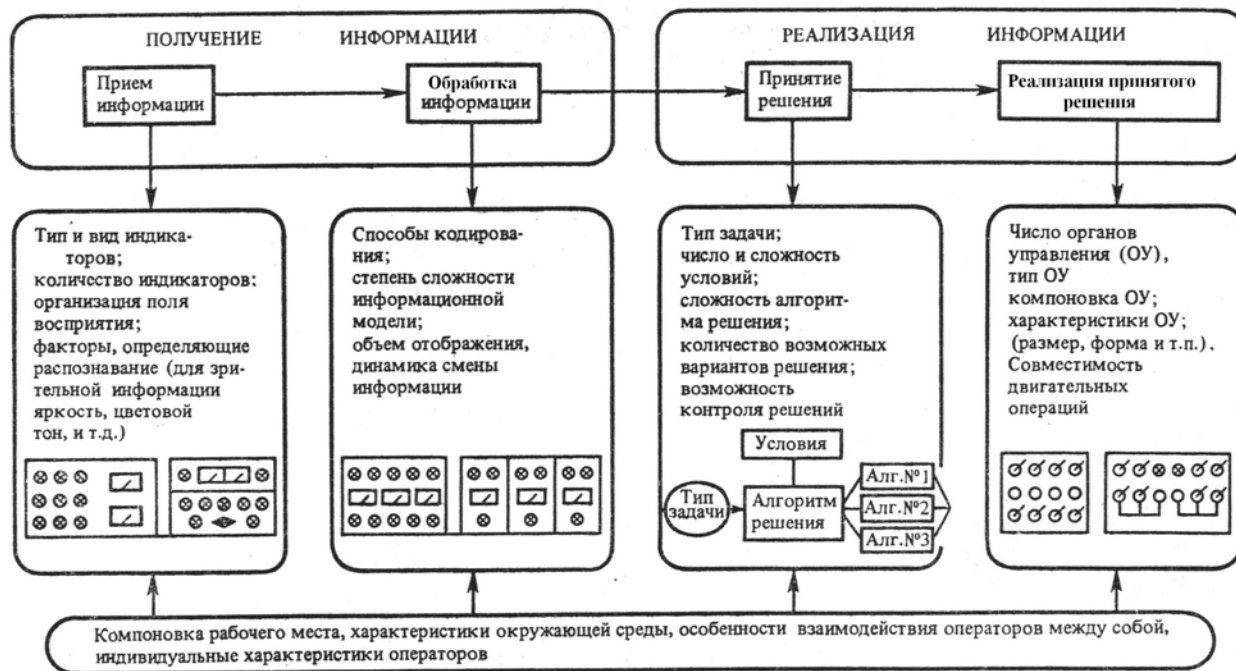


Рис. 2.2. Этапы деятельности оператора и факторы, влияющие на их выполнение

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.

2.1.4. Факторы, влияющие на выполнение этапов деятельности оператора

На качество и эффективность выполнения каждого из рассмотренных этапов 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.

2.1.5. 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.).

Тема 2.2. Виды, характеристики и свойства анализаторов человека

2.2.1. Виды анализаторов

Физиологической основой формирования перцептивного образа является работа анализаторов. Анализаторами называются нервные приборы, посредством которых человек осуществляет анализ раздражений. Любой анализатор состоит из трех основных частей: *рецептора, проводящих нервных путей и центра в коре больших полушарий головного мозга* (рис. 2.3).

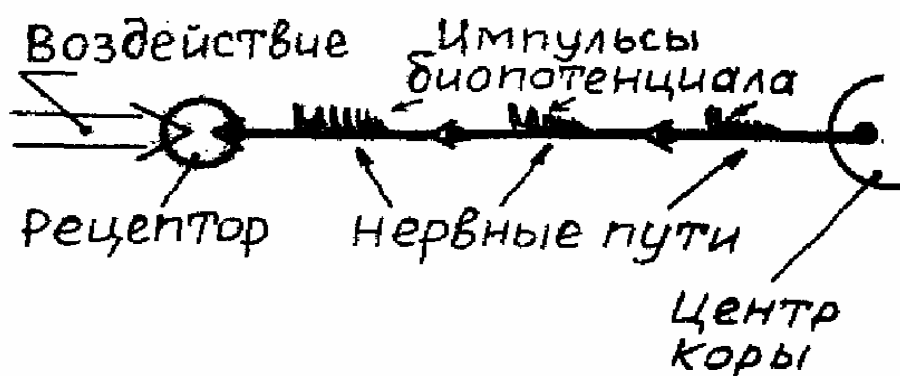


Рис. 2.3. Строение анализатора человека

Основной функцией рецептора является превращение энергии действующего раздражителя в нервный процесс. 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).

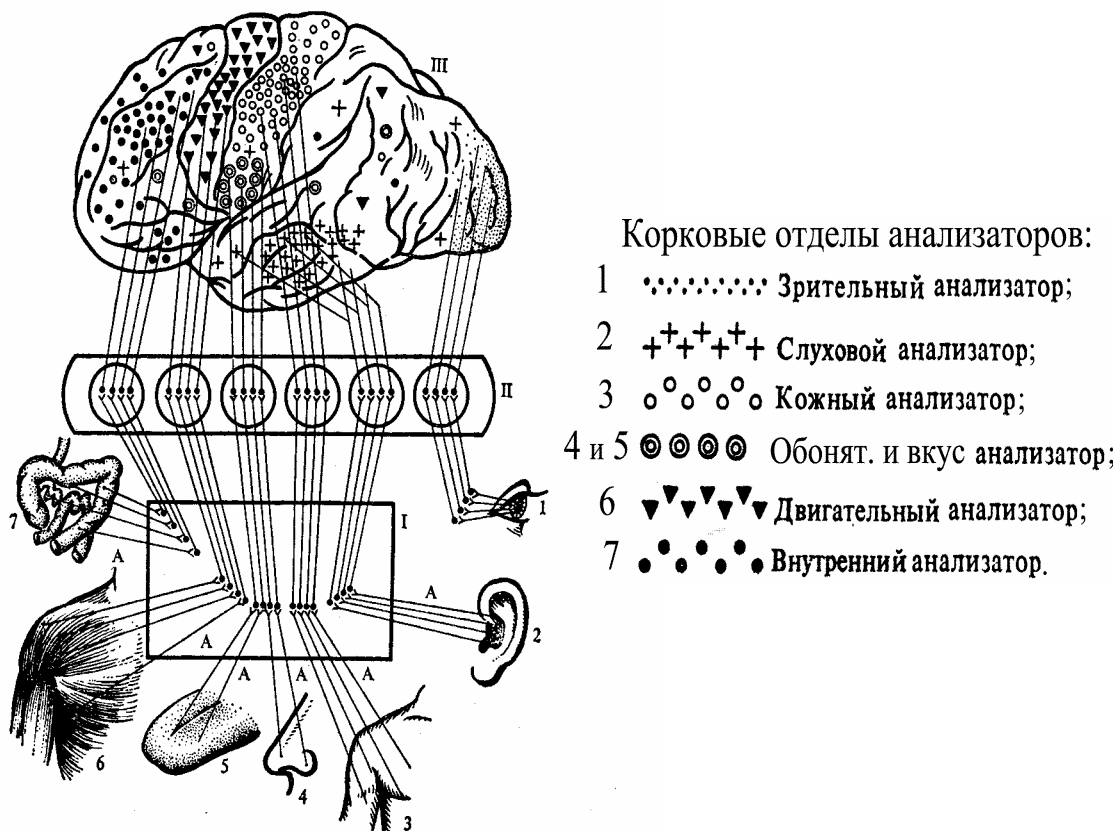


Рис. 2.4. Схема анализаторов: I – область спинного и продолговатого мозга, куда вступают афферентные волокна; II – таламус (переключательный центр); III – кора мозга

В зависимости от модальности поступающего сигнала различают 11 видов анализаторов:

Внешние:

- зрительный;
- слуховой;
- тактильный;
- болевой;
- температурный;
- обонятельный;
- вкусовой;

Внутренние:

- давления;
- кинестетический;
- вестибулярный;
- специальные (расположенные во внутренних органах и полостях тела).

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. 2.5. Степень нагружения анализаторов

2.2.2. 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) характеристикам 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_{Δ} – 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, интенсивность 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:

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

2.2.3. 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 определенные. 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.

2.2.4. Требования к сигналам-раздражителям

Рассмотренные характеристики и устройство анализаторов позволяют сформулировать общие 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.).

Тема 2.3. Характеристики зрительного анализатора

2.3.1. Общая характеристика зрительного анализатора

Раздражителем зрительного анализатора является световая энергия, а рецептором – глаз. Зрение позволяет воспринимать форму, цвет, яркость и движение предметов. Человек-оператор около 90% всей информации получает через зрительный анализатор.

Глаз человека работает по принципу фотографической камеры, роль объектива в которой выполняет хрусталик. Световые лучи, проходя через хрусталик, преломляются и создают уменьшенное обратное изображение на внутренней стенке глазного яблока (сетчатке). На сетчатке находятся светочувствительные нервные окончания (рецепторы), которые носят название палочек (черно- белое зрение) и колбочек (цветное зрение). Рецепторы поглощают падающий на них световой поток и преобразуют его в нервные импульсы, которые передаются по зрительному нерву в мозг. Величина этих импульсов зависит от освещенности сетчатки на том ее участке, на котором получается изображение рассматриваемого предмета.

Возможность зрительного восприятия определяется энергетическими, информационными, пространственными и временными характеристиками сигналов, поступающих к оператору. Совокупность этих характеристик и их численные значения определяют видимость объекта (сигнала) для глаза. В соответствии с названными характеристиками сигналов можно выделить четыре группы характеристик зрительного анализатора:

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

2.3.2. Энергетические характеристики

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

Яркость. Световой поток, излучаемый источником или отражаемый поверхностью, попадая в глаз наблюдателя, вызывает зрительное ощущение. Оно будет тем сильнее, чем больше плотность светового потока, излучаемого или отражаемого по направлению к глазу. Следовательно, источник света или освещенный предмет будет тем лучше виден, чем большую силу света излучает каждый элемент поверхности в направлении глаза. *Яркостью предмета* называется величина

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha},$$

где I – сила света в рассматриваемом направлении (световой поток, излучаемый на единицу телесного угла); S – площадь светящейся поверхности; α – угол, под которым рассматривается поверхность.

Единицей яркости является кандела на метр квадратный ($\text{кд}/\text{м}^2$) или нит (нт). Яркостью в $1 \text{ кд}/\text{м}^2$ обладает равномерно светящаяся плоская поверхность, излучающая в перпендикулярном к ней направлении свет силой 1 кд на каждый квадратный метр. Яркость является основной характеристикой света. Величиной яркости определяется величина нервных импульсов, возникающих в сетчатке глаза.

В общем случае яркость предмета определяется двумя составляющими — яркостью излучения и яркостью отражения:

$$B_{\text{п}} = B_{\text{изл}} + B_{\text{отр}}.$$

Яркость излучения определяется силой света источника и площадью светящейся поверхности:

$$B_{\text{изл}} = \frac{I}{S \cos \alpha}.$$

Яркость отражения определяется уровнем освещенности данной поверхности и ее отражающими свойствами:

$$B_{\text{отр}} = \frac{E\rho}{\pi},$$

где E – освещенность поверхности в люксах; ρ – коэффициент отражения поверхности.

Освещенностью называется величина

$$E = \frac{4\pi I}{S},$$

где I – сила света источника; S – площадь освещаемой поверхности.

Единицей освещенности является люмен на метр квадратный ($\text{лм}/\text{м}^2$) или люкс (лк). Освещенность поверхности определяется по формуле

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha,$$

где R – расстояние от освещаемой поверхности до источника освещения, α – угол, под которым на поверхность падает свет.

Коэффициент отражения во многом определяется цветом поверхности (табл. 2.1). Он показывает, какая часть падающего на поверхность светового потока отражается ею.

Таблица 2.1. Приближенные значения коэффициентов отражения поверхностей различного цвета

Цвет	Оттенок		
	Светлый	Средний	Темный
Желтый	0,7	0,5	0,3
Бежевый	0,65	0,45	0,25
Коричневый	0,5	0,25	0,08
Красный	0,35	0,2	0,1
Зеленый	0,6	0,3	0,12
Синий	0,5	0,2	0,05
Серый	0,6	0,35	0,2
Голубой	0,55	0,4	0,25
Белый	0,85	0,65	---
Черный	---	0,04	---
Серебристый	---	0,9	---

Слепящая яркость. В ряде случаев в поле зрения оператора могут попадать сигналы разной интенсивности. При этом сигналы с большей яркостью могут вызвать нежелательное состояние глаз – ослепленность. Слепящая яркость определяется адаптирующей яркостью и размером светящейся поверхности:

$$B_C = B_A + \frac{840}{\sqrt[4]{\omega}} \sqrt[3]{B_A},$$

где B_A – адаптирующая яркость, ω – телесный угол, под которым оператору видна светящаяся поверхность (в стерadians).

Для создания оптимальных условий зрительного восприятия необходимо не только обеспечить требуемую яркость и контраст сигналов, но также и равномерность распределения яркостей в поле зрения. В случаях, когда невозможно рассчитать слепящую яркость, необходимо обеспечить перепады яркостей не более 1 к 30, то есть

$$B_{\min} : B_{\max} \leq 1 : 30.$$

Адаптирующая яркость. Так как в поле зрения оператора могут попадать предметы с различной яркостью, в инженерной психологии вводится также понятие адаптирующей яркости. Под ней понимают ту яркость, на которую адаптирован (настроен) в данный момент времени зрительный анализатор. Приблизительно можно считать, что для изображений с прямым контрастом (предмет темнее фона) адаптирующая яркость равна яркости фона, а для изображений с обратным контрастом (предмет ярче фона) – яркости предмета.

Диапазон чувствительности зрительного анализатора лежит в пределах от 10^{-6} до 10^6 кд/м², то есть

$$\Delta B_{\text{гл}} = 10^{-6} - 10^6 \text{ кд/м}^2.$$

Наилучшие же условия для работы будут при уровнях адаптирующей яркости, лежащей в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен кд/м², то есть для $n = 1-10$

$$\Delta B_{\text{opt}} = n \cdot 10 - n \cdot 100 \text{ кд/м}^2.$$

Контраст. Видимость предметов определяется также их контрастом по отношению к фону:

$$K = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}},$$

где B_{\max} и B_{\min} – максимальная и минимальная яркость.

Различают два вида контраста: **прямой контраст** (предмет темнее фона) и **обратный контраст** (предмет ярче фона). Количественно величина контраста оценивается как отношение разности в яркости предмета и фона к большей яркости:

$$K_{\text{п}} = \frac{B_{\text{ф}} - B_{\text{п}}}{B_{\text{ф}}}; \quad K_{\text{о}} = \frac{B_{\text{п}} - B_{\text{ф}}}{B_{\text{п}}},$$

где $B_{\text{ф}}$ и $B_{\text{п}}$ – соответственно яркость фона и предмета.

Оптимальная величина контраста должна лежать в пределах 0,60–0,95, то есть

$$0,6 \leq (K_{\text{п}}, K_{\text{о}}) \leq 0,95.$$

Работа при прямом контрасте является более благоприятной, чем работа при обратном контрасте.

Однако обеспечение требуемой величины контраста является только необходимым, но еще недостаточным условием нормальной видимости предметов. Необходимо знать также, как этот контраст воспринимается в конкретных условиях. Для этого вводится понятие **порогового контраста**, который равен

$$K_{\text{пор}} = \frac{\Delta B_{\text{пор}}}{B_{\text{ф}}},$$

где $\Delta B_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости (минимальная разность яркости предмета и фона, впервые обнаруживаемая глазом).

Величина $K_{\text{пор}}$ определяется **дифференциальным порогом** различения яркости. Для получения **оперативного порога** необходимо, чтобы фактическая величина разности яркости предмета и фона была в 10–15 раз больше пороговой. Это означает также, что для нормальной

видимости рассчитанная величина контраста должна быть больше пороговой $K_{пор}$ в 10–15 раз, то есть

$$K_n, K_o \geq 10K_{пор}.$$

Величина порогового контраста зависит от яркости адаптации (яркости фона $B\phi$) и угловых размеров предметов α (рис. 2.6).

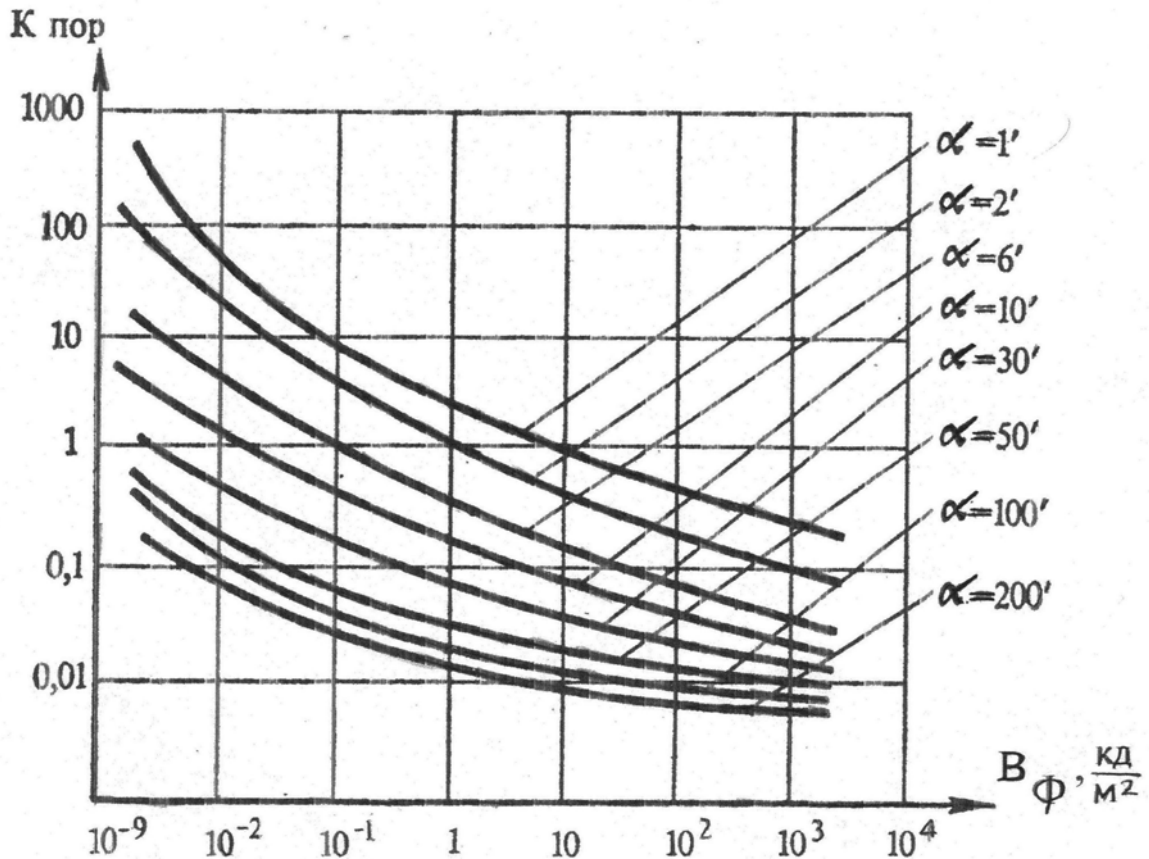


Рис. 2.6. Зависимость порогового контраста от яркости адаптации и угловых размеров предметов

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

Большое влияние на условия видимости предметов оказывает величина внешней освещенности. Однако это влияние будет различным при работе оператора с изображениями, имеющими прямой и обратный контраст. Увеличение освещенности при прямом контрасте приводит к увеличению условий видимости (величина K_n увеличивается), при обратном контрасте – к ухудшению видимости (величина K_o уменьшается).

Спектральная чувствительность. Глаз человека воспринимает электромагнитные волны в диапазоне 380–760 нм, то есть

$$\Delta\lambda_{\text{гл}} = 380\text{--}760 \text{ нм.}$$

Однако чувствительность глаза к волнам различной длины неодинакова. Наибольшую чувствительность глаз имеет по отношению к волнам в середине спектра видимого света (500–600 нм). Этот диапазон соответствует излучению желто-зеленого цвета. Важной характеристикой глаза является спектральная чувствительность или относительная видность

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{E_{555}},$$

где E_{λ} – ощущение, вызываемое источником излучения с длиной волны λ ; E_{555} – ощущение, вызываемое источником излучения той же мощности с длиной волны 555 нм.

Кривая спектральной чувствительности глаза приведена на **рис. 2.7**. Из рисунка, например, 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.

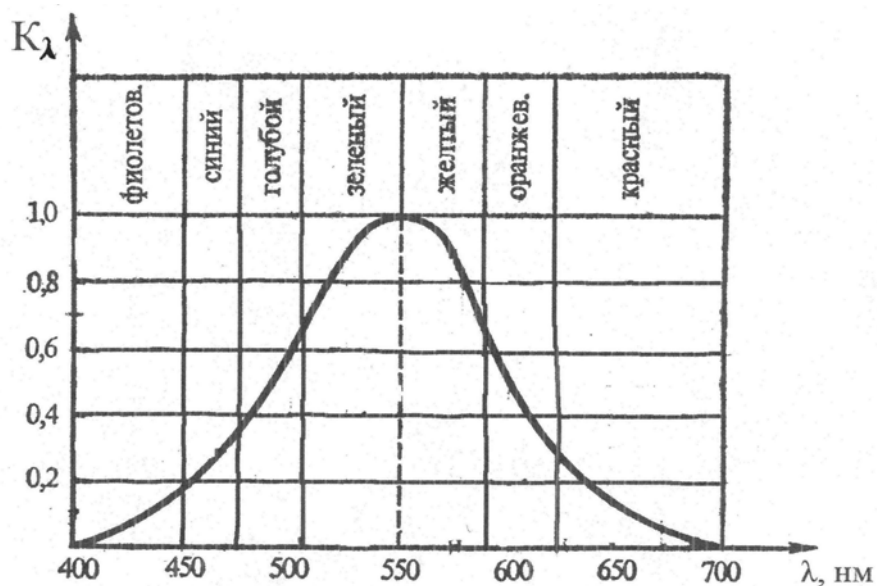


Рис. 2.7. Кривая спектральной чувствительности глаза

При недостатке освещения (сумеречное зрение) кривая спектральной чувствительности смещается влево приблизительно на 50 нм (эффект Пуркинье) (рис. 2.8).

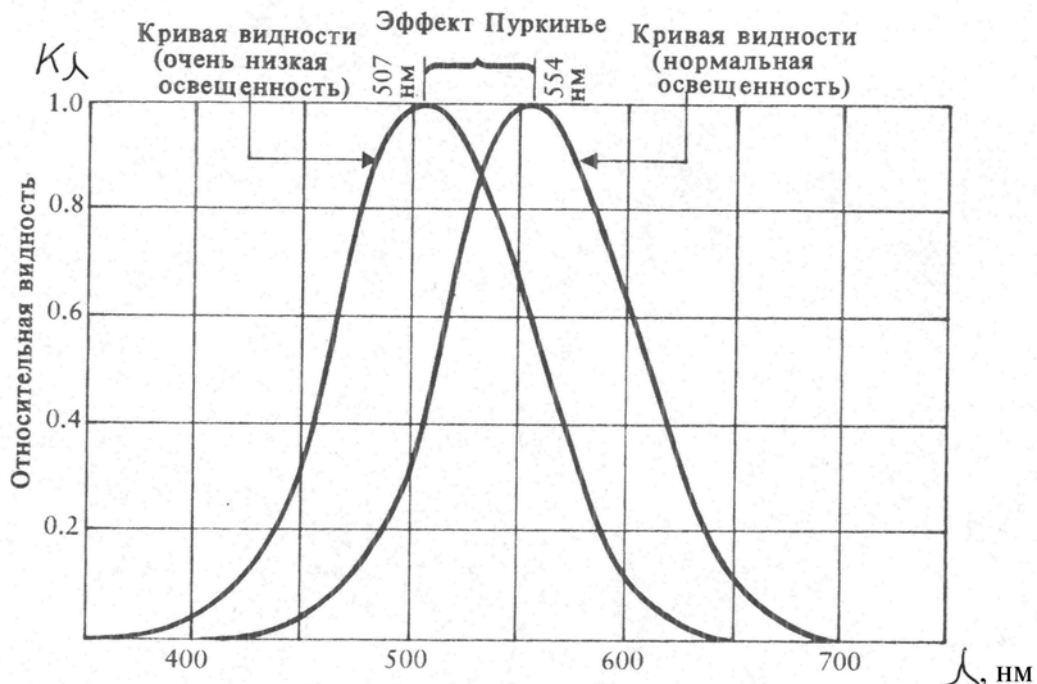


Рис. 2.8. Кривая спектральной чувствительности глаза при нормальной и недостаточной освещенности

Следует отметить, что влияние цвета в деятельности оператора очень велико. Во-первых, он может использоваться как один из способов кодирования информации, во-вторых, – для эстетического оформления помещений и пультов управления с точки зрения улучшения зрительного восприятия.

2.3.3. Информационные характеристики

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.

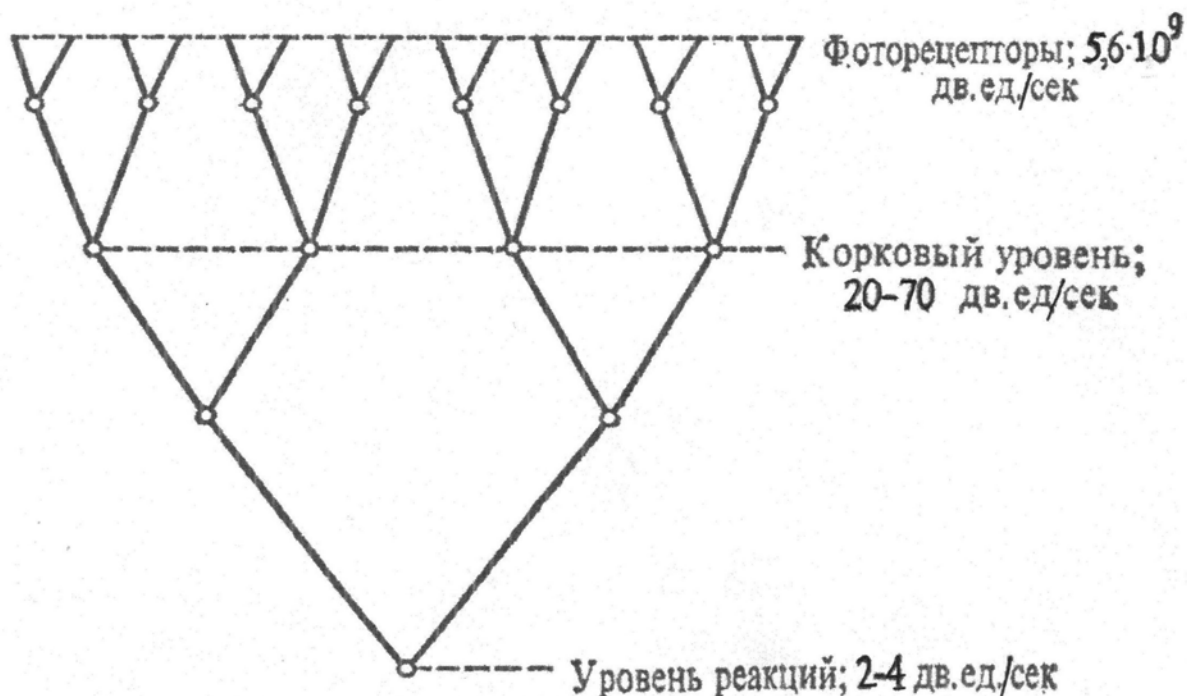


Рис. 2.9. Информационная воронка в зрительном анализаторе

Наибольшая пропускная способность ($\approx 5,6 \cdot 10^9$ дв.ед./с) 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, (нижний уровень), а узкая – зрительной области коры головного мозга (верхний уровень).

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.

2.3.4. Пространственные характеристики

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. Угол зрения равный $1'$ соответствует единице остроты зрения. 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 α – соответственно линейный и угловой размеры предмета; l – расстояние от глаза до предмета (рис. 2.10).

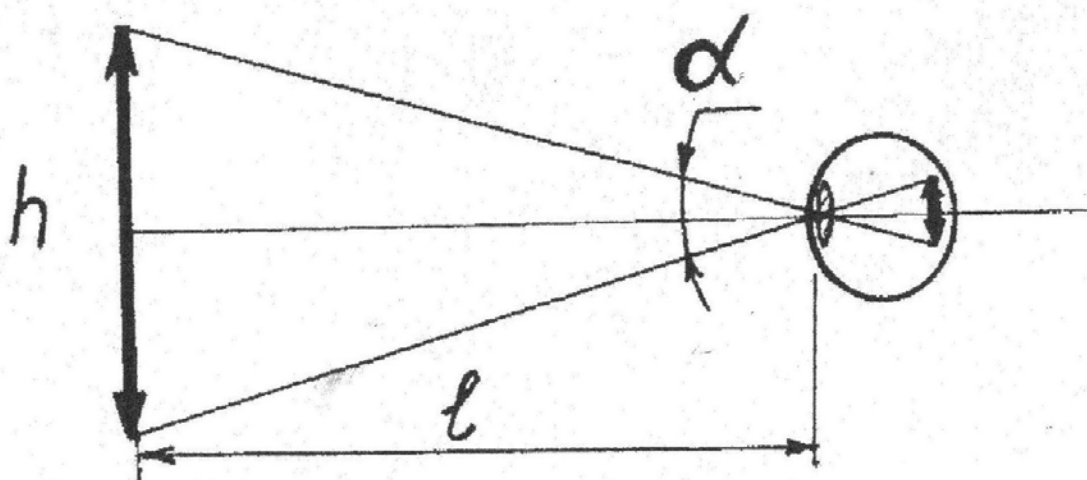


Рис. 2.10. Взаимосвязь между угловыми (α) и линейными (h) размерами предметов

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 10–15'. 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 30–40'.

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** (4–10°), где возможно наиболее четкое различение деталей; **ясного видения** (30–35°), где при неподвижном глазе можно опознать предмет без различения мелких деталей; **периферического зрения** (75–90°), 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**).

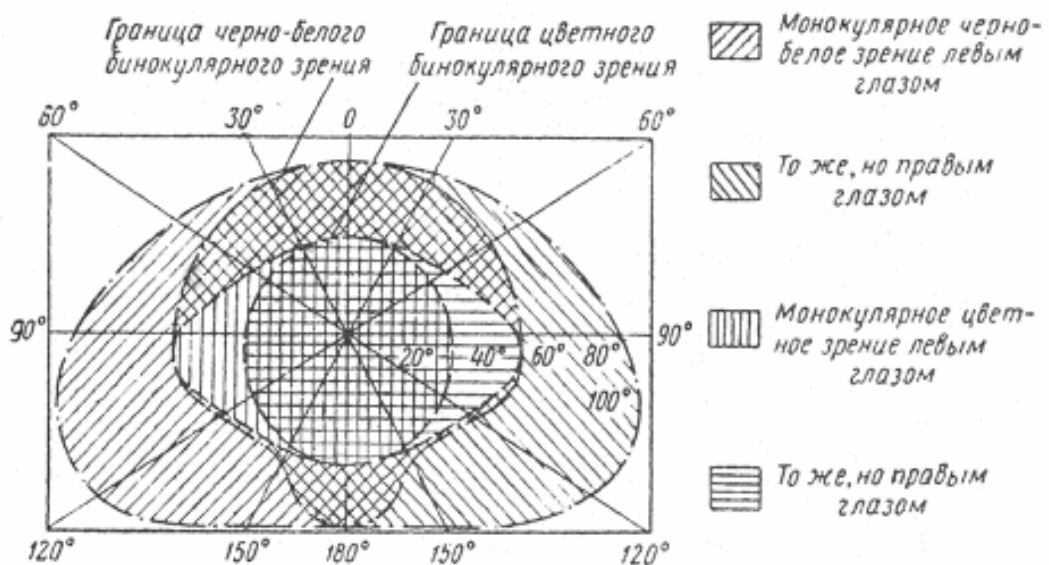


Рис 2.11. Поле зрения человека

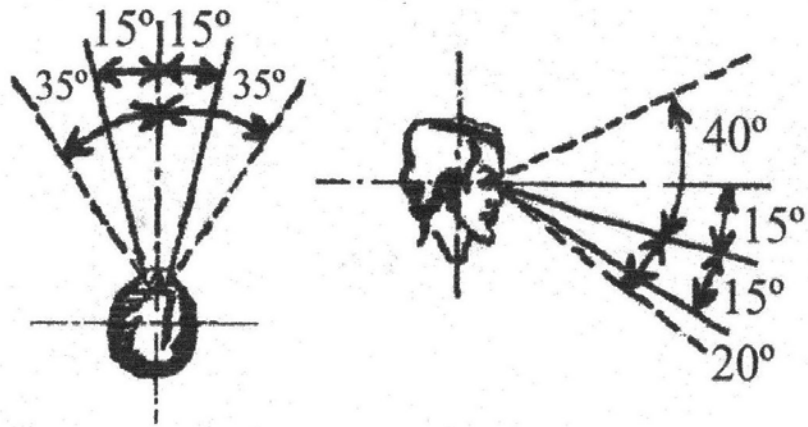


Рис 2.12. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте глаз

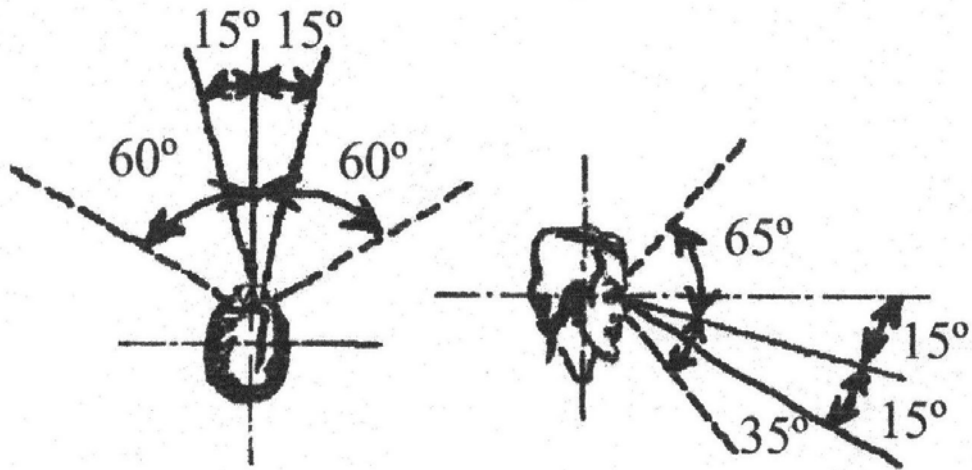


Рис 2.13. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте головы

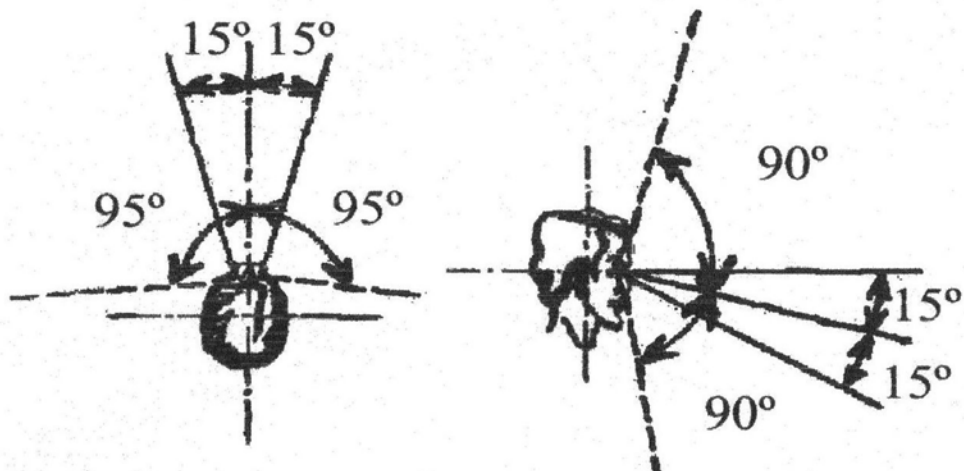


Рис 2.14. Оптимальные и максимальные углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости при повороте головы и глаз

Необходимо также учитывать и дифференцирование цвета в различных областях поля зрения (рис. 2.15) и (рис. 2.16).

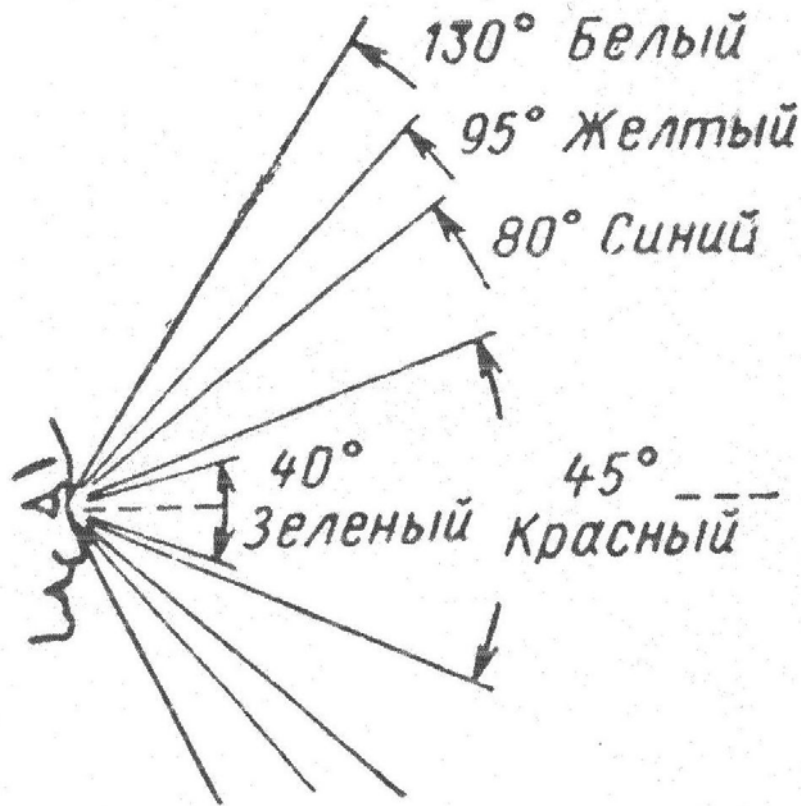


Рис. 2.15. Пределы нормальной дифференциации цвета в вертикальной плоскости

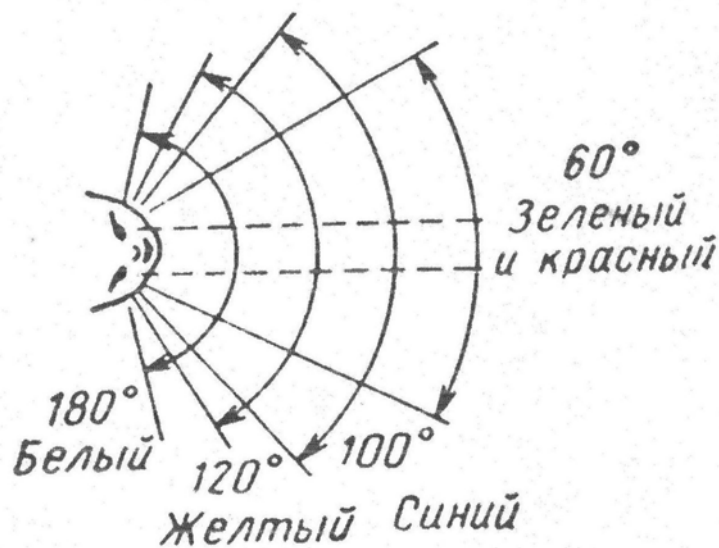


Рис. 2.16. Пределы нормальной дифференциации цвета в горизонтальной плоскости

Объем зрительного восприятия. Объем зрительного восприятия определяется числом объектов, которые может охватить человек в течение одной зрительной фиксации. При предъявлении не связанных между собой объектов объем 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 $4\text{--}10^\circ$, попадало не более 6 ± 2 элемента (рис.2.17).

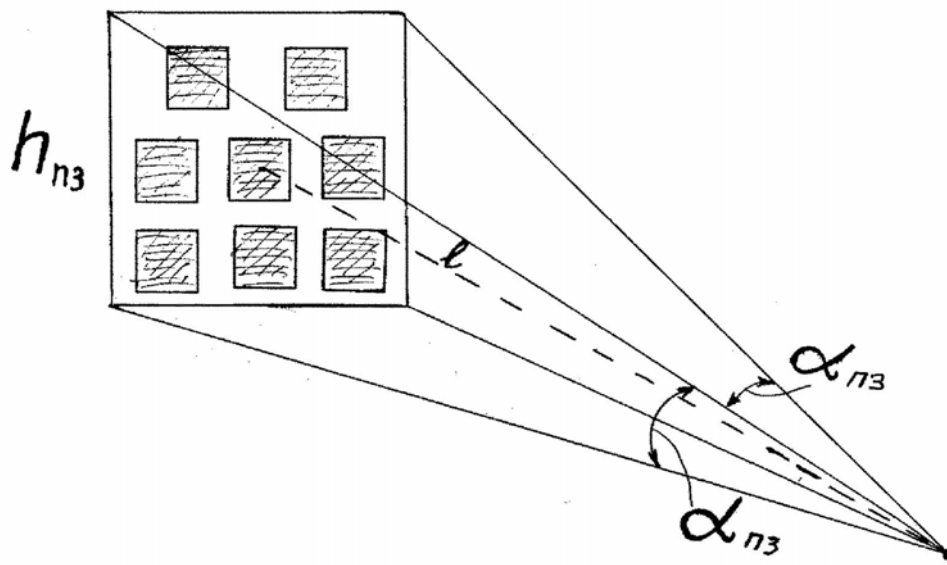


Рис. 2.17. Объем зрительного восприятия

Тогда размер центрального поля зрения может быть определен по формуле

$$h_{пз} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{пз}}{2},$$

где l – расстояние до рассматриваемого предмета (элемента); $\alpha_{пз}$ – угол центрального поля зрения.

2.3.5. Временные характеристики

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.*

Латентный период и длительность инерции ощущения. Временная диаграмма работы зрительного анализатора показана на рис. 2.18. 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 .

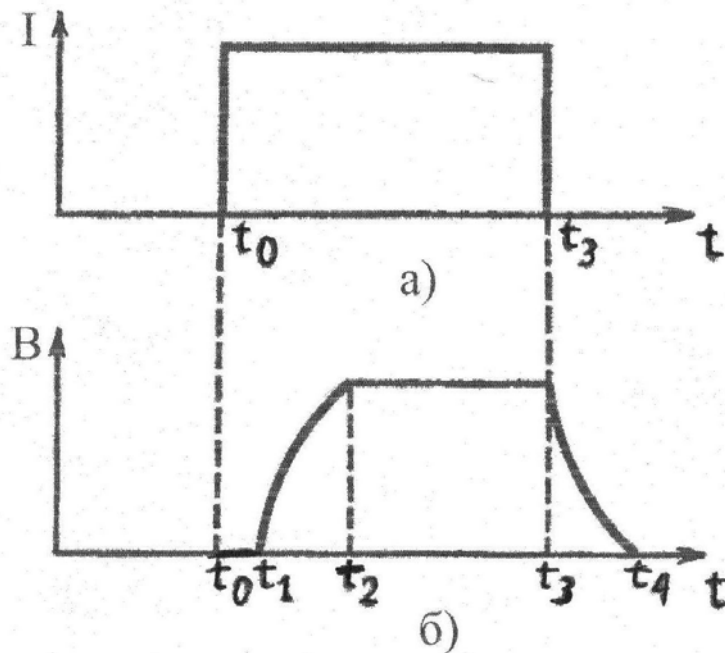


Рис. 2.18. Временная диаграмма работы зрительного анализатора: а – входной сигнал; б – принятый сигнал

Промежуток времени t_0-t_1 представляет собой латентный (скрытый) период зрительного анализатора. *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.

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.

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. Критической частотой мельканий называется та минимальная частота проблесков, при которой возникает их слитное восприятие. Эта частота зависит от яркости, размеров и конфигурации знаков (рис. 2.19) и (рис. 2.20). Зависимость критической частоты мельканий от яркости подчинена основному психофизическому закону

$$f_{кр} = \kappa \lg B + c,$$

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

Из формулы и рисунков 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.

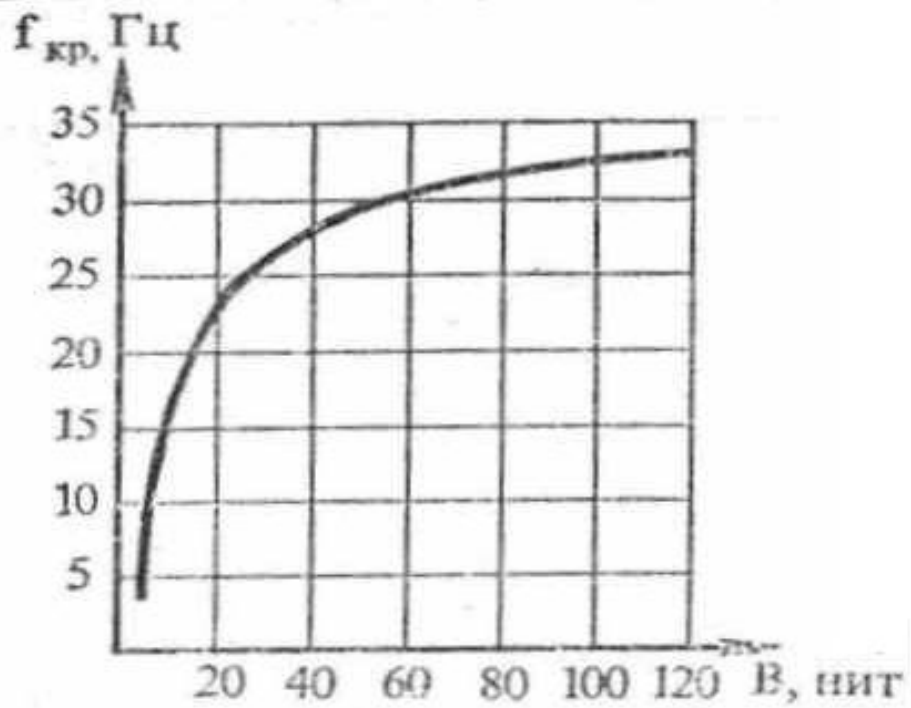


Рис. 2.19. Зависимость критической частоты мельканий от яркости

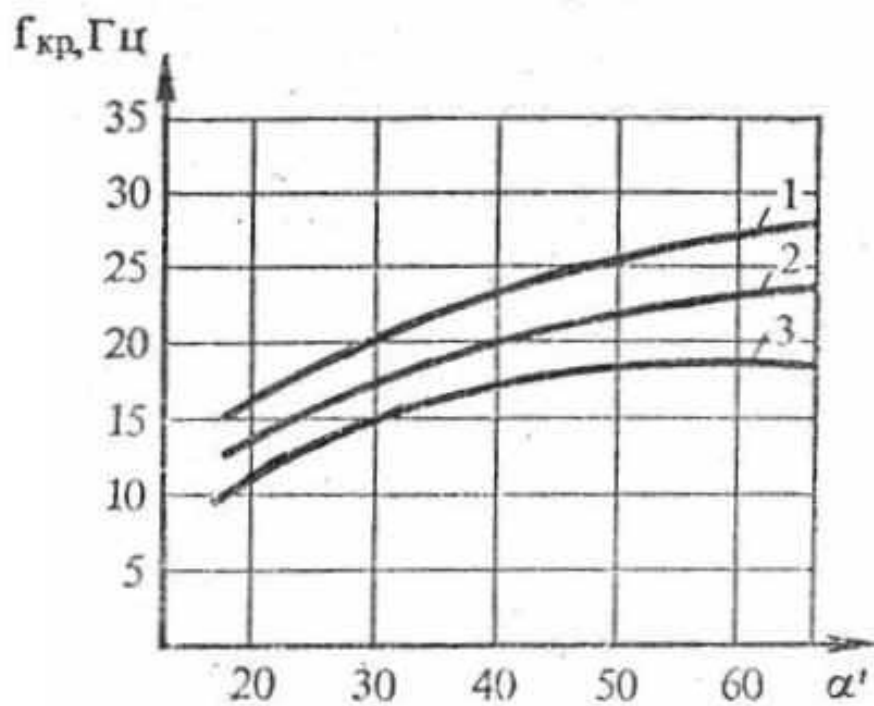


Рис. 2.20. Зависимость критической частоты мельканий от размеров и конфигурации знаков (1,2,3 – соответственно знаки сложной, средней и простой конфигурации)

Время адаптации. В процессе адаптации в значительной степени (до 10^{12} 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. 2.21) и единицы минут при световой (рис.2.22).

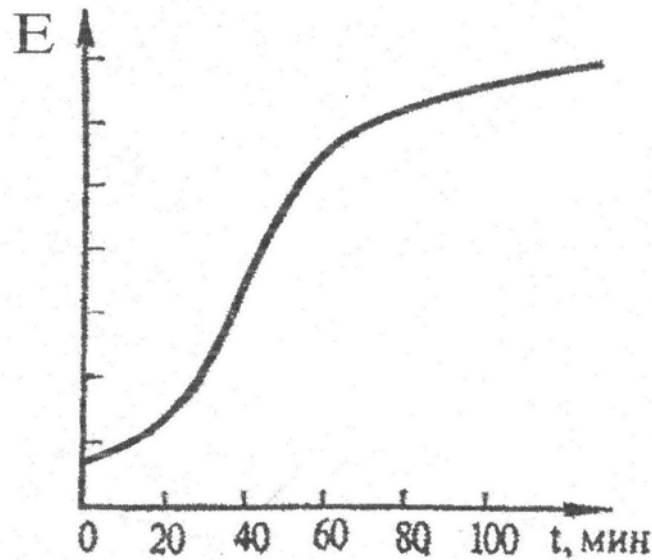


Рис. 2.21. График изменения чувствительности глаза при темновой адаптации

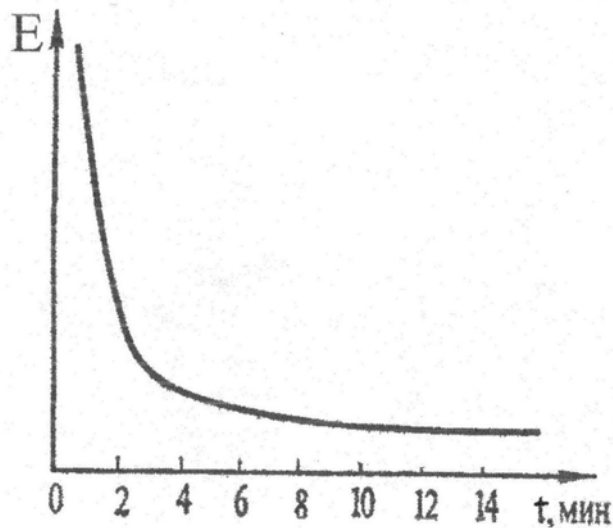


Рис. 2.22. График изменения чувствительности глаза при световой адаптации

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 0,025с, то продолжительность фиксации в зависимости от условий восприятия составляет 0,25–0,65с 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 устройстве 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.

Общее время информационного поиска равно

$$\tau_{\text{ип}} = \sum_{i=1}^n (t_{\phi_i} + t_{\text{п}i}),$$

где t_{ϕ_i} и $t_{\text{п}i}$ – соответственно время i -ой фиксации и i -го перемещения взора; n – число шагов поиска (число фиксаций), затраченных для нахождения нужного объекта.

Время фиксации зависит от целого ряда факторов: свойств информационного поля, способа деятельности наблюдателя, степени сложности искомых элементов. Однако в условиях конкретного информационного поля (особенно при однородности его элементов) и конкретной задачи величина времени фиксации относительно постоянна и является характеристикой данных условий работы оператора (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Средняя длительность зрительной фиксации в различных задачах информационного поиска

Задача	t_{ϕ} , мс	Задача	t_{ϕ} , 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

Учитывая, что в условиях конкретной задачи, при которых t_{ϕ} постоянно и $t_n \ll t_{\phi}$ (практически $\sum_{i=1}^n t_{\phi} = 0,95t_{\text{ип}}$), можно записать:

$$t_{\text{ип}} = nt_{\phi}.$$

Математическое ожидание числа шагов поиска (числа зрительных фиксаций, необходимых для нахождения предмета с заданными признаками) находится при построении математической модели информационного

поиска. С учетом этого, время информационного поиска равно

$$t_{\text{инп}} = \frac{N}{M+1} + 1 t_{\text{ф}} ,$$

где N – общий объем (количество элементов) информационного поля; M – число элементов, обладающих заданным для поиска признаком; A – объем зрительного восприятия.

Объем зрительного восприятия ограничен, с одной стороны, объемом оперативной памяти (4–8 элементов), а с другой стороны – пространственными характеристиками зрения (размерами зоны ясного видения). Следует иметь в виду, что в процессе поиска размеры зоны ясного видения составляют примерно 10° . Поэтому под объемом зрительного восприятия в данном случае следует считать то количество предметов (но не более 4–8), которое одновременно попадает в зону, ограниченную углом 10° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

На основании сказанного можно определить 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° , 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. Эти данные справедливы, когда время предъявления составляет не менее 10–15с.

Тема 2.4. Характеристики слухового, тактильного анализатора и антропометрические характеристики

2.4.1. Характеристики слухового анализатора

2.4.1.1. Частотный диапазон

В системах управления часть информации поступает к человеку в форме звуковых сигналов. Отражающие эти сигналы ощущения вызываются действием звуковой энергии на слуховой анализатор. Он состоит из уха, слухового нерва, сложной системы нервных связей и центров мозга. В аппарат, обозначаемый термином «ухо», входят: наружное (звукоулавливающий аппарат), среднее (звукотрансмитирующий аппарат) и внутреннее (звукоспринимающий аппарат) ухо. Ухо воспринимает определенные частоты звуков благодаря функциональной способности волокон его мембраны к резонансу. Физиологическое значение наружного и среднего уха заключается в проведении и усилении звуков. Слуховой анализатор человека воспринимает форму волны, частотный спектр чистых тонов и шумов, осуществляет анализ и синтез в определенных пределах частотных компонент звуковых раздражений, обнаруживает и опознает звуки в большом диапазоне интенсивностей и частот. Слуховой анализатор позволяет дифференцировать звуковые раздражения и определять направление звука, а также удаленность его источника. Источником звуковых волн может быть любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические напряжения в среде. Слуховой аппарат человека воспринимает как слышимый звук колебания с частотой 16 Гц – 20 кГц. Ухо наиболее чувствительно к колебаниям в области средних частот – от 1000 до 4000 Гц. Звуки частот ниже 16 Гц называются инфразвуками, а выше 20 кГц – ультразвуками. Инфразвуки и ультразвуки также могут оказывать воздействие на организм, но оно не сопровождается слуховым ощущением.

2.4.1.2. Звуковое давление и громкость

Физически звук характеризуется амплитудой (интенсивностью), частотой и формой звуковой волны. Так как сила звука пропорциональна квадрату звукового давления, то в практике психофизиологической акустики чаще всего используется непосредственно *звуковое давление*, выраженное в децибелах от исходного уровня, равного $2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 2000 Гц:

$$U_z = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где P – звуковое давление; P_0 – исходный уровень звукового давления.

Увеличение расстояния между источником звука и приемником в 2 раза соответствует уменьшению уровня звукового давления на 6 дБ, соответственно в 4 раза – на 12 дБ, в 8 раз – на 18 дБ, в 16 раз – на 24 дБ и т.д.

Субъективное ощущение интенсивности звука называется *громкостью* и измеряется в фонах. Уровень громкости в фонах численно равен интенсивности звука в децибелах для чистого тона частотой 1000 Гц, воспринимаемого как равногромкий с данным звуком.

Основными количественными характеристиками слухового анализатора являются *абсолютный* и *дифференциальный пороги*.

2.4.1.3. Абсолютные пороги чувствительности

Нижний абсолютный порог по частоте соответствует частоте 16 Гц, а *верхний* – 20 кГц. *Нижний абсолютный порог по интенсивности* соответствует интенсивности звука, обнаруживаемого испытуемым с вероятностью 0,5 на частоте 2000 Гц, и составляет $2 \cdot 10^{-5}$ Па или 0 дБ. *Верхний порог* соответствует интенсивности, при которой возникают различные болевые ощущения, (щекотание, покалывание, головокружение и т.д.) и составляет 20 Па или 120 дБ. Между ними расположена область восприятия речи (рис. 2.23).

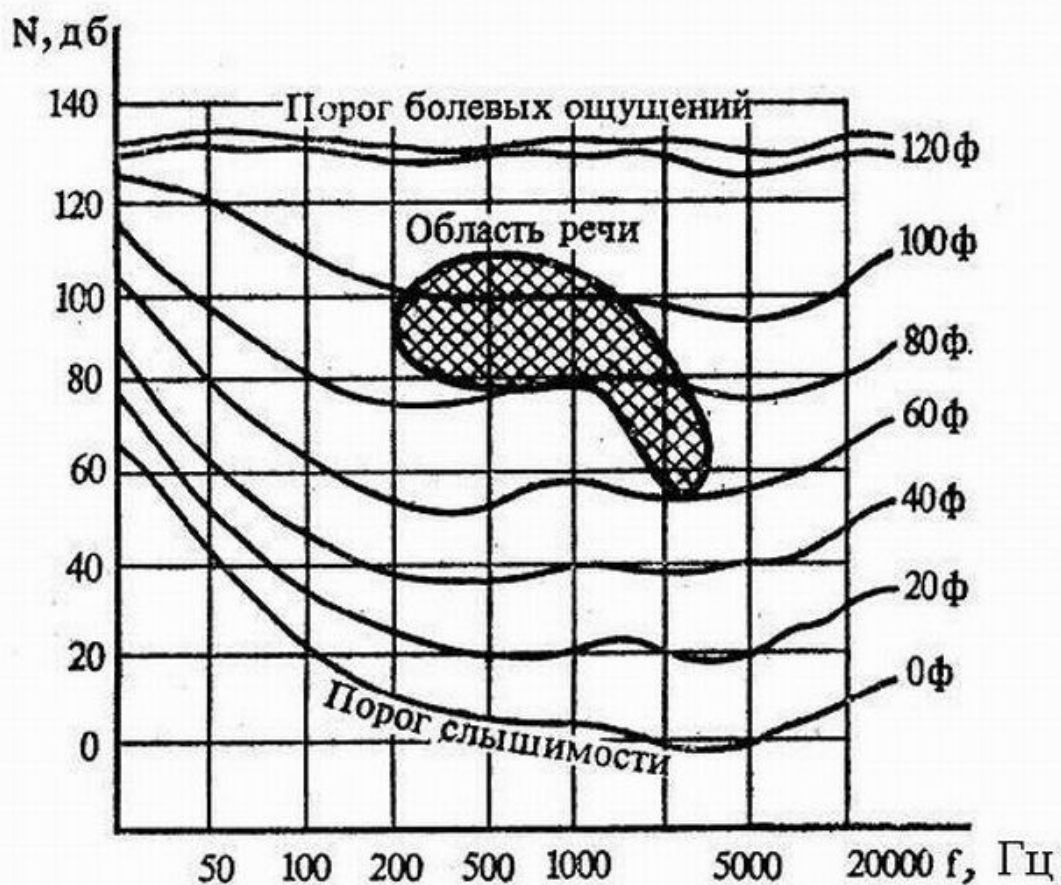


Рис. 2.23. Линии равной громкости

Человек оценивает звуки, различные по интенсивности, как равные по громкости, если частоты их также различны. Например, тон с интенсивностью 120 дБ и частотой 10 Гц оценивается как равный по громкости тону, имеющему интенсивность 100 дБ и частоту 1000 Гц. Таким образом, снижение интенсивности как бы компенсируется увеличением частоты. Слуховые ощущения почти пропорциональны логарифму интенсивности воздействия в Паскалях.

Абсолютный временной порог чувствительности акустического анализатора определяется длительностью звукового раздражителя, необходимой для возникновения звукового ощущения. Он так же, как пороги по громкости и частоте, не является постоянной величиной. С увеличением как интенсивности, так и частоты он уменьшается. При достаточно высокой интенсивности (30 дБ и более) и частоте (1000 Гц и более) слуховое ощущение возникает уже при длительности звукового раздражителя, равной всего 1 мс. Однако при уменьшении интенсивности звука той же

частоты до 10 дБ временной порог достигает 50 мс. Аналогичный эффект дает и уменьшение частоты. Оценка громкости и высоты очень коротких звуков затруднена. При длительности синусоидального тона 2–3 мс человек лишь отмечает его наличие, но не может определить его качеств и любой звук оценивается только как «щелчок». С увеличением длительности звука слуховое ощущение увеличивается и человек начинает различать высоту и громкость. Минимальное время, необходимое для отчетливого ощущения высоты тона, равно примерно 50 мс.

2.4.1.4. Дифференциальные пороги чувствительности

Дифференциальный порог по интенсивности (энергетический дифференциальный порог) – это величина едва различимой прибавки к исходной величине звукового раздражителя. Он зависит не только от интенсивности, но и от частоты (рис. 2.24). В пределах среднего участка диапазона изменения звука по частоте и интенсивности величина энергетического дифференциального порога примерно постоянна и составляет 0,1 от исходной интенсивности раздражителя.

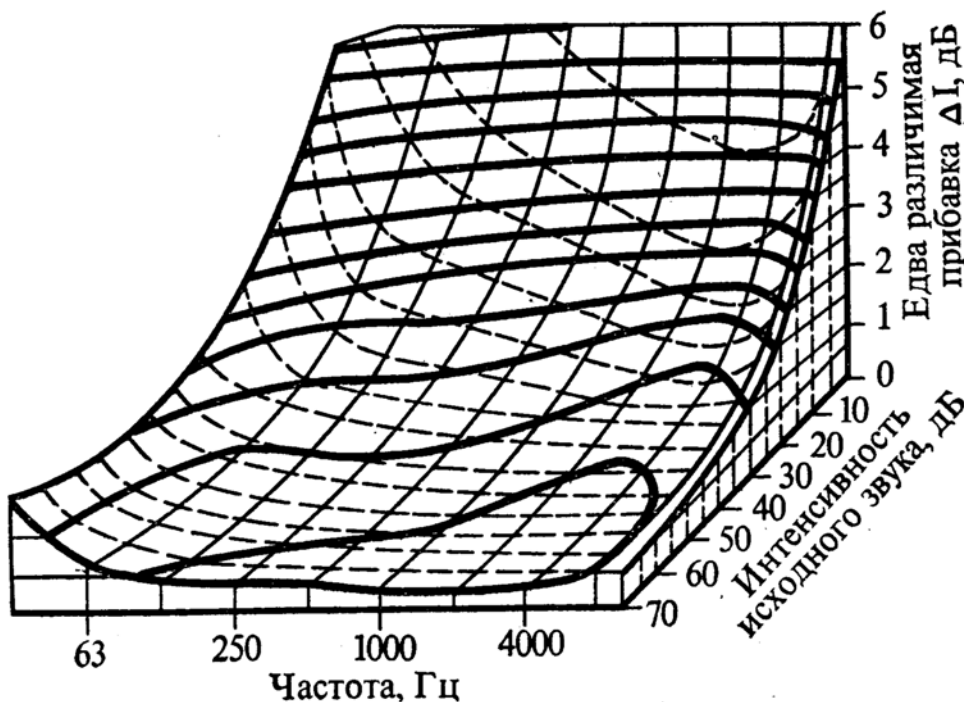


Рис. 2.24. Дифференциальные энергетические пороги слухового анализатора

Дифференциальный порог по частоте зависит как от частоты исходного звука, так и от его интенсивности. В пределах от 60 до 2000 Гц при интенсивности звука выше 30 дБ абсолютная величина едва различимой прибавки по частоте равна примерно 2–3 Гц. Для звуков выше 2000 Гц величина резко возрастает и изменяется пропорционально росту частоты. Относительная величина дифференциального порога по частоте для звуков в диапазоне 200–16000 является почти константой и равна примерно 0,002. При уменьшении интенсивности звука ниже 30 дБ величина дифференциального порога резко возрастает. Разрешающая способность слуха по частоте максимальна в области 1000–3000 Гц и падает в области низких частот (рис. 2.25).

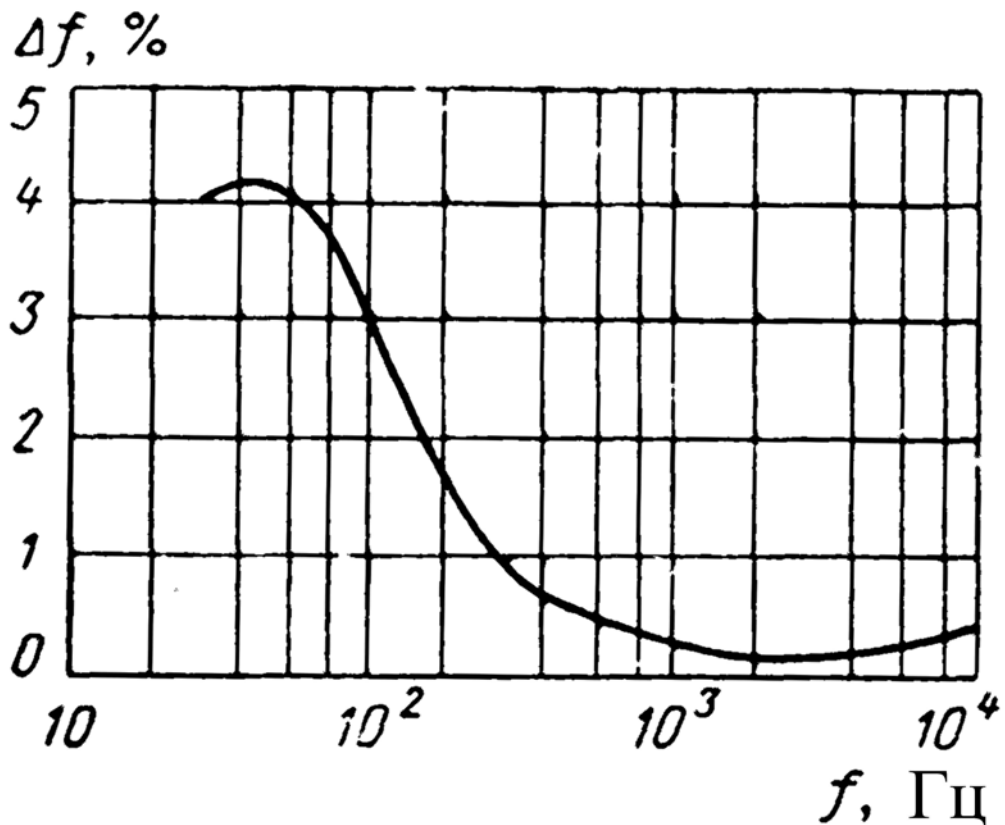


Рис. 2.25. Разрешающая способность слуха по частоте

Дифференцирование двух звуков по частоте и интенсивности зависит от отношения их по длительности и интервала между ними. Как правило, звуки, равные по длительности, различаются точнее, чем неравные.

Акустический анализатор обеспечивает также **дифференцирование источника звука в пространстве**: расстояние до него и направление относительно субъекта.

Короткие расстояния порядка 1–2 м оцениваются довольно грубо, с точностью до десятков сантиметров. С увеличением расстояния до 3 м точность оценки возрастает примерно вдвое, однако на расстоянии 4 м она вновь снижается, оставаясь, однако, более высокой, чем на расстоянии 2 м. Расстояние до движущегося объекта определяется на слух точнее, чем до неподвижного.

Важную роль в оценке определения расстояния до источника звука играет различие изменений громкости. Звук, громкость которого увеличивается, воспринимается как приближающийся, и наоборот.

Другим основанием оценки расстояний на слух является звуковысотное различие (различие по высоте тона). При приближении звучащего тела к слушателю частота звуковых колебаний увеличивается, а при его удалении – уменьшается (эффект Доплера). Это отражается в слуховых ощущениях в виде изменения высоты тона. Значительное влияние на оценку расстояния оказывает тембр. Более тембрированный звук (более сложная форма звуковой волны) обычно оценивается как более удаленный, а менее тембрированный – как более близкий.

Точность распознавания направления звука различна по отношению к волнам разной частоты. Для низких частот (до 800 Гц) порог различения направления в горизонтальной плоскости равен примерно 10–11°. С увеличением частоты он возрастает (точность уменьшается), достигая 20–22° в районе 3000 Гц, а затем вновь падает (точность увеличивается). Для частоты 10 000 Гц порог различения направления не превышает 13°.

Точность определения направления зависит также от положения источника звука относительно координат тела человека. Наиболее точно определяется направление в горизонтальной плоскости. При этом на первом месте по точности оказывается правое направление, затем левое. Достаточно хорошо определяется переднее направление. Но с ним часто смешиваются верхнее и заднее. Точность оценки верхнего и заднего направлений в два с лишним раза меньше по сравнению с левым и правым.

Главную роль в определении направлений звука играет взаимодействие сторон акустического анализатора (бинауральный эффект). Если источник звука находится прямо перед человеком, то звуковые волны достигают обеих ушей одновременно. Если же он отклоняется вправо или влево, то время прихода звука к одному уху будет короче, чем к другому. Этой разностью и определяется направление на источник звука. Воспринимаемый угол отклонения от средней линии пропорционален величине этой разности. Значительное место в бинауральном слухе принадлежит также отношению амплитуд звуковых колебаний, поступающих на правое и левое ухо.

2.4.1.5. Восприятие речевых сообщений

Форма звуковой (речевой) волны является функцией, которая связывает мгновенное речевое давление со временем. Речевое давление есть сила, с которой речевая волна давит на единицу площади, обычно перпендикулярной к губам говорящего и расположенной на расстоянии 1 м от него.

Речевой звук является сложным. Он включает ряд обертонов (формант), находящихся в гармоническом отношении к основному тону. Разборчивость речи определяется формантами, большинство которых расположено в полосе частот от 300 до 3400 Гц. Поэтому эта полоса частот и принята для телефонной передачи речи. При этом слоговая разборчивость составляет около 90%, а разборчивость фраз – 99%. Для повышения разборчивости речи увеличивают ее интенсивность.

Важным условием восприятия речи является различение длительности произнесения отдельных звуков и их комбинаций. Среднее время длительности произнесения гласного равно примерно 0,35с. Длительность согласных колеблется от 0,02 до 0,30с. При восприятии потока речи особенно важно различение интервалов между словами или группами слов. Исключение пауз или их неверная расстановка может привести к искажению смысла воспринимаемой речи. Восприятие и понимание речевых сообщений (аудирование) в значительной мере зависит от

темпа их передачи. Оптимальным считается темп 120 слов/мин. Сообщения достаточно хорошо воспринимаются при темпе речи 160 слов /мин.

Чтобы речевые звуки были понятными, их интенсивность должна превышать интенсивность шумов примерно на 6 дБ. Но обнаружить звуки можно даже и в том случае, если интенсивность речи меньше интенсивности шума (примерно также на 6 дБ).

Если одновременно увеличивать уровни речи и шума, оставляя постоянным их отношение, то разборчивость речи будет повышаться, но лишь до некоторого предела, за которым наблюдается ее падение. При увеличении уровня речи до 120 дБ и шума до 115 дБ (отношение речи к шуму остается +5 дБ) разборчивость речи ухудшается примерно на 20%. Уровень речи лежит в пределах 30–50 дБ. Уровень согласных звуков на 20 дБ ниже, чем уровень гласных. С учетом перемещения говорящего уровень речи может меняться на 50 дБ. Уровень речи в 1 дБ не улавливается.

Речь обладает не только акустическими, но и некоторыми другими специфическими характеристиками. Слово имеет определенный фонетический, фонематический, слоговой, морфологический состав, является определенной частью речи, несет определенную смысловую нагрузку. Важным фактором, влияющим на опознание слов, является их частотная характеристика. Чем чаще встречается слово, тем при более низком отношении уровня речи к уровню шума оно опознается.

При восприятии отдельных слогов и слов существенную роль играют их фонетические характеристики. При восприятии словосочетаний в действие вступают синтаксические зависимости, а фонетические отступают на второй план.

Аудирование представляет собой многоуровневый процесс, в котором сочетаются фонетический, синтаксический и семантический уровни. При этом вышележащие уровни играют ведущую роль, определяя ход всего процесса аудирования, что необходимо иметь в виду при организации речевых сообщений.

Изучение особенностей восприятия речи для инженерной психологии имеет принципиальное значение, так как язык, сформировавшийся в процессе длительной истории человечества, представляет собой весьма эффективную систему кодирования информации, адресованной человеку.

2.4.2. 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/мм². *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. 2.26) и (рис. 2.27). Этому способствуют и специально разработанные формы клавиатур (рис. 2.28).

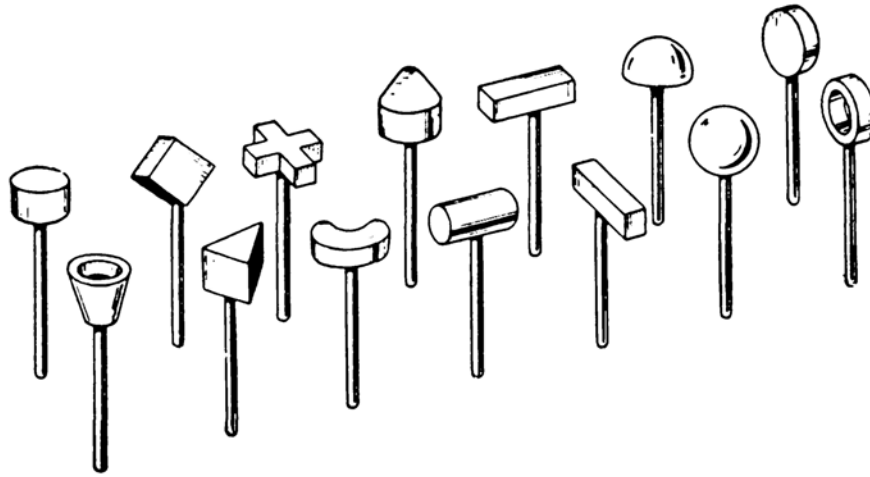


Рис. 2.26. Формы рукояток для безошибочного тактильного распознавания

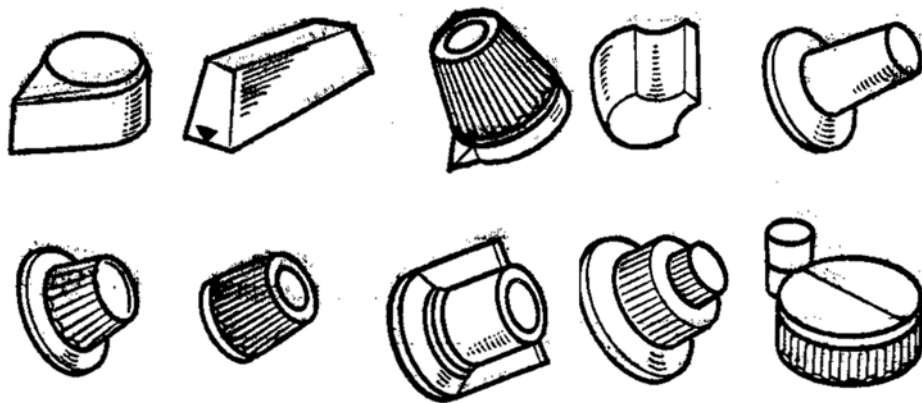


Рис. 2.27. Легко различимые на ощупь формы ручек управления



Рис. 2.28. Специальные формы клавиатуры

При нарушении зрения роль тактильного анализатора резко возрастает. У слепого и слепо-глухого 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.

2.4.3. Взаимодействие анализаторов при приеме информации

Анализаторы человека и различные каналы приема информации функционируют не изолированно друг от друга. Они представляют собой единую систему, все части которой теснейшим образом взаимосвязаны. Воздействие раздражителя на какой-либо анализатор не только вызывает его прямую реакцию, но и приводит к определенным изменениям процессов функционирования всех других анализаторов. Вместе с тем прямая реакция любого анализатора зависит от состояния всех других.

Межанализаторные связи могут быть двух видов: *активирующие* и *информирующие*.

Активирующие связи приводят к изменению чувствительности анализатора под влиянием различных побочных раздражителей. На содержание возникающих в процессе приема информации чувственных образов они не оказывают существенного влияния.

Информирующие связи оказывают прямое влияние на содержание возникающих образов. К ним относятся разнообразные ассоциации ощущений, перевод ощущений одной модальности в другую и т.д. В процессе формирования информирующих связей и при их проявлении важную роль играет память.

Большое количество сенсорных входов человека позволяет передавать ему информацию различными способами. В принципе, одна и та же информация при соответствующем кодировании может быть передана через любой анализатор. При этом возможно модулирование не одного, а нескольких параметров физического процесса, несущего информацию. Так, например, используя в качестве сигнала оптический раздражитель, можно менять его

яркость, цвет, положение в пространстве, форму и т.д.

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 поступающей 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.

2.4.4. 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. 2.29** и в **табл. 2.3**.

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. 2.30**), (**рис. 2.31**) и (**табл. 2.4**).

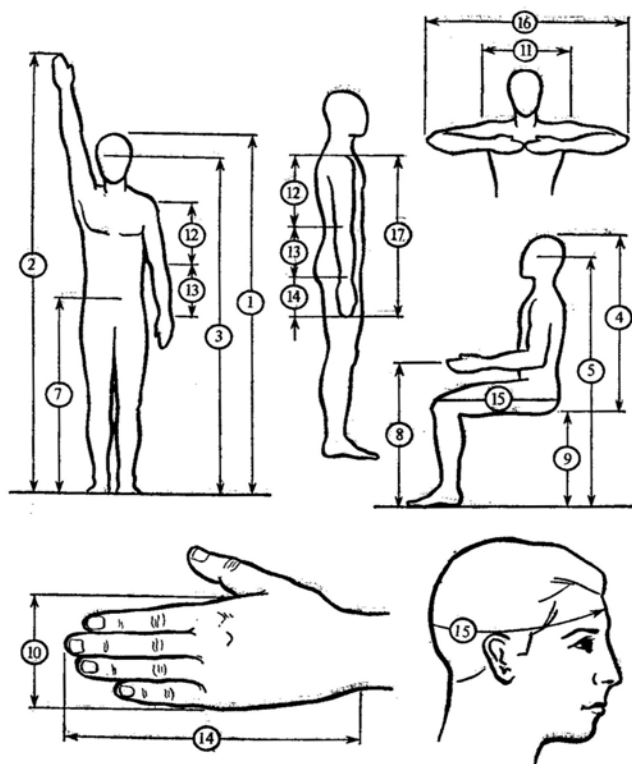


Рис. 2.29. Антропометрические характеристики человека

Таблица 2.3. Антропометрические характеристики взрослого населения

Наименование характеристики	Номер позиции	Величина характеристики			
		Мужчины		Женщины	
		M_p , см	σ_p , см	M_p , см	σ_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	6,3	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

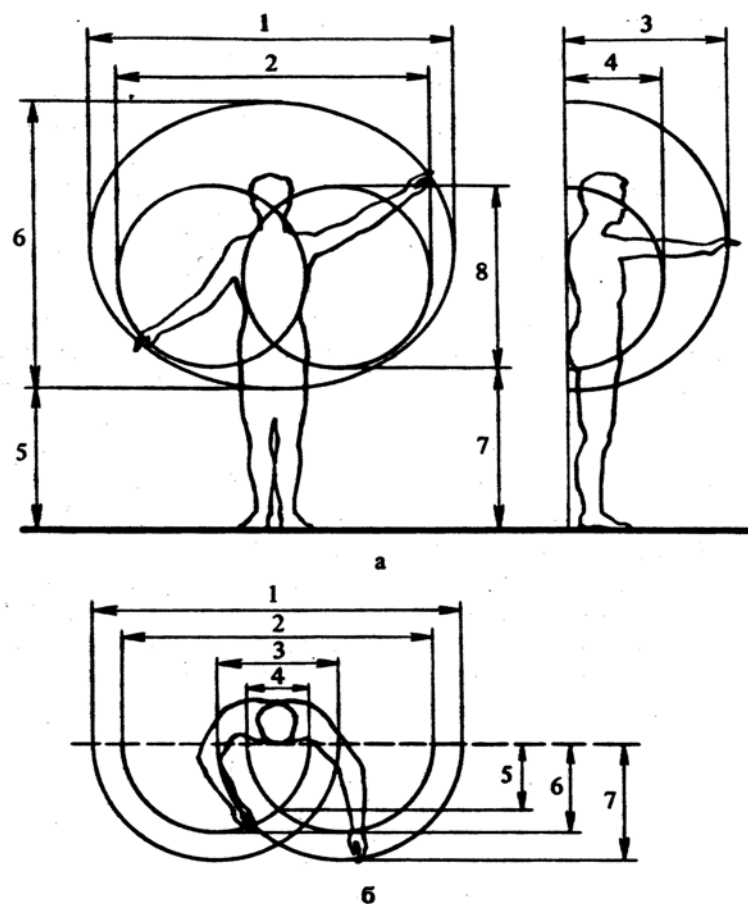


Рис. 2.30. Зоны досягаемости рук человека:
а – в вертикальной плоскости (1,3,6 – зоны максимальной досягаемости; 2,4,8 – зоны допустимой досягаемости);
б – в горизонтальной плоскости (1,7 – зоны максимальной досягаемости; 2, 6 – зоны допустимой досягаемости; 3,5 – зоны оптимальной досягаемости)

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	—	—

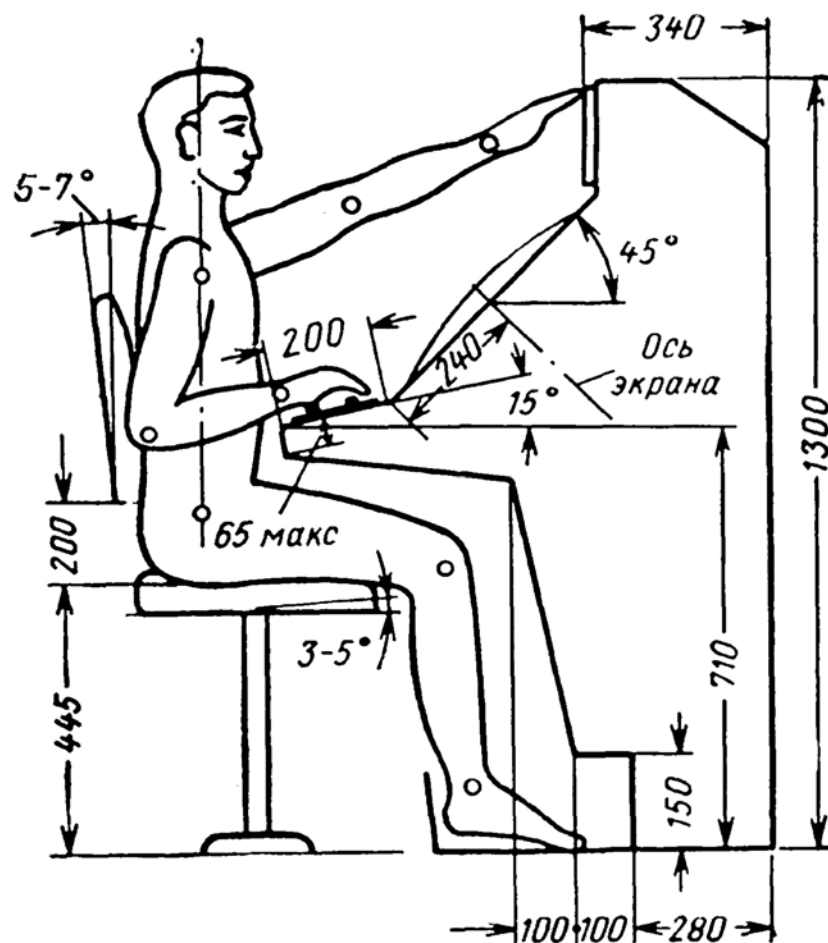


Рис. 2.31. Основные размеры пульта и стула при сидячей рабочей позе оператора

При использовании приведенными антропометрическими характеристиками следует учитывать ряд правил.

1. Данные характеристики могут использоваться либо непосредственно, если размер части тела по своей ориентации соответствует параметру оборудования, либо путем пересчетов, если рабочая поза оператора не соответствует той, которая принята при антропометрических измерениях. Например, как следует из **рис. 2.32**

$$\begin{aligned}
 m &= b \sin \alpha, & m_1 &= d \cos \gamma; \\
 h &= b \cos \alpha, & h_1 &= d \sin \gamma.
 \end{aligned}$$

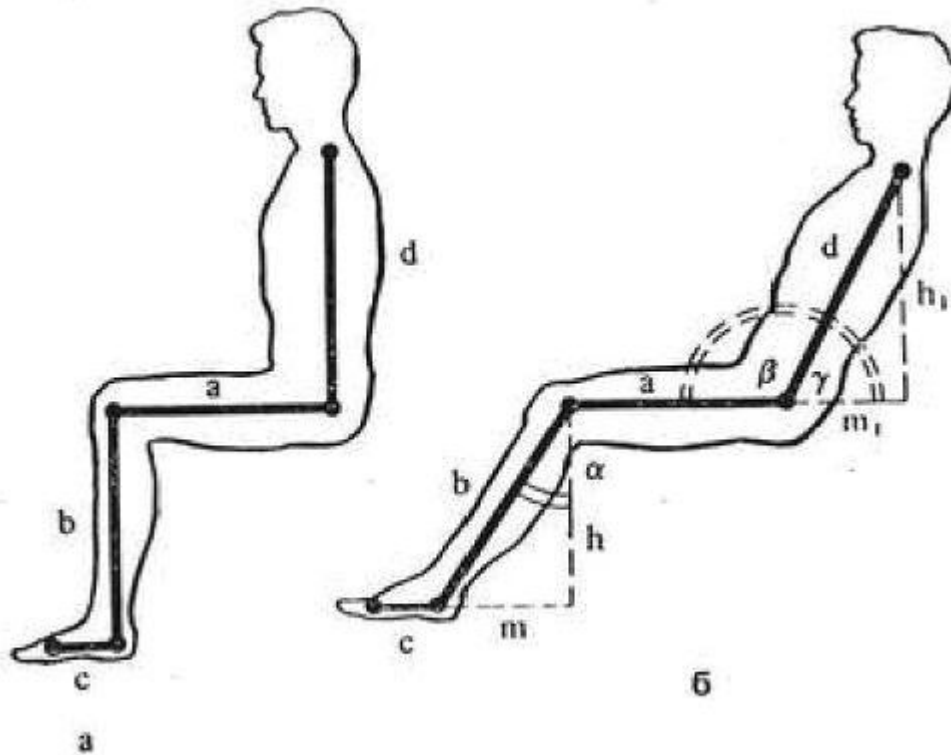


Рис. 2.32. Положение человека: а – при антропометрических измерениях; б – в процессе работы

2. 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.

3. 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).

Тема 2.5. Хранение и переработка информации оператором

2.5.1. Постоянная и оперативная память

Основой деятельности человека-оператора является получение, сохранение, переработка и передача информации. Поэтому особенности 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. Объем памяти на статические сигналы является случайной величиной (ввиду индивидуальных различий людей) и подчиняется биномиальному закону распределения. 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. Соответствующий этому промежуток времени и определяет время сохранения информации. Это время в ряде случаев является случайной величиной, подчиненной закону равномерной плотности распределения.

Правильность (точность) воспроизведения информации может быть количественно определена как вероятность безошибочного воспроизведения предъявляемой информации:

$$P_{\text{нам}} = n / N,$$

где n и N – соответственно число правильно воспроизведенных и общее число предъявленных последовательностей сигналов.

Помехоустойчивость определяется правильностью воспроизведения информации в условиях помех.

Рассмотренные характеристики оперативной памяти не являются строго постоянными величинами и во многом зависят от характера запоминаемой информации и условий работы оператора (**рис. 2.33**) и (**рис. 2.34**).

Все параметры влияющие на продуктивность памяти, 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).

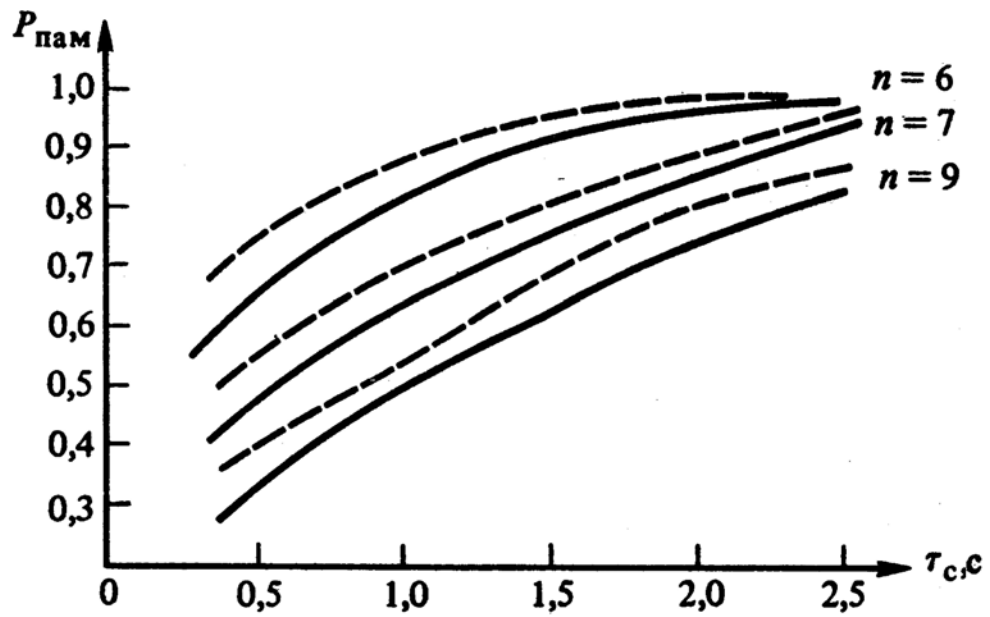


Рис. 2.33. Зависимость вероятности правильного воспроизведения от длительности предъявления символа t_c и длины последовательности n :
 - - - при одновременном предъявлении;
 — при последовательном предъявлении

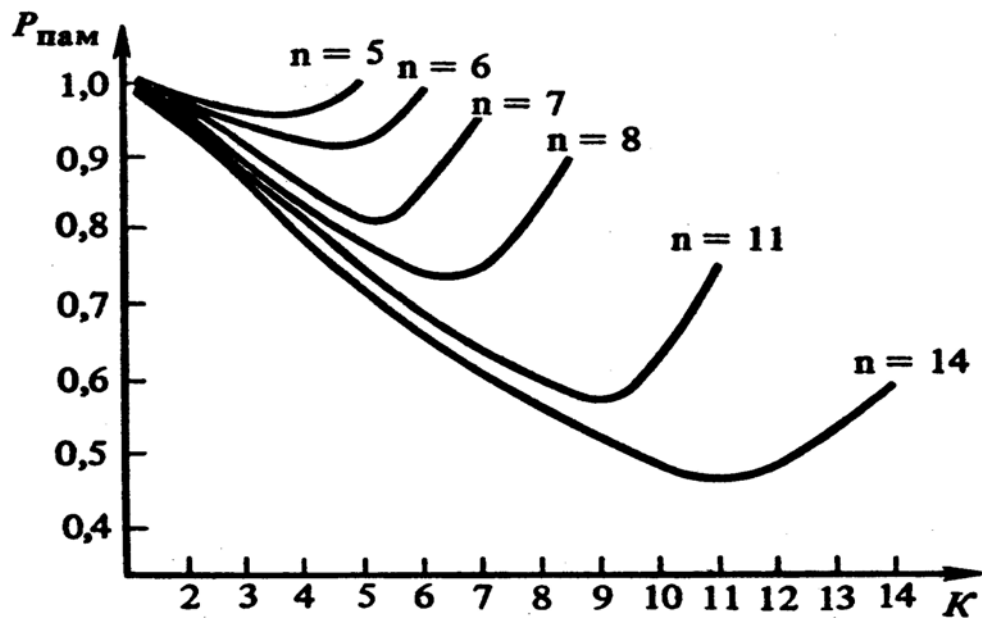


Рис. 2.34. Зависимость вероятности правильного воспроизведения от места символа в предъявляемой последовательности K и длины последовательности n

2.5.2. 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.

2.5.3. 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

$$t_{\text{ои}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{пд}},$$

где $t_{\text{оп}}$ – время обработки информации в оперативной памяти; $t_{\text{пд}}$ – время поиска информации в долговременной памяти.

Таким образом объективными критериями для определения объема памяти и длительности «следа» памяти является значимое увеличение (в статистическом смысле) количества ошибок и времени обработки информации. Это увеличение свидетельствует о переходе от оперативного к долговременному хранению информации. Для регистрации этого момента используются косвенные методы инженерно-психологических измерений характеристик памяти. Индикатором измерений в этом случае может служить вероятность безошибочного воспроизведения предъявляемой информации $P_{\text{пам}}$, время обработки информации $t_{\text{ои}}$ или количество ошибок оператора $m_{\text{ош}}$, которые тесно взаимосвязаны между собой и зависят от времени работы оператора (**рис. 2.35**).

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.

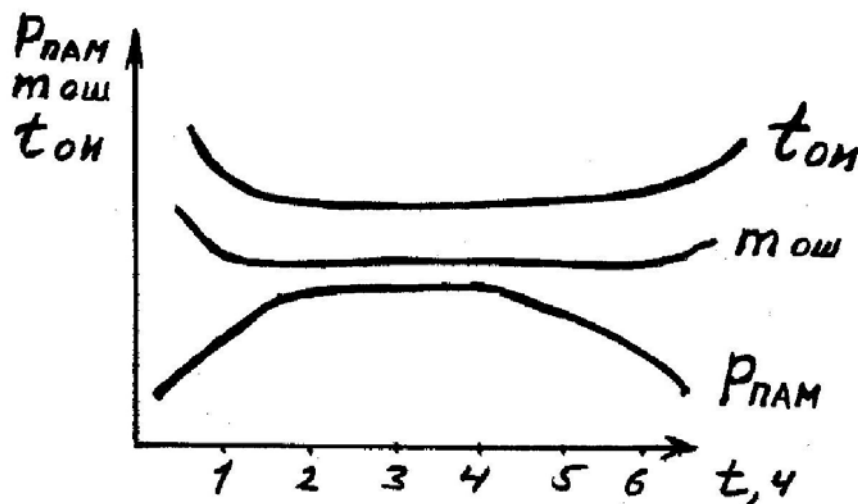


Рис. 2.35. Зависимость вероятности безошибочного воспроизведения предъявляемой информации

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.

2.5.4. 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 опосредственного 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.

Тема 2.6. Принятие решения и управляющие действия в деятельности оператора

2.6.1. 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. 2.36).

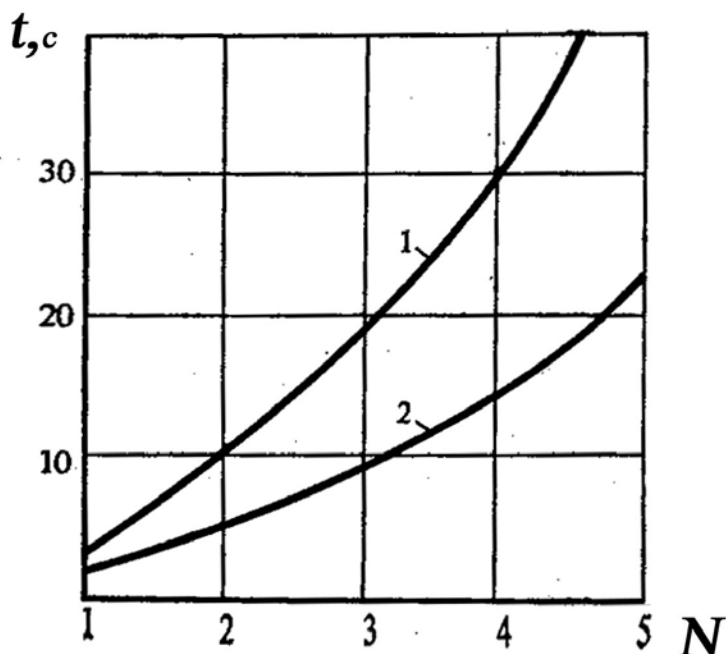


Рис. 2.36. Время принятия решения в зависимости от числа проверяемых оператором логических условий: 1– при дефиците информации; 2– в спокойных условиях

– 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.

Процедура принятия решения и его качество в различных ситуациях неопределенности будет иметь разный характер. Поэтому в зависимости от состояния исходной информации могут быть три вида решения:

– детерминированное;

– вероятностное;

– предельное.

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

Проблема выработки и принятия решения условно имеет следующие 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*. При этом информационная подготовка принятия решения складывается из *внешнего и внутреннего информационного обеспечения*. *Внешнее информационное обеспечение* требует решения проблем, связанных с вопросами определения количества и качества информации, необходимой и достаточной для принятия решения и оптимального представления этой информации оператору. *Внутреннее информационное обеспечение* сводится к процедурам, объединенным в две группы: поиск, выделение, классификация и обобщение информации о проблемной ситуации; построение текущих образов или оперативных концептуальных моделей.

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. Что касается самого действия принятия решения, то оно одномоментно и подчиняется, возможно, некоторому универсальному закону.

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:

$P \gg K$ – 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.

В заключение необходимо отметить, что структура и механизмы процедуры принятия решения не являются стабильно-универсальными на разных уровнях психического отражения. Они изменяются при переходе от перцептивно-

опознавательного уровня к речемыслительному, так как каждый уровень представляет собой качественно новое структурно-системное образование. Главное здесь заключается в переходе от перебора и выбора гипотез к построению гипотез (концептуальных моделей).

2.6.2. 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 задач.

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*. Это время зависит от амплитуды движения и размера органа управления:

$$t_{\text{дв}} = a + b \cdot \log_2 \frac{2A}{W} = a + b \cdot T,$$

где a и b константы ($a \approx 0,07$ с, $b \approx 0,074$ с); A – амплитуда движения; W – размер органа управления; T – комплексный показатель трудности.

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. 2.37) и (рис. 2.38).

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:

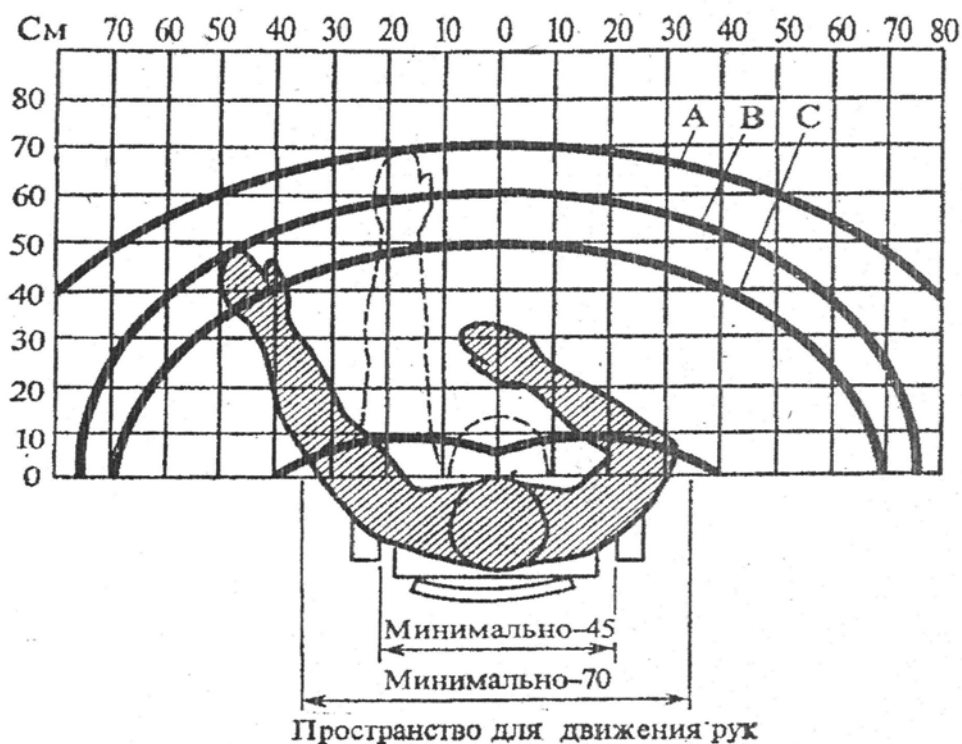


Рис. 2.37. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: А— максимальная; В— допустимая; С— оптимальная зона

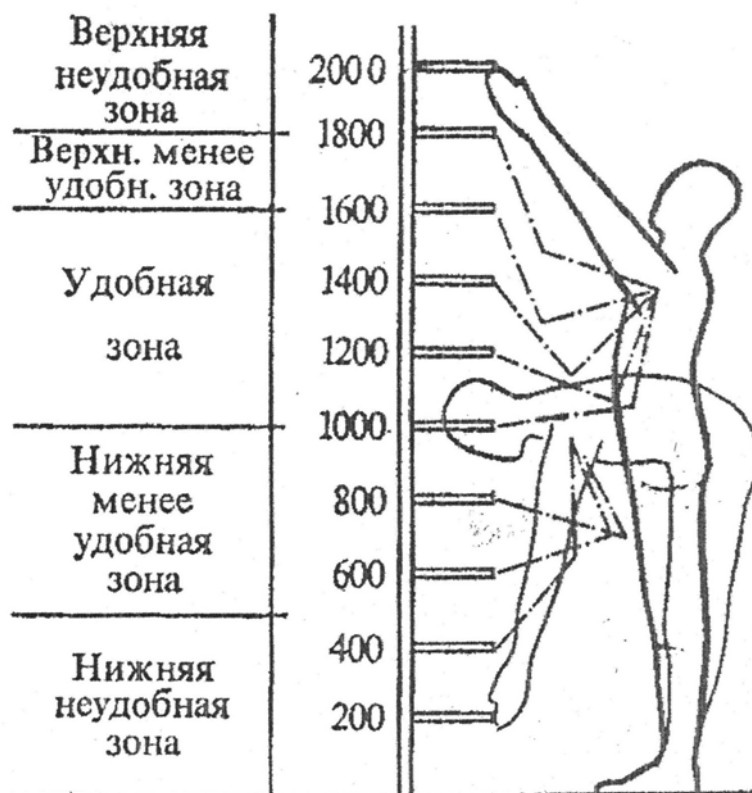


Рис. 2.38. Зоны досягаемости рук в вертикальной плоскости

– для ручек управления

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

где D – диаметр ручки управления; d_o – 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

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

где S – площадь кнопки управления; S_o – 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 ± 15 см в средней зоне ниже груди и ± 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.

Тема 2.7. Сенсомоторные реакции оператора

2.7.1. Связь восприятия и движения

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:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} + t_{\text{м}},$$

где $t_{\text{в}}$ – время восприятия сигнала; $t_{\text{м}}$ – 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

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{в}} + t_{\text{р}} + t_{\text{п}} + t_{\text{м}},$$

где $t_{\text{в}}$ – время восприятия сигнала; $t_{\text{р}}$ – время принятия решения; $t_{\text{п}}$ – время поиска и обнаружения нужного органа управления; $t_{\text{м}}$ – время моторного действия.

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. 2.39).

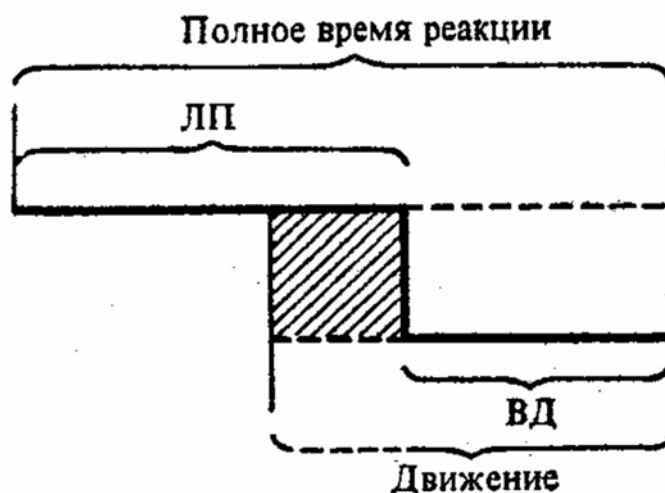


Рис. 2.39. Соотношение между различными компонентами сенсомоторной реакции (ЛП – латентный период, ВД – время движения)

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*.

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. Его величина зависит от эксцентриситета (направления расположения) сигнала: наблюдается медленное увеличение с ростом угла проекции сигнала на сетчатку глаза (рис. 2.40).

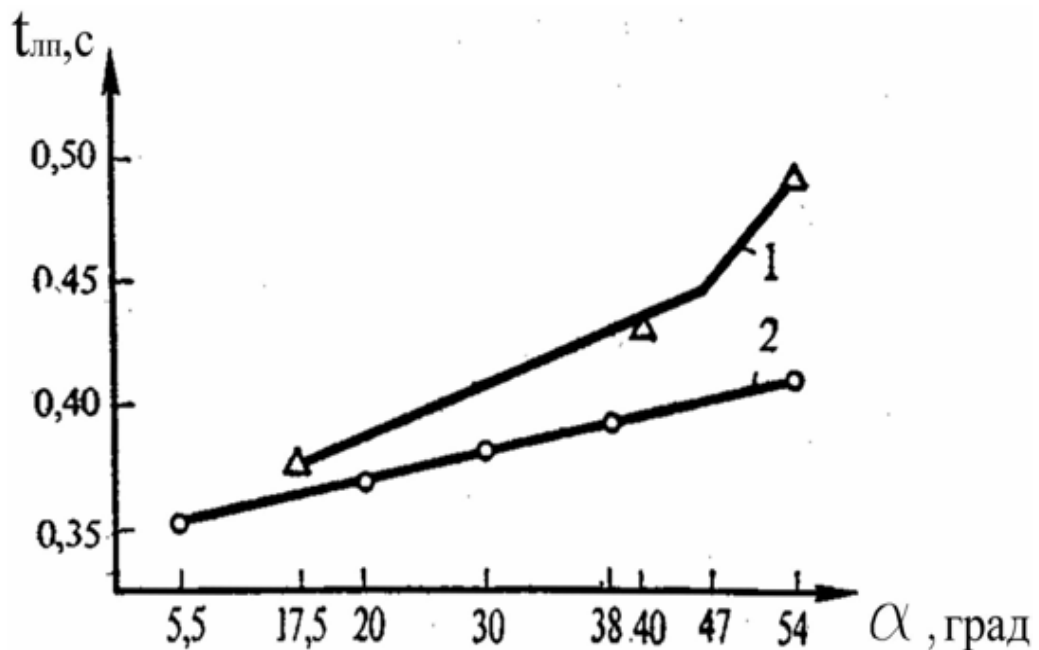


Рис. 2.40. Зависимость времени латентного периода от эксцентриситета сигнала: 1 – режим фиксации; 2 – свободный режим

Время движения также существенно меньше в свободном режиме, чем в режиме фиксации при прочих равных условиях и зависит от амплитуды (рис. 2.41).

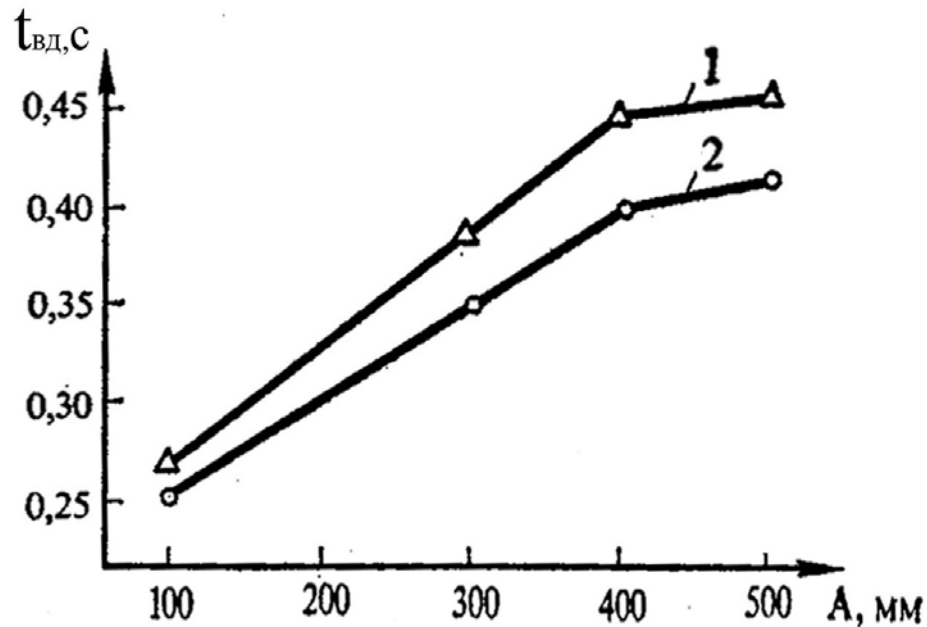


Рис. 2.41. Зависимость времени движения от амплитуды:
1 — режим фиксации; 2 — свободный режим

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. 2.42).

Результаты, свидетельствующие об уменьшении обеих составляющих времени реакции в свободном режиме по сравнению с режимом фиксации, показывают функциональное единство сенсорных и моторных процессов. В ответ на изменение режима наблюдения появляются качественные и количественные изменения в моторной деятельности, что свидетельствует об участии параллельно действующих каналов, имеющих общие временные характеристики.

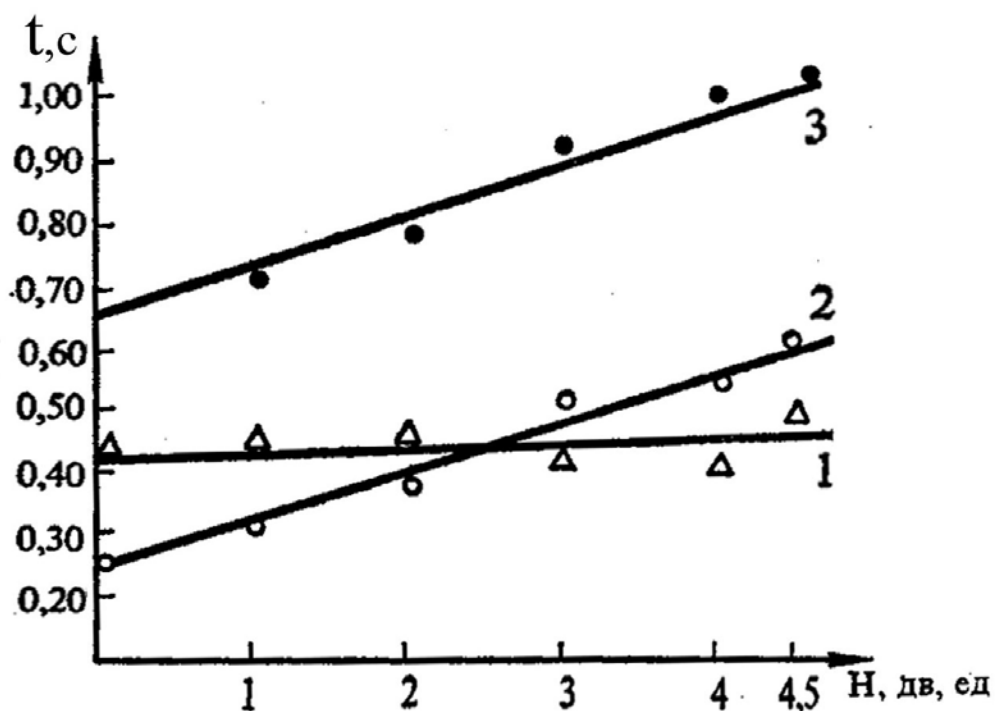


Рис. 2.42. Зависимость компонентов времени реакции от количества информации: 1 – время движения; 2 – латентный период; 3 – общее время реакции

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.

2.7.2. Ошибки реакций 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.

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

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.

2.7.3. Информационная нагрузка оператора

Информационная нагрузка оператора определяется предельно-допустимыми нормами деятельности.

1. *Коэффициент загруженности* – относительная величина времени, занятого оператором непосредственной работой за пультом управления:

$$K_3 = \frac{T_o}{T_p} \leq 0,75,$$

где T_o – время обработки информации; T_p – общее время работы.

2. **Период занятости** – время непрерывной без пауз работы:

$$T_3 \leq 15 \text{ мин.}$$

3. **Коэффициент очереди сигналов** – относительное число сигналов, обработанных оператором в условиях очереди на обслуживание:

$$K_0 = \frac{N_o}{N} \leq 0,4,$$

где N_o – число сигналов, обработанных оператором в условиях очереди на обслуживание; N – общее число поступивших сигналов.

4. **Длина очереди сигналов** – число сигналов одновременно требующих внимания оператора (удержания их в памяти):

$$L_0 \leq 3.$$

5. **Время ожидания начала обработки сигнала** (начала обслуживания). Смысл этого показателя состоит в появлении дефицита времени в работе оператора. Время пребывания информации на обработке не должно превышать предельно допустимого:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{ож}} + t_{\text{оп}} \leq t_{\text{пр доп}},$$

отсюда

$$t_{\text{ож}} \leq t_{\text{пр доп}} - t_{\text{оп}},$$

где $t_{\text{ож}}$ – время ожидания начала обработки; $t_{\text{оп}}$ – время обработки сигнала оператором; $t_{\text{пр доп}}$ – предельно допустимое время обработки.

6. **Скорость поступления информации** – количество информации, поступающей в единицу времени:

$$V_{\text{пи}} \leq 2 - 4 \text{ дв.ед./с.}$$

Тема 2.8. Алгоритмическое описание деятельности оператора

Для описания структуры деятельности оператора в инженерной психологии применяется ряд методов, одним из которых и наиболее распространенным является метод алгоритмического описания деятельности (работы) оператора.

В качестве составляющих алгоритма используются оперативные единицы двух видов:

- элементарные операторы (А) – действия: нажатие кнопки, поворот переключателя, включение тумблера и т.п.;
- логические условия (Р) – образ, понятие, суждение (имеют два исхода): индикатор загорелся или погас, стрелка отклонилась или не отклонилась и т.п.

Для компактной записи алгоритма работы оператора могут использоваться сокращенные обозначения элементарных операторов, логических условий и компонентов панели управления (рис. 2.43) и (рис. 2.44).

О – Вкл, Выкл
Ф – Фиксация
П – Плавная регулировка
К – Контроль
И – Считывание показания индикатора

Рис. 2.43. Обозначения элементарных операторов и логических условий

1. Индикаторы:
 - Н – самосветящиеся
 - Р – стрелочные
 - V – электронно-лучевые
2. Органы управления:
 - S – фиксируемые
 - SE – плавной регулировки
3. Коммутационные элементы:
 - X – гнезда, клеммы
 - F – предохранители

Рис 2.44. Обозначения компонентов панели управления

Для записи алгоритма применяется структурная схема алгоритма (рис. 2.45).

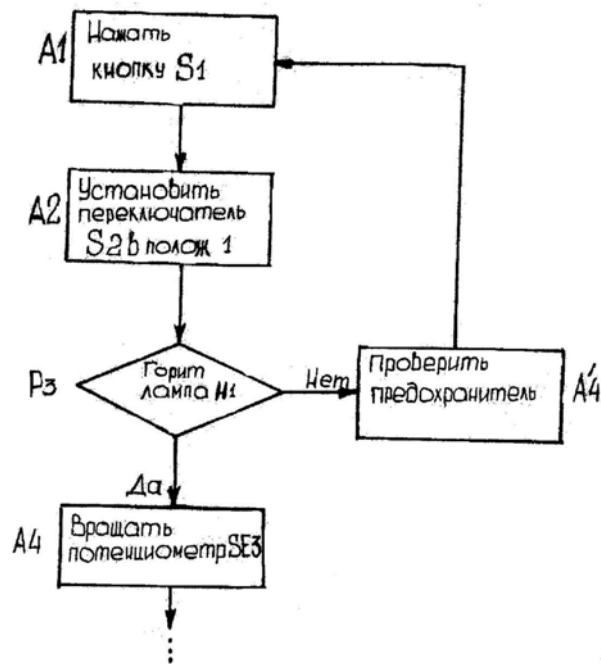


Рис. 2.45. Структурная схема алгоритма работы оператора с панелью управления

В качестве характеристик алгоритма работы оператора используются нормированные коэффициенты стереотипности и логической сложности.

Пусть алгоритм состоит из N составляющих (N_0 – элементарных операторов и N_l – логических условий), распределённых соответственно по n_0 и n_l группам. Разобьем алгоритм на комплексные группы, включающие в себя по одной группе элементарных операторов и логических условий. Пусть каждая комплексная группа содержит m составляющих алгоритма, из них m_0 – элементарных операторов и m_l – логических условий.

Стереотипность алгоритма зависит от:

- числа элементарных операторов в алгоритме N_0 (чем больше N_0 при постоянном N_l , тем больше выражен стереотипный компонент);
- числа групп элементарных операторов n_0 (при постоянных N и N_0 с уменьшением n_0 увеличивается стереотипность алгоритма);
- общего числа составляющих алгоритма N (при постоянных N_0 и n_0 с ростом N уменьшается стереотипность алгоритма);
- распределения операторов по комплексным группам.

Эти факторы учитываются следующими относительными величинами:

- отношением $\frac{N_0}{N}$, характеризующим долю элементарных операторов в алгоритме;
- отношениями $\frac{m_{0i}}{N_0}$ и $\frac{m_{0i}}{m_i}$, характеризующими распределение элементарных операторов по группам.

Тогда выражение для нормированного коэффициента стереотипности можно записать в виде суммы произведений этих отношений:

$$Z_H = \sum_{i=1}^{n_0} \frac{N_0}{N} \cdot \frac{m_{0i}}{N_0} \cdot \frac{m_{0i}}{m_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i}.$$

Аналогичным образом можно записать выражение и для нормированного коэффициента логической сложности:

$$L_H = \sum_{j=1}^{n_l} \frac{N_l}{N^*} \cdot \frac{m_{lj}}{N_l} \cdot \frac{m_{lj}}{m_j} = \frac{1}{N^*} \cdot \sum_{j=1}^{n_l} \frac{m_{lj}^2}{m_j}.$$

Разбивка алгоритма на комплексные группы при вычислении Z_H производится, начиная с первой группы элементарных операторов, а при вычислении L_H – с первой группы логических условий, то есть предшествующая ей группа элементарных операторов не учитывается. Поэтому в выражении для L_H вместо N записано N^* .

Значения Z_H и L_H должны лежать в пределах:

$$0,25 \leq Z_H \leq 0,85;$$

$$L_H \leq 0,2.$$

При $Z_H > 0,25$ и $L_H < 0,2$ достаточно полно учтены возможности человека. При $Z_H > 0,85$ функции оператора целесообразно передать ЭВМ.

Рассмотрим расчет нормированных коэффициентов стереотипности и логической сложности на простом примере.

Пусть нам дан алгоритм, формы записи которого, приведены на (рис. 2.46). Как видно общее число составляющих элементов алгоритма $N = 7$, число элементарных операторов $N_0 = 5$ и число логических условий $N_l = 2$.

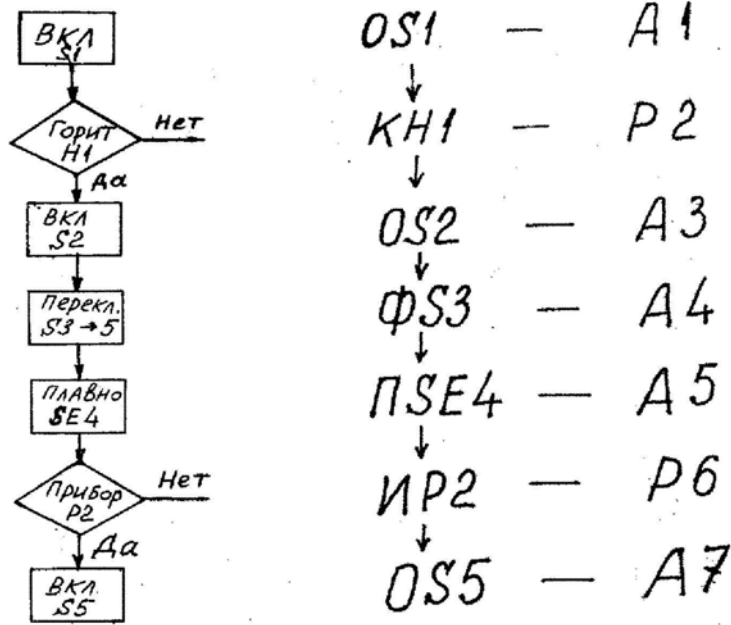


Рис. 2.46. Формы записи алгоритма

Для вычисления коэффициента стереотипности Z_n разобьем алгоритм на группы, начиная с первого элементарного оператора А и заканчивая логическим условием Р (перед следующим А) (рис. 2.47).

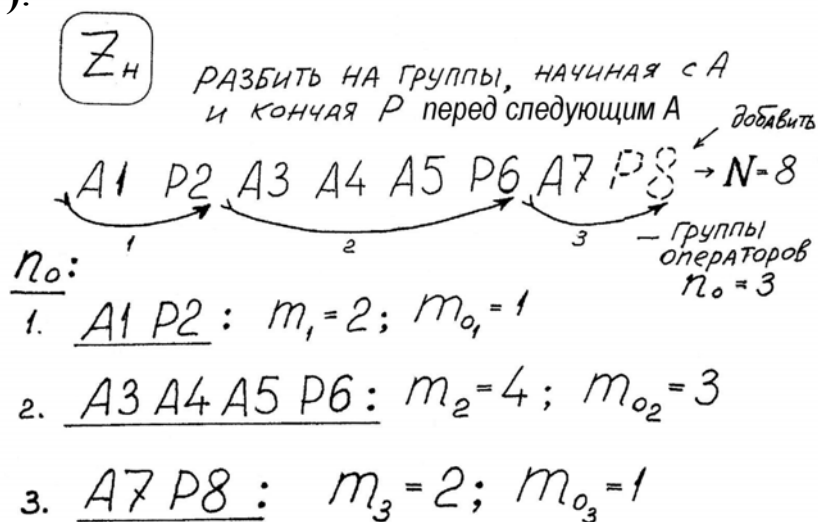


Рис. 2.47. Разбивка алгоритма на группы при вычислении коэффициента стереотипности

При этом необходимо иметь в виду, что алгоритм всегда должен заканчиваться не элементарным оператором, а логическим условием, так как после любого элементарного оператора (действия) предполагается всегда наступление логического условия. Поэтому общее число составляющих алгоритма будет $N=8$. Тогда, исходя из результатов разбивки алгоритма, приведённых на этом рисунке, можно рассчитать коэффициент стереотипности:

$$Z_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i}$$

$$0,25 \leq Z_H \leq 0,85$$

$$Z_H = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{(1)^2}{2} + \frac{(3)^2}{4} + \frac{(1)^2}{2} \right) = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{13}{4} \right) = 0,406.$$

Условие обеспечивается.

Для вычисления коэффициента логической сложности L_H разобьем алгоритм на группы, начиная с первого логического условия P и заканчивая элементарным оператором A (перед следующим P) (рис.2.48).

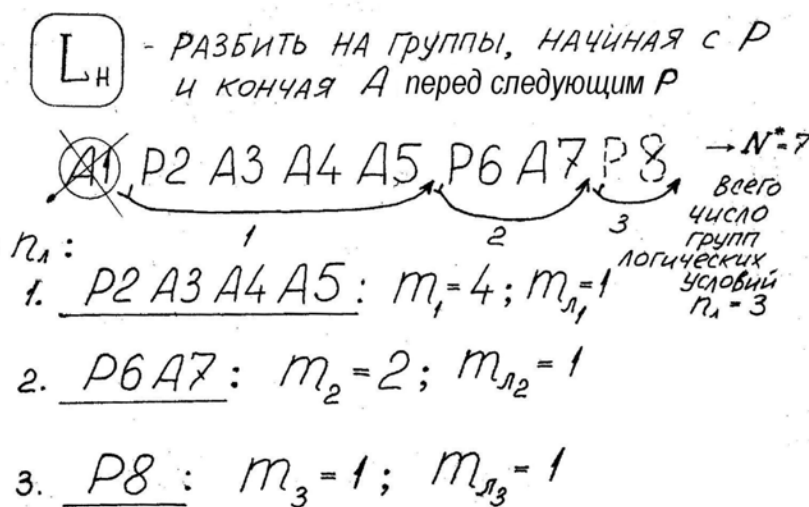


Рис. 2.48. Разбивка алгоритма на группы при вычислении коэффициента логической сложности

При этом необходимо иметь в виду, что первый элементарный оператор в данном случае не учитывается. Поэтому общее число составляющих алгоритма будет $N^* = 7$. Тогда, исходя из результатов разбивки алгоритма, приведенных на этом рисунке, можно рассчитать коэффициент логической сложности:

$$L_n = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{n_s} \frac{m_{lj}^2}{m_j}$$

$$L_n \leq 0,2$$

$$L_n = \frac{1}{7} \cdot \left(\frac{(1)^2}{4} + \frac{(1)^2}{2} + \frac{(1)^2}{1} \right) = \frac{1}{7} \cdot \left(\frac{7}{4} \right) = 0,25 .$$

Условие не обеспечивается.

Раздел 3. Инженерно-психологические основы проектирования систем «Человек-машина»

Тема 3.1. Проектирование средств отображения информации

3.1.1. Классификация и общие инженерно-психологические требования к средствам отображения информации

3.1.1.1. Классификация средств отображения информации

С помощью средств отображения информации (СОИ) человек-оператор получает информацию о состоянии объекта управления. Конкретные типы СОИ, их количество и способы взаимного размещения выбираются с учетом особенностей работы анализаторов человека (прежде всего зрительного), закономерностей формирования оперативного образа объекта управления, характера функций оператора в системе «Человек – машина», последовательности и степени важности выполняемых операций, требуемой скорости и точности работы. СОИ классифицируются по ряду признаков (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Классификация средств отображения информации

По модальности сигнала СОИ делятся на *визуальные*, *акустические* и *тактильные*.

По функции выдаваемой информации СОИ делятся на *командные* (целевые) и *ситуационные*. *Командные* отображают цель управления («конечную точку», которая должна быть достигнута) и дают сведения о необходимых действиях. Такими индикаторами являются, например, командные табло («Идите», «Стойте», «Ждите» и т.п.). *Ситуационные индикаторы* дают не только информацию об отношении хода управляемого процесса к программе, но и обрисовывают ситуацию как таковую. Примером индикаторов такого типа может служить индикатор температуры, давления или счетчик числа оборотов двигателя.

По способу использования показаний СОИ разделяются на три группы:

1. *Для контрольного* (проверочного) *чтения*. С помощью таких индикаторов оператор решает задачу типа «да–нет»: работает машина или нет, в норме или нет какие-либо параметры и т.д.

2. *Для качественного чтения*. Подобные индикаторы дают информацию о направлении изменения управляемого параметра. Например, возрастает он или понижается; если отклоняется, то в какую сторону, и т.д.

3. *Для количественного чтения*. Такие индикаторы передают информацию в виде численных значений (в аналоговой или цифровой форме). К этой группе относится абсолютное большинство используемых индикаторов.

По форме сигнала СОИ делятся на *абстрактные* и *изобразительные*. *В первом случае* сигналы передаются в виде абстрактных символов (цифры, буквы, геометрические фигуры и др.), отображающих в закодированном виде состояние объекта. Выбор символов определяется из соображений обеспечения оптимальной эффективности кодирования. *Во втором случае* передача сигналов осуществляется в форме изображений. В этом случае качество передачи информации определяется полнотой изображения – степенью схематизации, детализации и количеством воспроизводимых свойств.

По степени детализации информации СОИ могут быть *интегральными* и *детальными*. На *интегральных СОИ*

информация выдается оператору в обобщенном виде, чтобы сократить или вообще исключить время на ее выделение, поиск и синтезирование. *Детальные СОИ* выдают конкретную информацию.

3.1.1.2. Общие инженерно-психологические требования к средствам отображения информации

1. Для адекватного отображения состояния отдельных объектов контроля необходимо использовать разнообразные элементы индикации. Каждый элемент индикации должен наиболее адекватно отображать определенные характеристики управляемого объекта.

Для отображения сообщения, словесной инструкции, последовательности операций наиболее подходят сигнальные оптические табло с различными трафаретами (транспаранты).

Для отображения количественных показателей необходимы устройства типа счетчика, когда видна только одна цифра (число). В этих случаях лучше использовать цифровые индикаторы.

Для анализа работы оборудования рекомендуется применять дисплеи, так как с их помощью можно показать связь между многими параметрами.

С помощью рассмотренных элементов создаются разнообразные системы отображения информации. Они могут быть выполнены в виде табло, мнемосхем, приборных панелей.

2. Другим важным требованием, предъявляемым к СОИ, является соответствие скорости выдаваемой информации пропускной способности оператора. Организация потоков информации должна исключать как перегрузку, так и недогрузку оператора.

Перегрузка оператора приводит к психологической напряженности и увеличению количества ошибок. Для уменьшения перегрузки необходимо:

- предоставлять информацию оператору с необходимым упреждением к началу исполнения;
- сократить поток информации до необходимого минимума;
- предусмотреть возможность фильтрации информации, что позволяет оператору отбирать данные, соответствующие его

возможностям и условиям работы;

- разработать рациональную схему деятельности оператора;

- позволить оператору использовать для принятия решения максимальное время (в пределах общего времени, отведенного на выполнение задачи);

- сохранять на индикаторе информацию по желанию оператора на необходимое время.

Недогрузка оператора вызывает ослабление внимания, что приводит в конечном итоге к потере ритма в работе и ошибкам. Для уменьшения недогрузок необходимо:

- сократить до минимума время от запроса до воспроизведения информации, а также время формирования изображения;

- обеспечить достаточную интенсивность потока информации (при интенсивности потока 1–10 сигналов в час уже может наблюдаться заметное ослабление внимания);

- принять меры к повышению «заметности» вновь появляющейся информации (мерцание, яркость, громкость);

- ограничить площадь размещения информации;

- обеспечить оператору возможность контроля за правильностью своих действий.

Количественная оценка потоков информации при проектировании СОИ проводится с помощью математических методов теории массового обслуживания и теории информации. В процессе испытаний оценка уточняется экспериментальным путем.

3. Еще одним требованием, предъявляемым к СОИ, является их соответствие возможностям оператора по приему и переработке поступающих сигналов. Для выполнения этого требования прежде всего должны учитываться характеристики зрительного и других анализаторов.

При построении системы отображения информации очень важно соблюдать последовательность организации внимания: расположение элементов должно соответствовать наиболее вероятной последовательности изменений состояний управляемых объектов. Следует стремиться также к максимальной разгрузке оперативной памяти оператора.

3.1.2. Инженерно-психологические требования к отдельным видам визуальной индикации

В абстрактных СОИ, представляющих оператору информацию в виде сигналов, используются три основные формы визуальной индикации: *стрелочная, знаковая и графическая*. К каждой из них предъявляются специфические инженерно-психологические требования.

Стрелочная индикация. На считывание показаний большое влияние оказывают отдельные элементы стрелочного прибора: шкалы, стрелки, оцифровка, отметки.

Точность и скорость считывания показаний со шкалы прибора зависят от ее вида, формы и размера, расстояния наблюдения, интервала между отметками. При коротких экспозициях (менее 0,5с) точнее считываются показания прибора с подвижной шкалой и неподвижной стрелкой. При увеличении времени экспозиции предпочтительнее приборы с подвижной стрелкой и неподвижной шкалой.

На качество отсчетов влияет и форма шкалы. Лучшие результаты дает круглая шкала, за ней следует полукруглая и прямолинейная горизонтальная; худшие – вертикальная шкала. Однако это положение в отдельных случаях может не выполняться. Например, для приборов, с помощью которых контролируются параметры глубины, высоты, температуры, лучшими являются все же вертикальные шкалы.

При выбранной форме шкалы точность отсчетов зависит от того, с какого участка шкалы ведется считывание. Круглые шкалы дают лучшие результаты при считывании показаний с центрального верхнего сектора, горизонтальные – с центральной части шкалы. По мере же приближения к концам этих шкал точность и скорость считывания значительно падают.

Оптимальный угловой размер шкалы составляет 2,5–5° (40 – 60 мм при дистанции наблюдения 750 – 900 мм). Шкалы приборов градуируются штриховыми отметками, которые подразделяются на основные, средние и малые. Точность считывания зависит от размеров отметок и расстояния между ними. Рекомендуются следующие минимальные размеры

отметок (длина и толщина соответственно): основные 25' и 5', средние 20' и 3', малые 12' и 1'. Увеличение числа мелких отметок приводит к снижению скорости и точности считывания. При необходимости интерполяции (стрелка останавливается между делениями) лучшие результаты наблюдаются тогда, когда оператор должен мысленно делить отмеченный интервал не более чем на 5 частей.

Наиболее эффективными являются шкалы с ценой деления 1; 5; 10 и соответствующей оцифровкой. Цифры наносятся только у основных отметок. Точность считывания цифр зависит от их высоты, формата, толщины обводки, расстояния между соседними цифрами. Здесь должны быть выполнены основные требования, которые предъявляются к знаковой индикации.

Важное значение при считывании показаний со шкал имеет форма и расположение стрелок и указателей (рис. 3.2) и (рис. 3.3). Наибольшее преимущество перед остальными имеет клиновидная стрелка. Толщина ее острия должна быть не более ширины самой малой отметки шкалы. Кроме того, оператор быстрее и точнее ориентируется в показаниях прибора, если кончик стрелки не заслоняет цифру и не касается делений шкалы, а находится от них на расстоянии 0,4–1,5 мм. Стрелка должна находиться как можно ближе к плоскости циферблата, чтобы свести к минимуму параллакс.

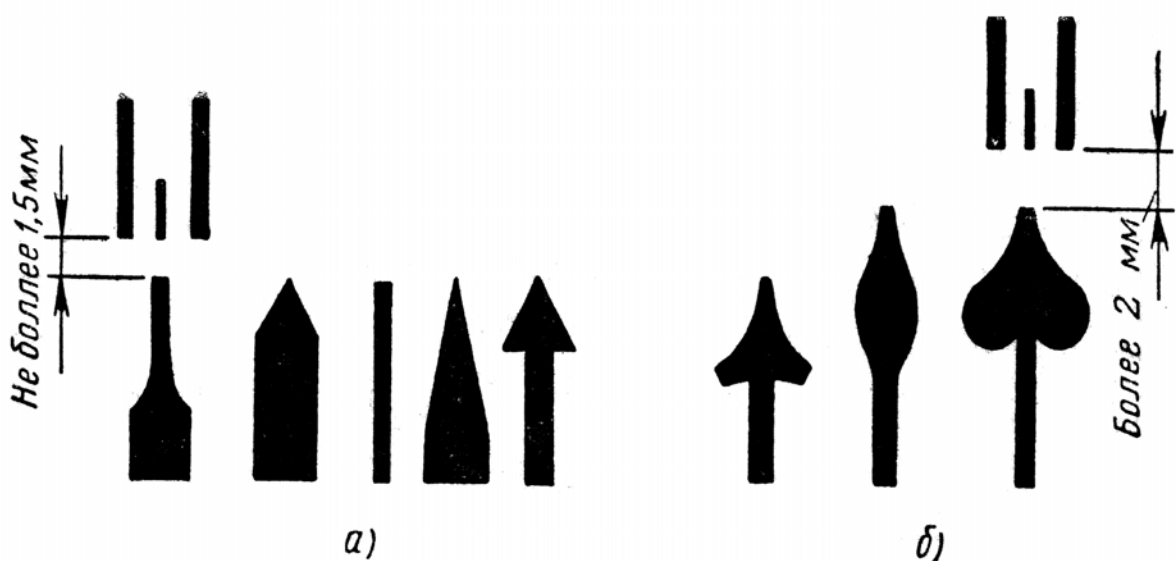


Рис. 3.2. Рекомендуемые (а) и нерекомендуемые (б) формы концов стрелок и зазоров

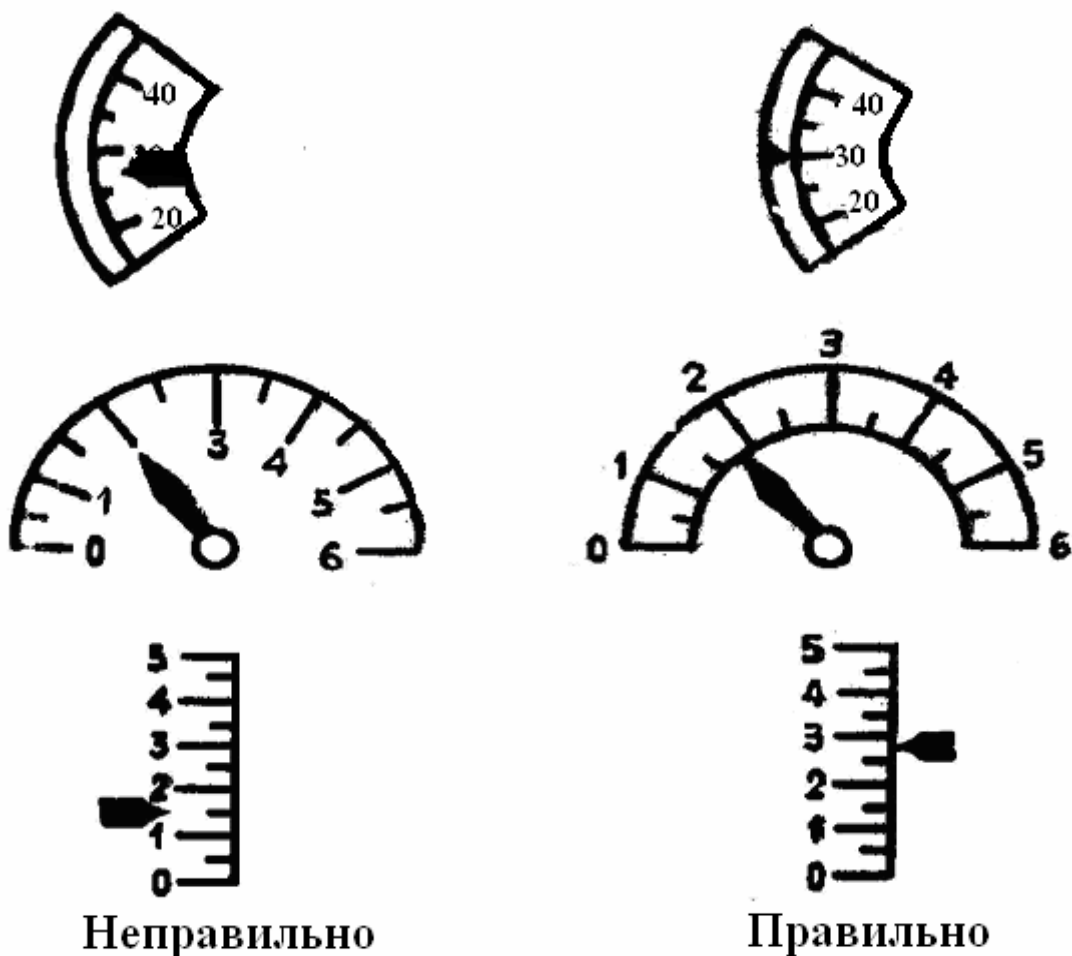


Рис. 3.3. Примеры неправильного и правильного оформления шкал измерительных приборов

Разработан также ряд требований по расположению приборов на информационной панели:

- стрелочные индикаторы следует устанавливать в плоскости, перпендикулярной линии взора;
- для шкал, установленных на одной панели, необходимо выбирать одинаковую систему делений и одинаковые цифры;
- фон шкалы должен быть матовым, а расположение прибора должно быть таким, чтобы на его лицевой поверхности не было бликов;
- поверхность шкалы не должна быть темнее панели.

Знаковая индикация. В абстрактных СОИ используют различные виды знаков: буквы и цифры, абстрактные фигуры, условные символы. В последнем случае для формирования знака используют правила мнемоники.

На практике используют два способа построения условных символов: *индуктивный* и *дедуктивный*.

При *индуктивном способе* в качестве основы берется изображение обозначаемого объекта и затем путем упрощения одних элементов и усиления других оно преобразуется в условный символ. При *дедуктивном способе* в качестве основы берутся абстрактные геометрические фигуры, в которые вводятся дополнительные элементы (буквы, цифры, штрихи и т.д.).

Главную роль в опознании знака играет его контур. Количество дополнительных элементов знака должно соответствовать количеству признаков или свойств отображаемого объекта. В случае избыточности элементов наблюдается неоднозначность приема информации: оператор приписывает объектам несуществующие признаки. При недостаточности элементов снижается надежность приема информации: при декодировании оператор путает одни знаки с другими.

Сложность знака оценивается по числу входящих в него элементов. Знак, состоящий только из контура (например, геометрические фигуры), считается простым. Знак, включающий кроме контура один дополнительный элемент (внешняя или внутренняя деталь, буква, цифра), является средним по сложности. Знак, включающий несколько дополнительных элементов, называется сложным.

В условиях неограниченного времени наблюдения угловой размер простого знака должен быть не менее 15–18', сложного знака – 35–40'. Размер наименьшего дополнительного элемента сложного знака должен быть не менее 8'. При коротких экспозициях (до 50 мс) размер контура знака должен быть не менее 1°, дополнительных деталей – 30–40'. В общем случае при расчетах минимального размера знака нужно исходить из величин, характеризующих различение и опознание его наименьших деталей.

Широко распространенным видом знаковой индикации являются буквы и цифры. Для их качественного чтения должны быть соблюдены определенные требования. Допустимый размер букв и цифр при учете только точности

считывания составляет 18–20'. При одновременном учете точности и скорости опознания их оптимальный размер составляет 35–40'. Формат знака (отношение ширины к высоте) рекомендуется брать $2/3$, $3/5$ или $5/7$.

Во многих типах СОИ буквы и цифры формируются из отдельных дискретных элементов: линий (сегментов), точек, отрезков, строчек телевизионного растра. На качество воспроизведения знаков влияет число элементов, служащих для формирования алфавита знаков. Установлено, что для качественного считывания цифро-буквенного алфавита число сегментов должно лежать в пределах 8–16 (при функциональном способе формирования знаков). При растровом способе оптимальное число строк растра, приходящееся на один знак, равно 10. При матричном способе формирования знаков оптимальной считается матрица 5 x 7 или 6 x 9.

Графическая индикация. Этот вид индикации приобретает все большее значение в связи с широким распространением графических дисплеев. Наиболее распространенными видами графической индикации являются *графики* и *диаграммы*.

График (графическое изображение функциональных зависимостей) целесообразно применять в тех случаях, когда оператору для принятия решения важна общая форма отображаемой функции, а в процессе принятия решения необходимы интерполяция и экстраполяция данных. Основными кодами (элементами), используемыми при построении графика, являются *линия* и *позиция*.

Для определения позиции (координат) точки на графике используют координатные оси. Они делятся на отрезки штрихами, интервалы между которыми соответствуют единицам измерения отображаемых в графике величин. При оцифровке делений на осях координат и при выборе размеров интервалов и штрихов следует руководствоваться рекомендациями, разработанными для шкал стрелочных приборов.

Диаграмма используется для изображения соотношений между величинами. Ее удобство состоит в том, что она позволяет заменить вычисления глазомерным

сопоставлением площадей. Основными элементами диаграммы являются *линии* и *площадь*. При компоновке диаграмм следует руководствоваться следующими положениями:

- площадь, занимаемая диаграммой, не должна превышать размер оперативного поля зрения;
- число элементов диаграммы (столбиков или секторов) не должно превышать объема восприятия;
- масштаб должен определяться в соответствии с оперативными порогами глазомера;
- при построении диаграммы следует использовать цветовое, цифровое и буквенное кодирование, а также координатные сетки, облегчающие глазомерное сравнение ее элементов.

В связи с развитием систем автоматизированного проектирования (САПР) все большее значение приобретают такие виды графической индикации, как *чертежи* и *схемы* (например, электрические). Рекомендации по их выполнению приводятся в специальной литературе (ГОСТ, ЕСКД и др.).

3.1.3. Кодирование информации

При построении абстрактных СОИ возникает проблема оптимального кодирования информации. Термин «кодирование» в данном случае взят из теории информации. Он означает преобразование сообщения в сигнал, удобный для передачи по каналу связи. Применительно к деятельности оператора кодированием называется способ представления информации оператору, соответствующий особенностям восприятия, памяти и мышления.

Проблема оптимального кодирования заключается, прежде всего, в правильном выборе *категории кода, длины алфавита сигналов и компоновки кодового знака*.

Категорией кода (видом алфавита) называется любой самостоятельный способ кодирования информации. Некоторые из них показаны на **рис. 3.4** и **рис.3.5**. Помимо них используются такие способы кодирования, как кодирование яркостью, частотой мельканий и др.



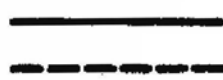



 Размер символа	 Двухмерное расположение
 Тип линий	 Абстрактная форма символа
 Длина линий	52ДЕ Буквенно-цифровая форма символов
 Ширина линий	 Штриховка

Рис. 3.4. Способы кодирования знаковой информации



Цифры	1 2 3 4 5 6 7 8
Буквы	A B C D E F G H
Геометрические формы	
Конфигурации	
Цвета	Чёрн. Крас. Син. Кор. Жел. Зел. Бор. Оранже

Рис. 3.5. Пять абстрактных способов кодирования информации, используемые в опытах Хита

Выбор категории кода зависит от ряда факторов. Прежде всего, он определяется характером решаемой задачи: та категория кода, которая эффективна при решении одной задачи, может быть неэффективной при решении другой.

Выбор категории кода зависит от формы объекта, о котором передается информация оператору. В большинстве случаев скорость и точность различения и опознания тем выше, чем более похож отображаемый символ на реальный объект.

При выборе категории кода нужно учитывать также и привычные ассоциации человека, его жизненный и профессиональный опыт. Так, например, размеры отображаемого символа хорошо ассоциируются с размерами реального объекта и его важностью (значением). То же самое относится и к яркости символа: ее величина также хорошо ассоциируется с размерами и значением объекта.

Пространственная ориентация символа может использоваться для отображения направления движения. Для привлечения внимания оператора целесообразно использовать кодирование частотой мельканий изображения. Привычные ассоциации сложились у человека по отношению к различным цветам: красный обычно ассоциируется с опасностью, желтый – с необходимостью получения предупреждения, зеленый – со спокойной обстановкой. Буквы лучше всего использовать для передачи информации о названии объекта, цифры – для информации о количественных характеристиках объекта. Кодирование формой применяют для обозначения вида и класса объекта.

И, наконец, выбирая ту или иную категорию кода, необходимо обеспечить условие, согласно которому зрительные сигналы должны быть различимы по своим физическим параметрам. Для этого величины яркости, контраста, размеров знаков, а также их расположение и характеристики цвета должны находиться в допустимых пределах.

Длиной алфавита сигналов называется возможное количество различных элементов (уровней) внутри данной категории кода. Требование оптимальной различимости сигналов ограничивает возможную длину их алфавита. Оптимальные условия различения сигналов создаются лишь в том случае, если различие между парой одномерных сигналов превышает пороговую величину в несколько раз. Кроме того, допустимая длина алфавита ограничена способностью человека точно идентифицировать возрастающее число одномерных сигналов и возможностями его оперативной памяти.

Поэтому число абсолютно различимых градаций одномерного сигнала колеблется в пределах от 4 до 16 в

зависимости от выбранной категории кода (табл. 3.1). Исключение составляет лишь буквенно-цифровое кодирование, при котором могут использоваться практически все цифры и буквы из известных оператору алфавитов (например, русского, латинского, греческого и др.), а также кодирование формой символов по их ассоциации (подобию) с реальными объектами.

Таблица 3.1. Длина алфавита сигналов для различных категорий кодов

Способ кодирования	Длина алфавита
Форма символов:	Не ограничена
буквенно-цифровая	
абстрактная	16
по ассоциации	200
Размер символа	6
Цветовой алфавит	11
Ориентация и длина линии	4
Количество точек	5
Пространственная ориентация символов	8
Яркость, частота мельканий	4

Длина алфавита сигналов может быть увеличена за счет использования **многомерного кодирования**, то есть за счет увеличения числа значимых и меняющихся параметров сигнала. При этом параметры объектов кодируются в одном знаке объединением нескольких признаков. Их количество определяет **мерность кода** (уровень кодирования). Обычно мерность кода выбирается в пределах от 1 до 4 путем сочетания кодовых категорий формы, цвета, размера и пространственной ориентации сигнала. Применение многомерных кодов приводит к некоторому снижению точности и скорости декодирования информации, но позволяет существенно увеличить скорость переработки информации оператором.

Компоновка кодового знака также влияет на эффективность кодирования. При разработке знаков следует руководствоваться следующими положениями:

- знак должен быть хорошо различим, то есть иметь достаточный угловой размер, яркость и контраст;

– в состав знака должны входить основные и дополнительные элементы, причем последние не должны пересекать или искажать контур знака (исключение составляют знаки, выражающие отмену информации, запрещение или окончание каких-либо действий и т. п.);

– предпочтение следует отдавать внутренним элементам знака перед наружными;

– в качестве опознавательных признаков знака в пределах одного алфавита не рекомендуется использовать число элементов в знаке, отличие знаков по признаку «негатив – позитив», отличие знаков по признаку прямого зеркального отражения (использование этих признаков целесообразно лишь в особых случаях).

3.1.4. Инженерно-психологические требования к акустическим индикаторам

Большая часть информации (около 90 %) поступает к оператору в виде зрительно воспринимаемых сигналов. Однако в некоторых случаях более целесообразным является применение для передачи информации оператору акустических сигналов. Звуковые индикаторы целесообразно применять в следующих случаях:

– если информация, подлежащая обработке, простая, краткая и требует немедленной реакции;

– если применение визуальной индикации ограничивается информационной перегрузкой оператора или условиями его работы (очень большая освещенность, необходимость постоянного перемещения оператора, вуализирующее действие примесей, находящихся в воздухе: дым, туман, водные пары и т. п.);

– если нужно предупредить оператора о поступлении последующего сигнала;

– если необходима или желательна голосовая связь.

Акустические сигналы могут передаваться или в форме определенных звуков, являющихся кодом, или в речевой форме.

Звуковые сигналы служат для предупреждения оператора о грозящей опасности, для предупреждения его о возможности перехода управляемой системы в критическое

состояние, для напоминания о необходимости предпринять какие-либо действия, для привлечения внимания оператора.

К источникам звуковых сигналов относятся звуковые генераторы, звонки, зуммеры, гудки, сирены и т.п. Они используются для подачи аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов. Их основные характеристики следующие: для аварийных сигналов – частота 800 – 5000 Гц и уровень звукового давления в месте приема сигнала 90 – 100 дБ; для предупреждающих сигналов – 200 – 800 Гц и 80 – 90 дБ; для уведомляющих сигналов – 200 – 400 Гц и 30–80 дБ.

Длительность отдельных сигналов и интервалов между ними должна быть не менее 0,2с. При изменении длительности звуковых сигналов шаг изменения должен быть не менее 25 % по отношению к исходной длительности. Длительность звучания интенсивных звуковых сигналов не должна превышать 10с.

Модуляцию сигналов следует производить изменением амплитуды и частоты. При амплитудной модуляции ее глубина должна быть не менее 12 %, при частотной модуляции – не менее 3 % по отношению к несущей частоте.

В условиях маскировки шумом используют звуковые сигналы, частота которых как можно больше отличается от наиболее интенсивных частот шума. При этом необходимо обеспечить превышение уровня звукового давления над уровнем шума не менее чем на 10–16 дБ.

Речевые сигналы имеют предпочтение перед звуковыми в тех случаях, когда:

- сообщение сложное;
- слушатель (оператор) специально не подготовлен понимать значение закодированных сигналов;
- необходим быстрый двусторонний обмен информацией;
- сообщение относится к будущему времени и требует подготовительных операций;
- возможны ситуации большой психической напряженности, в которых нельзя поручиться за точность и своевременность декодирования сигналов оператором.

Речевые сигналы часто используются в качестве сигналов предупреждения. Однако в связи с успехами в создании устройств для синтеза речи такие сигналы находят применение и для представления различной информации оператору.

Основные требования к сигналам, формируемым синтезаторами речи, заключаются в следующем:

- уровень речевых сигналов должен быть на 10 – 20 дБ выше уровня помех в месте расположения оператора, принимающего этот сигнал;
- голос, используемый для воспроизведения речевых сигналов, должен быть хорошо понятным;
- сообщения должны произноситься беспристрастным и спокойным голосом;
- слова в сообщении должны быть разборчивыми, соответствующими смыслу ситуации и краткими.

3.1.5. Перспективные средства отображения информации

С ростом сложности СЧМ неуклонно увеличивается число параметров, контролируемых оператором. Применение в этом случае индивидуальных индикаторов неизбежно ведет к увеличению размеров информационной панели, затрудняет работу оператора по приему и анализу поступающей информации. Все это отрицательно сказывается на качестве работы оператора. Поэтому используются следующие перспективные виды СОИ:

- многофункциональные (многошкальные);
- полимодальные (полисенсорные);
- объемные (трехмерные);
- групповые (на одной шкале попеременно показываются значения разных сигналов);
- дисплейные (одновременно показывается несколько разных сигналов);
- адаптивные (информация меняется в зависимости от условий деятельности оператора; разновидностью являются индикаторы с предсказанием);
- диалоговые (работающие в режиме запросов и ответов).

Тема 3.2. Проектирование органов управления

3.2.1. Классификация и общие инженерно-психологические требования к органам управления

3.2.1.1. Классификация органов управления

Органы управления в системе «Человек-машина» используются для решения следующих задач:

- ввода командной (цифровой и логической) информации;
- установки требуемых режимов работы;
- регулировки различных параметров;
- вызова информации для контроля и т.п.

Для решения этих задач используются различные типы органов управления, которые могут быть классифицированы по ряду признаков (рис. 3.6).

По назначению органы управления делятся на *органы управления для ввода информации, установки режимов и регулировки*.

По характеру движений выполняемых человеком, различают:

1. *Органы управления, требующие разовых движений*: включения, выключения или переключения (нажатие кнопки, перемещение рычага, поворот ручки). Движения в этом случае простые, но они состоят из большого количества микродвижений пальцев.

2. *Органы управления, требующие повторяющихся движений*: вращательных, нажимных, ударных (работа на клавиатуре ЭВМ). Значительную роль здесь играет темп движений.

3. *Органы управления, требующие дозированных точных движений*, например, для настройки и установки параметров. Движения при этом дозируются по силовым, пространственным и временным параметрам.

По характеру использования оператором органы управления делятся на следующие группы:

оперативные (основные) – используемые постоянно для программного управления, установки режимов работы, длительного регулирования параметров системы, ввода управляющей и командной информации;



Рис. 3.6. Классификация органов управления

– *используемые периодически* – связанные с включением и выключением аппаратуры, периодическим контролем ее работоспособности и выполнением других операций, не требующих высокой скорости управляющих действий;

– *используемые эпизодически* – связанные с настройкой основной аппаратуры и регулировкой вспомогательного оборудования, регламентными работами и выполнением других эпизодических операций.

По конструктивному исполнению органы управления делятся на целый ряд подгрупп:

- кнопки;
- клавиши;
- тумблеры;
- переключатели;
- рукоятки и т.п.

По значению (важности) органы управления делятся на *главные* и *вспомогательные*.

3.2.1.2. Общие инженерно-психологические требования к органам управления

Независимо от типа и характера применяемых органов управления при их выборе и проектировании необходимо учитывать целый ряд общих инженерно-психологических требований. Основными из них являются следующие:

1. Расположение органов управления должно осуществляться с учетом принципа экономии движений. Это означает, что их количество и траектории должны быть сведены до минимума; сами движения должны быть простыми и ритмичными; каждое движение должно заканчиваться в положении, удобном для начала следующего движения; предыдущие и последующие движения должны быть плавно связаны; работу, выполняемую оператором, по возможности следует распределить между обеими руками. При размещении органов управления следует учитывать также зоны досягаемости рук человека.

2. При установке органов управления необходимо учитывать привычные для человека стереотипы движений. Положениям «Пуск», «Включено», «Увеличение», «Подъем», «Открытие» или движениям «Вверх», «Вперед», «Вправо» должны соответствовать перемещения рычагов вверх, от себя, вправо, повороты ручек по часовой стрелке, а для кнопок – нажатие верхних, передних или правых кнопок. Для органов ножного управления установлены следующие соответствия: при нажатии педали — «Включено», «Увеличение»; при отпуске педали — «Выключено», «Уменьшение» (рис. 3.7).

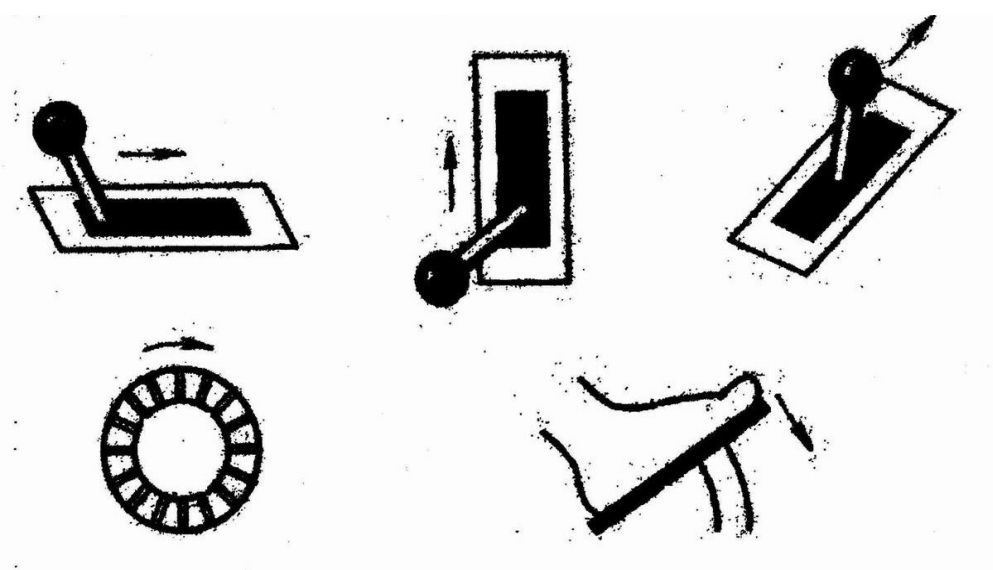


Рис. 3.7. Движение органов управления, соответствующее положениям «Включено», «Увеличение», «Пуск»




3. Органы управления должны обладать достаточным сопротивлением, чтобы уменьшать возможность случайного включения их под тяжестью руки или ноги. Кроме того, необходимо иметь в виду, что ощущение усилия человеком важно для регулирования его движений. Для органов управления, требующих единичного приложения усилия в течение короткого времени, рациональным максимальным сопротивлением является половина допустимого усилия, развиваемого оператором. Когда сидящий оператор должен прикладывать к органу управления силу большую 2–3кГ, необходимо обеспечивать для него соответствующую опору, например спинку при движении органа управления «от себя» и подножку для движения «на себя».

4. При проектировании органов управления следует предусмотреть меры по исключению случайного или несвоевременного срабатывания тех органов, которые связаны с возможностью возникновения аварийной ситуации. Такие органы управления должны обеспечиваться блокировкой или сигнализацией (световой или звуковой), включаемой при запрещении работы с ними.

Для облегчения управления, уменьшения ошибок и времени поиска нужных органов управления необходимо использовать различные способы их кодирования. Одним из наиболее используемых способов является **кодирование с помощью пояснительных надписей** (табл. 3.2).

Надпись указывает назначение органа управления и дает информацию о регулируемом параметре. Надпись может выполняться или на самом органе управления, или же непосредственно примыкать к нему. Надпись должна быть короткой и содержать только общепринятые сокращения. Специальные термины могут применяться только в том случае, когда они известны всем операторам. Абстрактные символы, требующие специальной тренировки, использовать не рекомендуется. Допустимы общепринятые символы типа +, – и т.п. В качестве дополнительных способов кодирования органов управления может использоваться **кодирование формой и цветом**. **Кодирование формой** наиболее целесообразно применять в том случае, когда оператор не имеет возможности визуально различать разные органы управления, а должен действовать, опираясь только на осязательный контроль. **Кодирование цветом** наиболее эффективно в сочетании с другими методами.

Таблица 3.2. Рекомендации по выполнению надписей на органах управления

Основные характеристики	Пояснительный эскиз	Содержание требований
Расположение надписей	<p>сеть УКВ режим</p> 	Должны быть расположены вблизи тех элементов, к которым относятся, и там, где хорошо видны
Расположение надписей	 <p>хорошо допустимо</p>	Следует размещать либо над обозначенным элементом (предпочтительней), либо под элементом
Расположение надписей	 <p>плохо лучше</p>	Не следует располагать надписи на индикационном поле, если они не относятся к разряду значимых
Содержание надписей	<p>количество — хорошо</p> <p>колич. — хуже</p> <p>кол. — плохо</p>	Надписи должны быть максимально кратки, но ясны; нельзя допускать различных толкований (сокращения допустимы, но не желательны)
Надписи к ОУ		По возможности следует располагать на ОУ
Надписи на клавишах		Всегда должны быть горизонтальными
Указатели положения на ОУ		Производится необходимая маркировка в зависимости от значимости ОУ

С помощью цвета удобно производить группирование однотипных органов управления в случае их большого количества на пульте оператора. Кроме того, с помощью цвета выделяются органы управления, выполняющие разнотипные функции. Так, например, зеленый цвет используется для включающих органов управления, красный – для отключающих.

3.2.2. Инженерно-психологические требования к отдельным типам органов управления

Для ввода информации оператором используются различные типы органов управления, каждый из которых предназначен для выполнения определенных функций. К каждому типу органов управления предъявляются специфические инженерно-психологические требования. Рассмотрим их более подробно.

Кнопки и клавиши. Они используются для ввода логической и цифровой информации и быстрого включения или выключения аппаратуры.

Оптимальное расположение кнопок должно быть на уровне локтя сидящего оператора так, чтобы рука была согнута в локтевом суставе на 90° , а предплечье лежало горизонтально. При коротких и одиночных нажимах на кнопку для повышения быстроты реагирования на сигнал ее следует размещать несколько приподнято над столом.

Кнопки и клавиши должны иметь в момент нажатия обратную связь. Под ней понимается свойство органа управления в момент приведения его в действие оказывать упругое сопротивление пальцу или кисти оператора, а после завершения действия сигнализировать об этом. Обратная связь может быть механической (резкое падение упругого сопротивления), акустической (щелчок), визуальной (световой сигнал) и комбинированной.

При наличии на панелях управления большого количества кнопок производят их группирование. При горизонтально-цветовом группировании кнопки располагаются горизонтальными рядами, в каждом из которых размещается от пяти до двадцати кнопок. Кнопки делятся на группы не более пяти штук в каждой. Нечетные группы окрашивают одним цветом, четные группы – другим цветом (или оттенком цвета при хорошей освещенности пульта управления).

При числе горизонтальных рядов более пяти применяют вертикально-цветовое группирование. В этом случае горизонтальные ряды делятся на группы, не более пяти в каждом.

Нечетные группы горизонтальных рядов должны иметь одинаковый цвет или оттенок, отличный от цвета или оттенка рядов четных групп. Расстояние между группами рядов должно быть больше расстояния между отдельными рядами на величину диаметра кнопки. Оптимальный угол наклона клавиатуры кнопочного пульта управления составляет 15° .

Тумблеры. Они применяются для реализации функций, требующих двух или трех дискретных положений, для осуществления операций быстрого включения – выключения и переключения электрических цепей при необходимости зрительного контроля положения переключателей.

Форму тумблера рекомендуется делать конусообразной или цилиндрической. Форма и размеры должны соответствовать антропометрическим характеристикам пальцев человека, а также обеспечивать максимальное удобство захвата в процессе работы.

При наличии на панели большого числа тумблеров их следует кодировать формой, размерами, цветом. При переводе тумблера из одной позиции в другую должен ощущаться перепад величины упругого сопротивления и быть слышен характерный щелчок. Тумблеры, используемые как аварийные, следует защищать специальными колпачками или размещать в углублении панели. Для обозначения функции тумблеров следует применять надписи или символы.

При размещении тумблеров на панели управления в ряд расстояние между их осевыми линиями должно быть не менее 19 мм, при работе в перчатках – не менее 25 мм, при размещении ряда тумблеров в глубь панели расстояние должно быть не менее 25 мм, а при работе в перчатках – не менее 35 мм.

Если тумблеры переключаются в противоположных направлениях, то их концы при встречном переключении должны быть удалены друг от друга на расстояние не менее 19 мм. Расстояние между осевыми линиями тумблеров и другими элементами управления лицевой панели должно быть не менее 25 мм.

Поворотные выключатели и переключатели (ПВП) (ручки). Они применяются для операций включения–выключения, последовательного переключения и для плавного непрерывного или дискретного регулирования. Различие между выключателями и переключателями заключается в числе фиксированных положений, которые они могут принимать в процессе работы. Выключатель имеет два таких положения, переключатель – три и более.

Начальные положения однотипных ПВП должны быть одинаково ориентированными, максимальное число положений не должно превышать 24. ПВП дискретного переключения должны

иметь указатель (стрелку, точку, метку и др.), а также надежную фиксацию положения, позволяющую быстро и однозначно определять позицию переключения.

Размеры приводных элементов (ручек) ПВП выбирают в зависимости от их типа и величины прилагаемых усилий. При необходимости выполнения особо точных операций настройки и регулировки допускается выбирать диаметр ручек ПВП в 3–4 раза превышающий рекомендуемый.

При размещении ПВП на панели управления минимальное расстояние между ними должно быть 20 мм при работе одной рукой и 70 мм при работе двумя руками. При работе в перчатках минимальное расстояние должно быть не менее 25 мм. При ограниченных размерах панели управления допускается применение совмещенных на одной оси ПВП, но не более трех.

Маховики управления. Они предназначены для выполнения ступенчатых переключений и плавного динамического регулирования, выполняемых одной или двумя руками. Маховики применяются для медленных вращений и точных круговых поворотов в условиях, требующих приложения значительных усилий.

Маховиком управления называется орган управления, имеющий форму колеса, со спицами или без спиц, диаметром более 50 мм, вращаемый одной или двумя руками вокруг перпендикулярной к плоскости вращения оси с целью передачи управляющих воздействий от человека к машине.

Размеры маховиков зависят от способа вращения и прикладываемых усилий.

Ножные органы управления (педали). Они применяются в тех случаях, когда требуются большие усилия при небольшой точности и необходимо сократить общее время управления, облегчив при этом мускульную силу рук.

Педали целесообразно размещать ближе к продольной оси тела оператора. Отклонение от продольной оси не должно превышать 100мм, расстояние между педалями для обеих ног рекомендуется 200–450мм. Ширина педалей должна соответствовать ширине ступни, иметь рифленую поверхность и выступающую окантовку для предотвращения соскальзывания ноги.

3.2.3. Совместное расположение индикаторов и органов управления

Обычно органы управления используются совместно со связанными с ними индикаторами. В этом случае для обеспечения наилучшей точности и скорости работы оператора необходимо

обеспечение не только инженерно-психологических требований к отдельным индикаторам и органам управления, но также и ряда требований к их совместному расположению.

При размещении органов управления с теми индикаторами, к которым они относятся, необходимо, чтобы руки оператора при манипулировании с органом управления не закрывали индикационную часть прибора. Для этого необходимо орган управления размещать правее и ниже индикатора (при работе правой рукой) или левее и ниже его (при работе левой рукой). При размещении органов управления и связанных с ними индикаторов на различных панелях относительное расположение их на этих панелях должно быть идентичным. Направление перемещения органа управления должно сочетаться с изменением показаний соответствующего индикатора.

Для повышения точности и скорости действий оператора большое значение имеет также правильное совместное расположение индикаторов и органов управления в зоне деятельности оператора. Расположение их может проводиться с использованием следующих принципов:

- функционального соответствия;
- объединения;
- совмещения стимула и реакции;
- последовательности действий;
- важности и частоты использования.

Принцип функционального соответствия требует, чтобы каждой подсистеме СЧМ соответствовала своя блок-панель пульта управления (рис. 3.8).

Система питания	Система ДУ	Система АС
Система АПР	Система УД	Схема пуска

Рис 3.8. Принцип функционального соответствия

Этот принцип наиболее легко выполняется в том случае, если подсистемы СЧМ независимы или хотя бы слабо связаны друг с другом.

Принцип объединения требует использования суперэлементов, под которыми понимается множество однотипных элементов контроля или управления, принимающих одно и то же состояние на некотором отрезке времени, и объединенных в одну группу (рис. 3.9). Применение этого принципа способствует значительному уменьшению количества информации, поступающей к человеку-оператору.

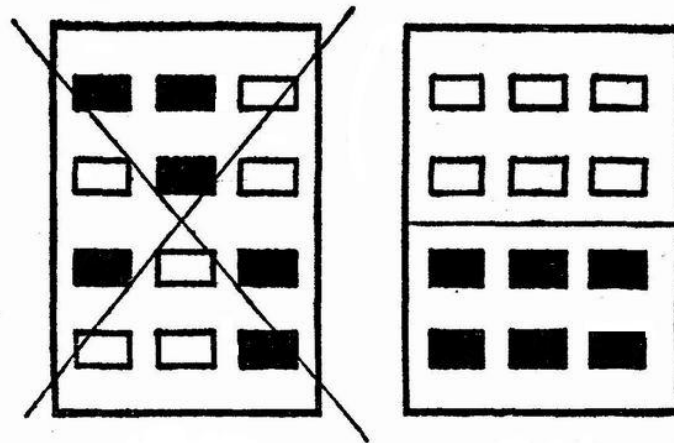


Рис. 3.9. Принцип объединения

Принцип совмещения стимула и реакции требует пространственного соотнесения (в частном случае сближения) элементов управления и индикации (рис. 3.10). Удовлетворение этому принципу уменьшает число альтернатив, определяющих поток информации.

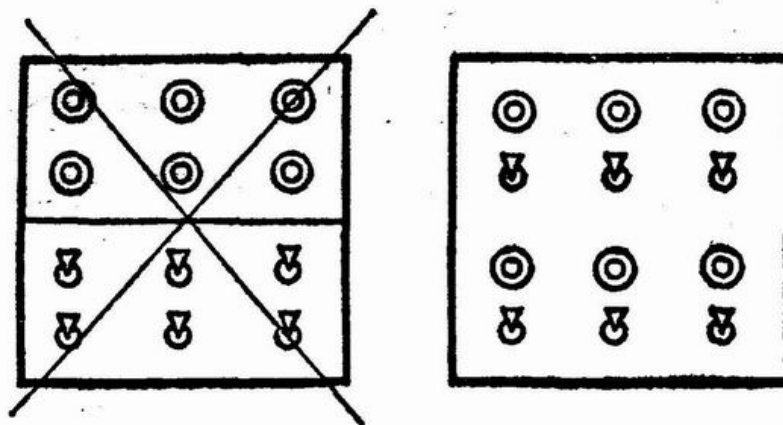


Рис.3.10. Принцип совмещения стимула и реакции

Принцип последовательности действий требует, чтобы элементы пульта управления размещались в некоторой последовательности, соответствующей алгоритму управления системой. Обычно эта последовательность соответствует стереотипу чтения книг – слева направо и сверху вниз (рис. 3.11). Удовлетворение этому принципу значительно устраняет неопределенность выбора нужного элемента и таким образом способствует уменьшению количества поступающей к оператору информации.

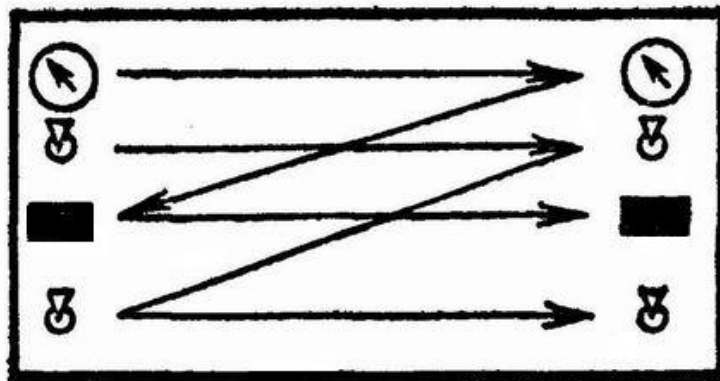


Рис.3.11. Принцип последовательности действий

Принцип важности и частоты использования предусматривает размещение наиболее часто используемых и важных индикаторов и органов управления в удобном для оператора месте. Этим обеспечивается снижение его утомления и повышается производительность труда.

Так, например (рис. 3.12), если система АС и схема пуска участвуют в работе СЧМ чаще, чем другие системы, то их индикаторы и органы управления следует расположить в центральной части пульта управления.

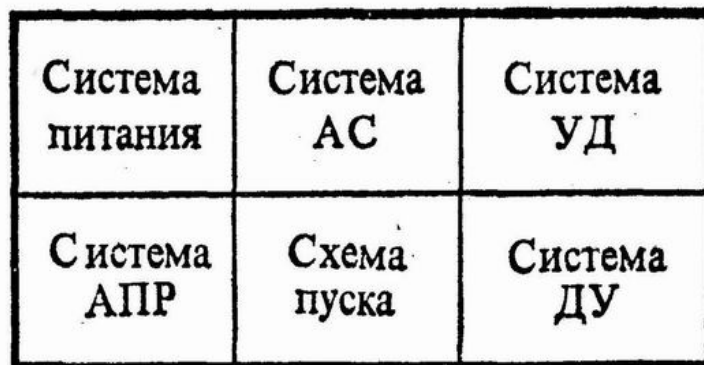


Рис.3.12. Принцип важности и частоты использования

3.2.4. Инженерно-психологические принципы построения систем ввода информации

Органы управления, требования к которым рассмотрены выше, используются изолированно и независимо друг от друга лишь в относительно простых СЧМ. В сложных СЧМ и системотехнических комплексах различные органы управления используются совместно и взаимосвязанно, образуя систему ввода информации (СВИ).

Под СВИ понимается совокупность отдельных органов управления и алгоритмов ввода необходимой для управления СЧМ информации. Для построения СВИ могут применяться различные устройства: клавиатура, шариковые регуляторы, световые карандаши, устройства речевого ввода.

Для ввода цифробуквенной (символьной) информации наиболее приспособлены клавиатуры. Именно они являются в настоящее время самым распространенным типом СВИ. Общие требования к клавиатурам состоят в следующем:

- органы управления, входящие в клавиатуру, должны соответствовать характеру решаемых оператором задач и его психофизиологическим, биохимическим и антропометрическим характеристикам;

- органы управления в клавиатуре должны располагаться таким образом, чтобы свести к минимуму количество и длину управляющих движений, а также время их выполнения;

- клавиатура должна быть компактной и уместиться в зоне досягаемости моторного поля.

Применяемые на практике клавиатуры весьма разнообразны. Они могут быть классифицированы по ряду признаков (рис. 3.13).

По способу использования клавиш различают *монофункциональные* и *полифункциональные* клавиатуры. *Монофункциональной* (раздельной) называется такая клавиатура, в которой осуществлен раздельный принцип реализации каждого символа (каждый из символов вводится своей клавишей). *Полифункциональные* (аккордные) клавиатуры обеспечивают ввод информации путем использования комбинации нескольких клавиш.



Рис. 3.13. Классификация клавиатур

По способу ввода информации клавиатуры могут быть с *механическим* (кнопка срабатывает при её нажатии) или *сенсорным* (кнопка срабатывает при прикосновении к ней) вводом информации. Преимущество последних – в несколько большей скорости ввода информации. Недостатком является большее число ошибок по сравнению с механическими клавиатурами. Это обусловлено отсутствием при сенсорном вводе кинестетического контроля за выполняемыми действиями: оператор не чувствует положения (включено – выключено) клавиши, с которой он работает в данный момент времени. Разновидностью сенсорных клавиатур являются клавиатуры *указательного* типа. Ввод информации в этих устройствах осуществляется путем касания указателем нужной зоны СВИ.

По назначению различают клавиатуры, предназначенные для ввода *смысловой* и *формализованной* (командной) информации. В первом случае символы вводимого оператором сообщения взаимосвязаны и образуют законченное по смыслу сообщение. Для ввода таких сообщений используются клавиатуры ЭВМ. Во втором случае символы предназначены для ввода в СЧМ различных команд управления.

По характеру расположения клавиш клавиатуры делятся на клавиатуры с *упорядоченным* и *неупорядоченным* рядом, а также *упорядоченной* и *неупорядоченной* матрицей.

Тема 3.3. Проектирование пультов управления

3.3.1. Классификация рабочих мест оператора

Под рабочим местом оператора понимается место в СЧМ, оснащенное средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием, где осуществляется его трудовая деятельность. Рабочие места классифицируются по ряду признаков:

- в зависимости от количества одновременно работающих операторов различают *индивидуальное* и *коллективное* рабочее место;
- по характеру выполняемых человеком операций рабочие места делятся на *автоматизированные*, *механизированные* и *для выполнения ручных операций*;
- по степени специализации рабочие места могут быть *универсальными*, *специализированными* и *специальными*;
- в зависимости от положения, занимаемого человеком в процессе работы, рабочие места могут быть рассчитаны на работу оператора *сидя*, *стоя*, *сидя и стоя*.

Правильная организация рабочего места предполагает решение следующих основных задач:

- выбор целесообразного рабочего положения (сидя, стоя);
- рациональное размещение индикаторов и органов управления в соответствии с их важностью и частотой использования в пределах поля зрения и зон досягаемости человека;
- обеспечение оптимального обзора элементов рабочего места;
- соответствие конструкции рабочего места антропометрическим, физиологическим и психологическим характеристикам человека;
- соответствие информационных потоков возможностям человека по приему и переработке информации;
- обеспечение условий для кратковременного отдыха оператора в процессе работы.

Конечной целью организации рабочего места является оптимизация условий трудовой деятельности, обеспечивающих максимальную надежность и эффективность работы оператора (группы операторов).

3.3.2. Инженерно-психологические требования к пультам управления

Основу автоматизированного рабочего места в большинстве случаев составляет пульт управления. Он должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- поверхность пульта должна обеспечивать диффузионное или направленно-рассеянное отражение светового потока, исключающее появление бликов в поле зрения оператора;

- на пультах, предназначенных для управления однотипными объектами, должно соблюдаться одно и то же размещение наиболее важных, часто используемых и аварийных средств отображения и ввода информации;

- пульта при необходимости должны оборудоваться выдвижными ящиками для хранения документации и выдвижными досками для ведения записей и размещения дополнительных переносных приборов;

- пульт для работы оператора в положении сидя должен иметь пространство для ног оператора с размерами не менее: по высоте – 600 мм, по глубине на уровне колен и пола – соответственно 400 и 600 мм, по ширине – 500 мм;

- панели пультов не должны иметь посторонних элементов, затрудняющих работу оператора или отвлекающих его внимание, а также неоправданные назначением пульта выступы, углубления, разноплоскостность, выступающие элементы наружного крепежа и т.п.

3.3.3. Инженерно-психологические характеристики пультов управления

К основным инженерно-психологическим характеристикам пульта управления относятся его форма и геометрические размеры. На практике применяются следующие формы пультов (рис. 3.14):

- *фронтальная*, применяемая в том случае, если все органы управления можно разместить в пределах зон максимальной и допустимой досягаемости, а индикаторы – в пределах зон центрального и периферического зрения;

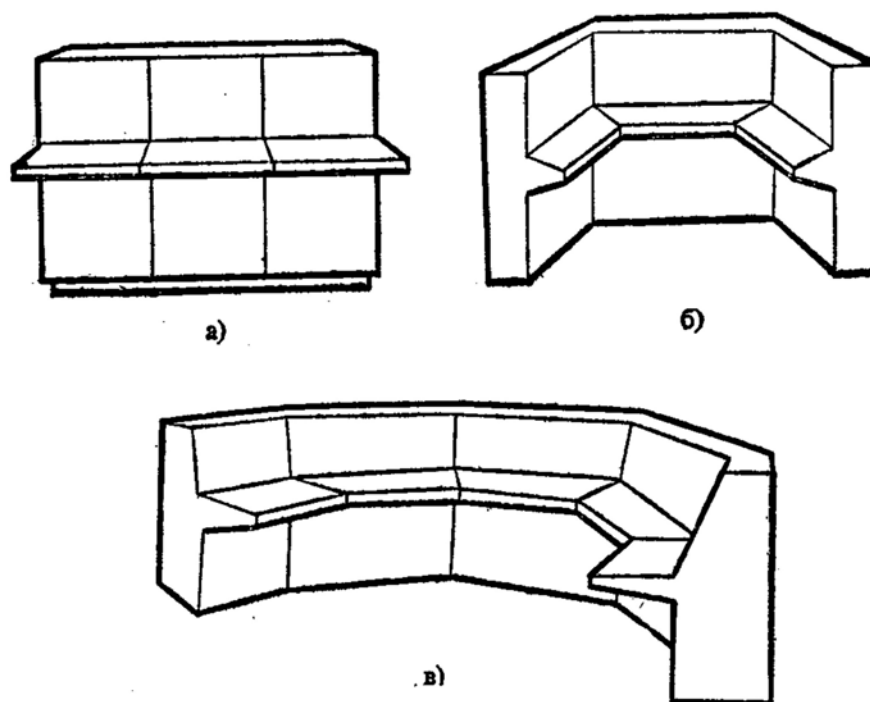


Рис. 3.14. Формы пультов управления: а – фронтальная; б – трапецевидная; в – многогранная

– *трапецевидная*, применяемая в тех случаях, когда органы управления и индикаторы невозможно разместить на пульте фронтальной формы. В этом случае органы управления и индикаторы частично размещаются на боковых панелях, развернутых относительно фронтальной под углом $90-120^\circ$;

– *многогранная* или *полукруглая*, применяемая при наличии большого числа средств отображения информации и органов управления. Боковые панели рекомендуется располагать таким образом, чтобы они были перпендикулярны линии взора оператора. Минимальный диаметр полукруглого пульта, предназначенного для одного оператора, должен быть 1200 мм.

Геометрические размеры и форма пульта управления устанавливаются исходя из антропометрических характеристик того контингента операторов, которому предстоит работать за данным пультом (рис. 13.15) – (рис. 13.17).

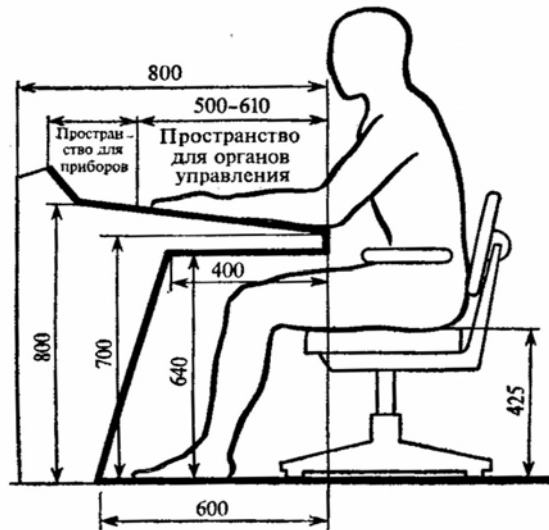


Рис. 13.15. Пульт управления (первый вариант)

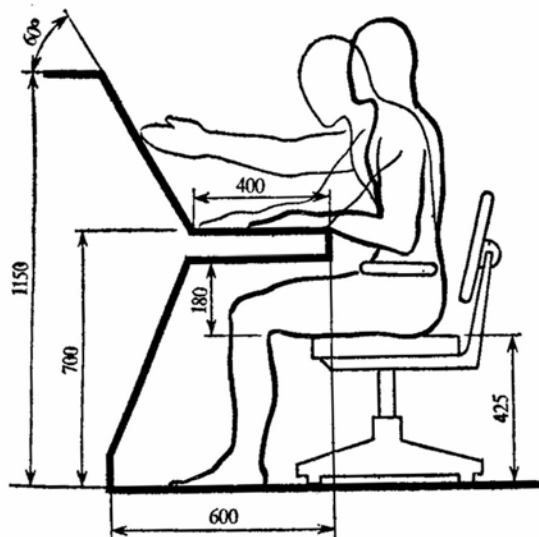


Рис. 13.16. Пульт управления (второй вариант)

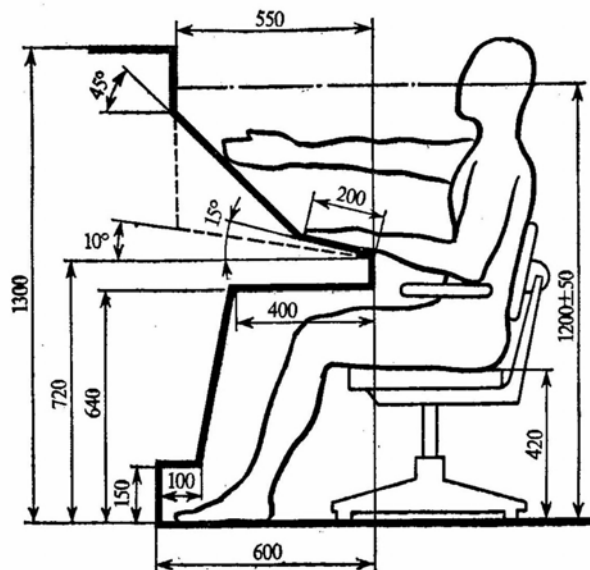


Рис. 13.17. Пульт управления (третий вариант)

В случае, если все индикаторы и органы управления могут быть размещены на фронтальной поверхности пульта, то его максимальные размеры, определенные с учетом антропометрических характеристик взрослого человека, должны соответствовать размерам, приведенным в табл. 3.3. Общий вид такого пульта показан на рис. 13.18. Размеры зон расположения средств отображения информации и органов управления на пульте зависят от рабочего положения оператора. Размеры этих зон в вертикальной плоскости приведены в табл. 3.4, в горизонтальной плоскости – на рис. 13.19.

Таблица 3.3. Размеры пультов управления фронтальной формы, мм

Параметры	При работе сидя	При работе стоя	При работе сидя и стоя
Общая высота пульта	700—1650	1100—1800	1100—1800
Максимальная ширина	1500	1500	1500
Высота установки СВИ	850—1650	1100—1800	1400—1700
Высота установки ОУ	600—1000	1000—1600	1000—1400
Высота стола	660—800 (730)	1000—1150	980—1050 (1000)
Высота сиденья	380—500 (450)	—	760—840 (790)
Глубина пульта	320—550 (400)	320—550	320—550

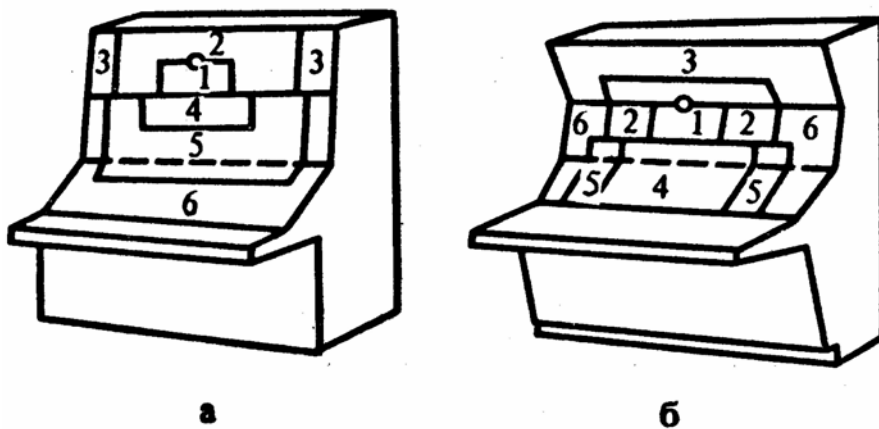


Рис. 13.18. Расположение средств обработки информации и органов управления: а – при работе сидя; б – при работе в положении стоя

Таблица 3.4. Размеры зон расположения средств отображения информации и органов управления на вертикальной панели пульта, мм

Наименование зон	Обозначение зоны	Положение сидя			Положение стоя		
		Высота кромки		Ширина	Высота кромки		Ширина
		нижней	верхней		нижней	верхней	
Центральная зона размещения СДИ	1	970	1220	380	1320	1630	380
Второстепенная зона размещения СДИ	2	970	1310	1010	1320	1780	1020
Периферийная зона размещения СДИ	3	1220	1600	1520	1130	1780	250
Центральная зона управления	4	750	970	610	1170	1320	610
Второстепенная зона управления	5	750	970	250	1110	1320	1120
Периферийная зона управления	6	750	1220	150	1060	1320	1370

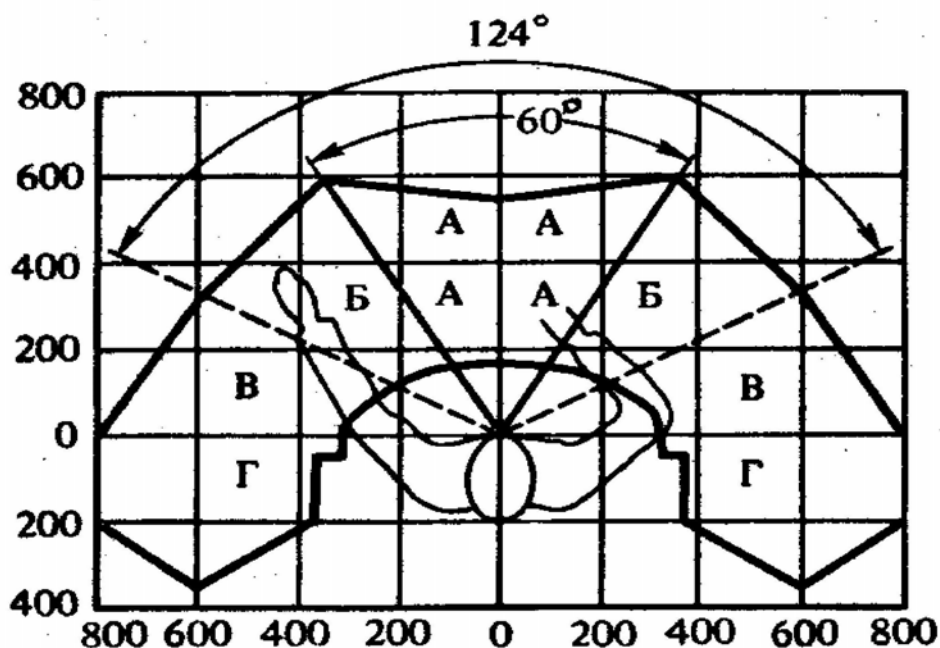


Рис. 13.19. Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости (при работе сидя): А – наиболее важные и часто используемые органы управления и индикации; Б – часто используемые органы индикации и управления (в пределах допустимых зон досягаемости и обзора); В – редко используемые (в пределах максимальных зон досягаемости и обзора); Г – вспомогательные органы управления (вне зон досягаемости и обзора)

Если индикаторы и органы управления не могут быть расположены в пределах указанных зон, то используют трапециевидную, многогранную или полукруглую форму пультов. Кроме того, для размещения СОИ могут быть использованы также информационные панели или табло, вынесенные за пределы пульта управления. В этом случае для обеспечения обзора выносной панели рекомендуется, чтобы высота пульта управления h_n не превышала 1100 мм (рис. 13.20).

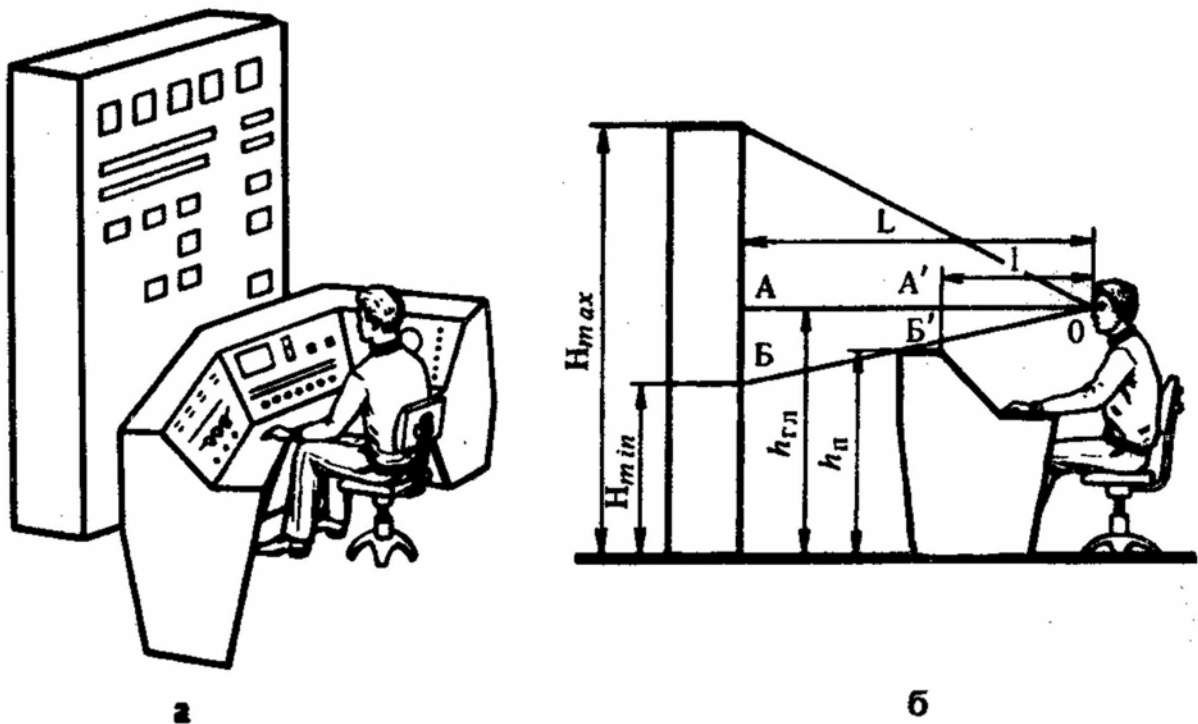


Рис. 13.20. Пульт управления с выносной приборной панелью:
а – общий вид; б – вид сбоку

Иногда может возникнуть необходимость определения геометрических размеров пульта управления для специального контингента операторов, антропометрические характеристики которых отличаются от общепринятых. В этом случае размеры пульта управления и зон расположения индикаторов и органов управления на нем находятся с помощью математических расчетов, учитывающих законы геометрии, оптики и характеристики зрительного анализатора человека (рис. 13.20) и (рис. 13.21).

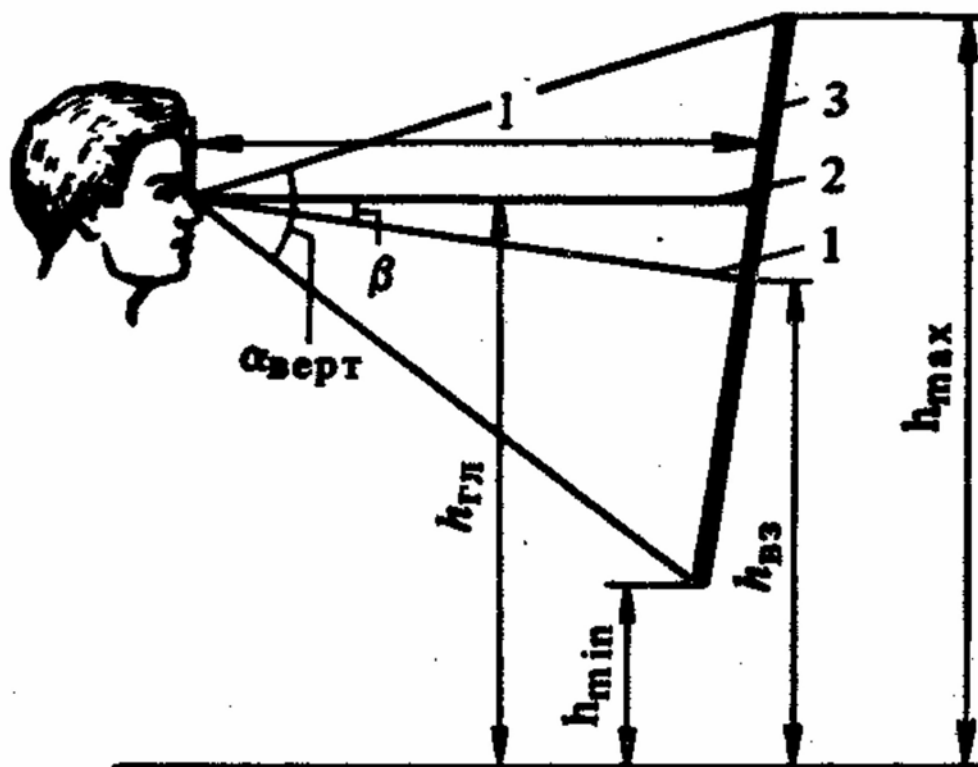


Рис. 13.21. Определение размеров зоны расположения приборов на пульте управления: 1 – нормальная линия взгляда; 2 – горизонтальная линия; 3 – лицевая поверхность пульта управления

Помимо определения формы и геометрических размеров при проектировании пультов управления следует учитывать и психофизиологические факторы, определяющие условия работы оператора (насколько часто проводятся съем показаний с приборов, необходимые расчеты, работа с органами управления и т.п.). Следует иметь в виду, что во многих случаях именно эти факторы определяют надежность и эффективность работы оператора за пультом управления.

Тема 3.4. Проектирование панелей управления РЭС

3.4.1. Панель управления как элемент внешней корпусной конструкции РЭС

Панель управления (лицевая, передняя, приборная панель) относится к элементам внешней корпусной конструкции РЭС.

Внешняя корпусная конструкция – это соединенные между собой конструктивные элементы оболочки устройства РЭС, выполняющие следующие функции:

- несущей конструкции;
- элементов защиты;
- коммуникативной связи с человеком-оператором.

Элементом коммуникативной связи и является в первую очередь панель управления с установленными на ней органами индикации, управления, коммутации, пояснительными надписями и другими элементами.

Панель управления (ПУ) – это элемент несущей конструкции функционального узла, блока или самой РЭС, с расположенными на ней органами индикации, управления, коммутации, который соединен с другими частями конструкции РЭС.

Проектирование ПУ должно осуществляться с учетом эстетических (художественных), эргономических, инженерно-психологических и конструкторских требований.

3.4.2. Подготовка и анализ исходных данных для проектирования панелей управления

В качестве исходных данных для проектирования ПУ могут быть:

- техническое задание (ТЗ) на разработку РЭС с указанием характеристик внешних условий и особенностей работы оператора;
- схема электрическая принципиальная с указанием на ней компонентов индикации, управления, коммутации.

В результате анализа и уточнения исходных данных в ТЗ должны быть определены:

- особенности установки РЭС на объекте и работы с ней (стоя, сидя, в движении);

- комфортность внешних условий (тепло, холод, влажность, освещенность, вибрации, шум и т.п.).

Из анализа особенностей установки РЭС определяются:

- зоны досягаемости рук оператора (расстояние до ПУ);
- зоны обзора ПУ оператором (высота глаз оператора по отношению к ПУ, горизонтальный и вертикальный углы обзора).

Из анализа комфортности внешних условий определяются:

- сила света источников освещения рабочего места оператора;

- расстояние от источников света до рабочего места оператора (до ПУ);

- угол между направлением распространения света от источника и нормалью к ПУ;

- минимальный и максимальный уровни освещенности рабочего места оператора;

- температурные условия работы оператора;

- уровень влажности;

- наличие вибрации, шума и т.п.

По результатам анализа ТЗ могут быть выполнены следующие оценочные расчеты:

- определение предельных (минимального и максимального) размеров ПУ и выбор оптимального размера;

- определение допустимых размеров компонентов ПУ;

- определение требуемых светотехнических характеристик индикаторов, органов управления, надписей.

Анализ схемы электрической принципиальной позволяет получить ряд исходных данных, которые могут быть использованы как для расчетов, так и для анализа полученных результатов расчета. В результате анализа схемы оформляются таблицы, в которых указываются характеристики компонентов ПУ (органов индикации, управления коммутации, надписей, условных обозначений и т.п.), необходимые как для дельнейших расчетов, так и для их сравнения с критериями, полученными в процессе расчетов.

В соответствии с характеристиками компонентов, приведенными в таблицах, и результатами последующих расчетов производится окончательный выбор наиболее подходящих компонентов.

3.4.3. Определение размеров панелей управления

Размеры (площадь) ПУ определяются не только суммарной площадью компонентов, располагаемых на ПУ с учетом коэффициента заполнения, но и эргономическими и инженерно-психологическими требованиями.

Максимально допустимый размер ПУ определяется исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния до ПУ (рис. 13.22):

$$L_{\max} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2}, \alpha_{\Gamma} = 90^{\circ};$$

$$H_{\max} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{В}}}{2}, \alpha_{\text{В}} = 75^{\circ};$$

$$S_{\text{ПУ}} = L_{\max} \cdot H_{\max}.$$

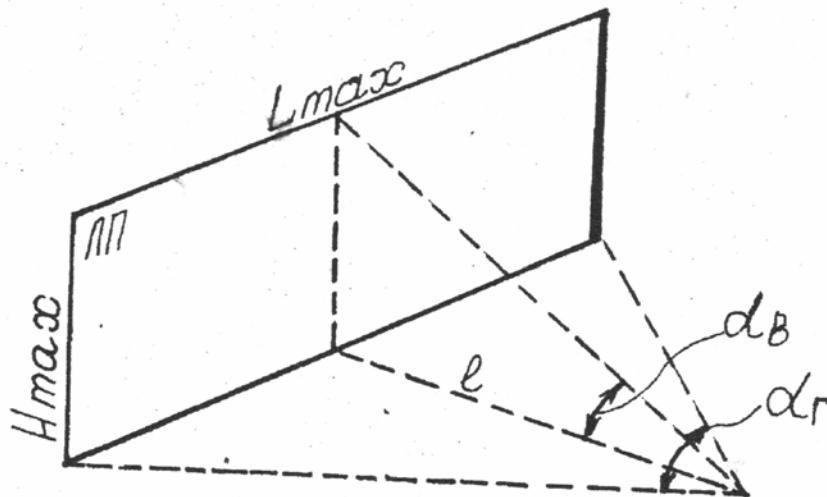


Рис. 13.22. Определение максимальных размеров ПУ

Минимально допустимый размер ПУ определяется исходя из объема оперативной памяти и центрального (оперативного) поля зрения оператора. В соответствии с психологическими требованиями в поле зрения оператора, ограниченном углом оперативного (центрального) поля зрения 4–10° должно попадать 4–8 компонентов (рис.13.23).

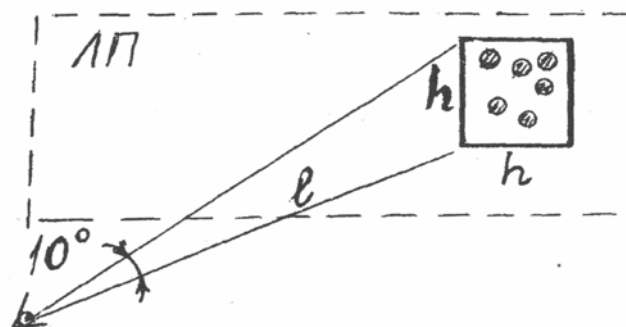


Рис. 13.23. Определение минимальных размеров ПУ

Тогда минимально допустимая площадь ПУ может быть определена как

$$S_{\text{пу min}} = h^2 \frac{N}{A},$$

где h – линейный размер оперативного поля зрения ($h = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{пз}}}{2}$); $\alpha_{\text{пз}}$ – угловой размер центрального поля зрения ($\alpha_{\text{пз}} = 4-10^\circ$); N – количество компонентов на панели управления; A – объем зрительного восприятия ($A = 6 \pm 2$ компонента).

Площадь ПУ с учетом суммарной площади компонентов и коэффициента заполнения ПУ определяется как

$$S_{\Sigma \text{ к}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{y_i}}{K_3},$$

где S_{y_i} – установочная площадь i -го компонента; K_3 – коэффициент заполнения ПУ ($K_3 = 0,3 - 0,6$).

В большинстве случаев $S_{\Sigma \text{ к}}$ и $S_{\text{пу min}} < S_{\text{пу max}}$. Тогда фактическая площадь ПУ определяется как

$$S_{\text{пу min}} \leq S_{\text{пу ф}} \leq S_{\text{пу max}}, \text{ если } S_{\Sigma \text{ к}} < S_{\text{пу min}};$$

$$S_{\Sigma \text{ к}} \leq S_{\text{пу ф}} \leq S_{\text{пу max}}, \text{ если } S_{\text{пу min}} < S_{\Sigma \text{ к}}.$$

При большом количестве компонентов, которые предполагается разместить на ПУ, $S_{\Sigma \text{ к}}$ или $S_{\text{пу min}}$ может превысить $S_{\text{пу max}}$. В этом случае необходимо максимальную площадь ПУ разбить на отдельные функциональные зоны (блоки РЭС) с размещением на них соответствующих компонентов. Затем

необходимо перерасчитать соответствующие площади ($S_{пу \max}$, $S_{пу \min}$, $S_{\Sigma k}$) для каждой зоны и выбрать фактическую площадь каждой функциональной зоны в соответствии с вышеприведенными критериями.

Зная фактическую площадь и задаваясь одним стандартным линейным размером, определяется второй линейный размер с дальнейшим его округлением до стандартного в большую сторону:

$$H_{пу} = \frac{S_{пу \phi}}{L_{пу ст}}; H_{пу} = H_{ст};$$

$$L_{пу} = \frac{S_{пу \phi}}{H_{пу ст}}; L_{пу} = L_{ст}.$$

3.4.4. Определение размеров компонентов панелей управления

Размеры компонентов ПУ, высота надписей, символов, знаков на ПУ должны выбираться исходя из требований, что с заданного до ПУ расстояния оператор должен их надежно распознавать и безошибочно считывать информацию с индикаторов и надписей.

Таким образом, требуемая (минимальная) высота знака зависит как от расстояния до него (панели), так и от его углового размера:

$$h_{з \min} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2},$$

где $\alpha_3 = 15'$ – для простых знаков; $\alpha_3 = 30-40'$ – для сложных знаков.

Минимально допустимая ширина знака определяется как

$$b_{з \min} = F \cdot h_{з \min},$$

где F – формат знака ($F = 2/3, 3/5, 5/7 \dots$).

Расстояние между знаками по горизонтали принимается равным половине ширины знака, а расстояние между знаками по вертикали – половине высоты. Минимальное расстояние от краев индикаторного устройства до ближайшего знака, отображаемого на нем, должно быть равно ширине (высоте) знака (рис. 13.24).

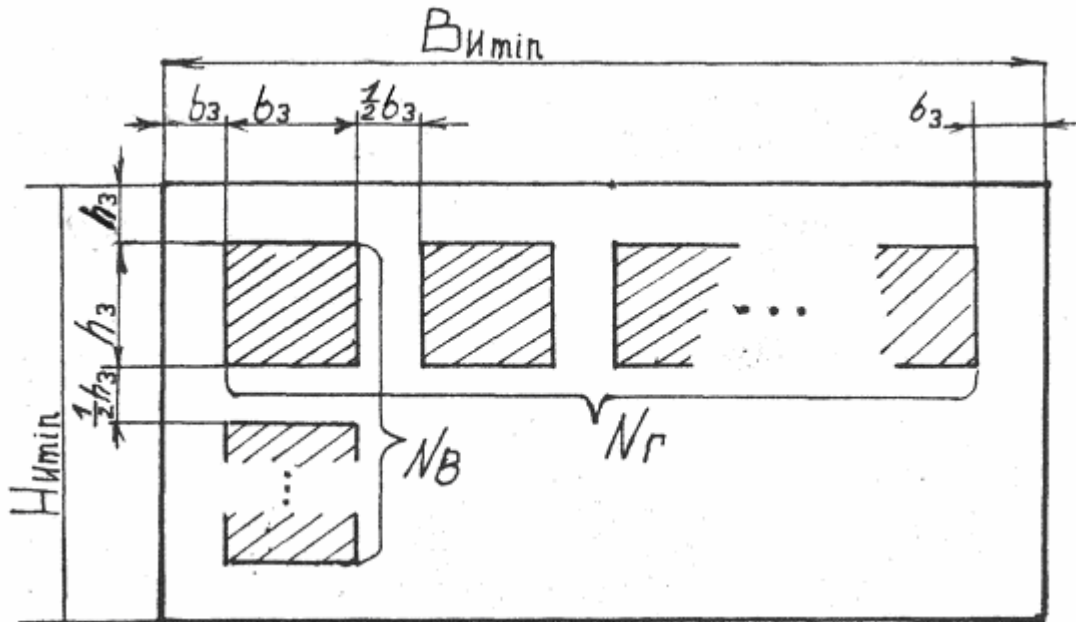


Рис. 13.24. Определение минимальных размеров индикаторного устройства

Тогда минимальные размеры (высота и ширина) многоэлементного индикаторного устройства определяются как

$$H_{и\min} = 1,5(N_v + 1)h_{з\min};$$

$$B_{и\min} = 1,5(N_r + 1)b_{з\min};$$

где N_v и N_r – число знаков по вертикали и горизонтали.

Определив минимально допустимые размеры компонентов по соответствующим справочникам или нормативным документам выбирают необходимые, размеры которых превышают минимальные.

3.4.5. Определение светотехнических характеристик компонентов панелей управления

На ПУ РЭС может располагаться большое количество различных компонентов, как пассивных (ручки, кнопки, стрелочные индикаторы, надписи), так и активных (светящиеся индикаторы, надписи на светящихся кнопках, светящиеся транспаранты). Все они должны иметь не только соответствующие размеры, определенные выше, но и хорошо выделяться на фоне при соответствующей (заданной) освещенности, то есть иметь соответствующий контраст по отношению к фону.

Несмотря на использование достаточно простых формул (см. тему 2.3), определение светотехнических характеристик компонентов ПУ является достаточно сложной задачей. Это объясняется тем, что с одной стороны компоненты, а следовательно и их характеристики, заданы электрической схемой, а с другой стороны их требуется рассчитать с учетом различных (часто противоречащих) требований. Можно рекомендовать следующий общий порядок определения светотехнических характеристик компонентов ПУ:

1. При расчетах исходят из цвета ПУ (коэффициента отражения фона ρ_{ϕ}), который (цвет) в большинстве случаев бывает определен в ТЗ или выбран самим конструктором в соответствии с требованиями (например, требованиями фирменного стиля).

2. Анализируют по электрической схеме или сводной таблице исходных данных функциональное назначение всех компонентов ПУ (включая пояснительные надписи и символы) и задаются для каждого компонента (или группы компонентов) пределами контрастов, которые могут быть в более узких пределах, чем по условию оптимального контраста ($0,95 \geq k \geq 0,6$):

- зона малых контрастов $k < 0,25$;
- зона нормальных контрастов $k = 0,25 - 0,5$;
- зона повышенных контрастов $k = 0,5 - 0,7$;
- зона резких контрастов $k = 0,7 - 0,9$.

3. Для пассивных компонентов (включая активные в пассивном режиме) по выбранным ρ_{ϕ} и пределам контрастов Δk определяют пределы, в которых должны находиться

коэффициенты отражения предметов (компонентов) $\Delta\rho_{\pi}$, обеспечивающие требуемый контраст:

$$\Delta\rho_{\pi} = \rho_{\phi} (1 - \Delta k).$$

4. По справочной литературе выбирают конкретные цвета (коэффициент отражения ρ_{π}) для компонентов и определяют конкретный контраст для каждого пассивного компонента при минимальной внешней освещенности, а затем проверяют выполнение условия порогового контраста с учетом яркости фона и угловых размеров компонента по соответствующему графику (рис. 2.6). Если условие порогового контраста не выполняется, то необходимо увеличить размер соответствующего компонента или увеличить яркость фона за счет дополнительной подсветки компонента или за счет выбора локального более светлого фона вокруг этого компонента.

5. Для активных компонентов определяют требуемые пределы излучаемой яркости при минимальной освещенности E_{\min} , обеспечивающей заданный контраст:

$$\Delta V_{\text{изл}} = \frac{V_{\phi}}{1 - \Delta k} - \frac{E_{\min} \cdot \rho_{\pi}}{\pi},$$

где $V_{\phi} = \frac{E_{\min} \cdot \rho_{\phi}}{\pi}$.

Затем проверяют контраст при максимальной освещенности E_{\max} :

$$k = 1 - \frac{V_{\phi}}{V_{\pi}},$$

где $V_{\phi} = \frac{E_{\max} \cdot \rho_{\phi}}{\pi}$; $V_{\pi} = V_{\text{изл}} + \frac{E_{\max} \cdot \rho_{\pi}}{\pi}$.

Если контраст не соответствует заданным пределам, то рассчитывают коэффициент кратности светофильтра

$$K_{\text{сф}} = \frac{E_{\max}}{E_{\min}},$$

или определяют пределы яркости индикатора, при которых обеспечиваются необходимые значения коэффициентов контраста в требуемом диапазоне как при минимальной, так и при максимальной освещенности.

После выбора конкретного типа индикатора с конкретной величиной яркости производится окончательный расчет коэффициентов контраста для минимальной и максимальной освещенности.

Если в исходных данных указан конкретный тип индикатора, то можно провести проверку обеспечения им заданного (требуемого) контраста при минимальной освещенности в пассивном (несветящемся) режиме и при максимальной освещенности в активном (светящемся) режиме. Если характеристики индикатора не обеспечивают требуемого контраста в заданных при минимальной и максимальной освещенности пределах и выбранном коэффициенте отражения ПУ, то проводится перерасчет и определение по справочнику другого индикатора, обеспечивающего требуемые светотехнические характеристики и подходящего по электрическим параметрам для схемы. При необходимости можно менять и локальный фон ПУ вокруг компонента, обеспечивающий требуемый контраст или применять светофильтр, рассчитав его кратность.

Возможны также и другие подходы к определению светотехнических характеристик компонентов ПУ.

3.4.6. Компоновка панелей управления

3.4.6.1. Структурирование панелей управления

Основным принципом организации ПУ является разделение ее на три функциональные зоны: индикации, управления и коммутации. Расположение зон, подчиняясь эргономическим и инженерно-психологическим закономерностям, варьируется в зависимости от ориентации ПУ в пространстве и от соотношения ее сторон, то есть от конкретного варианта конструктивного исполнения РЭС (рис. 13.25) и (рис. 13.26).

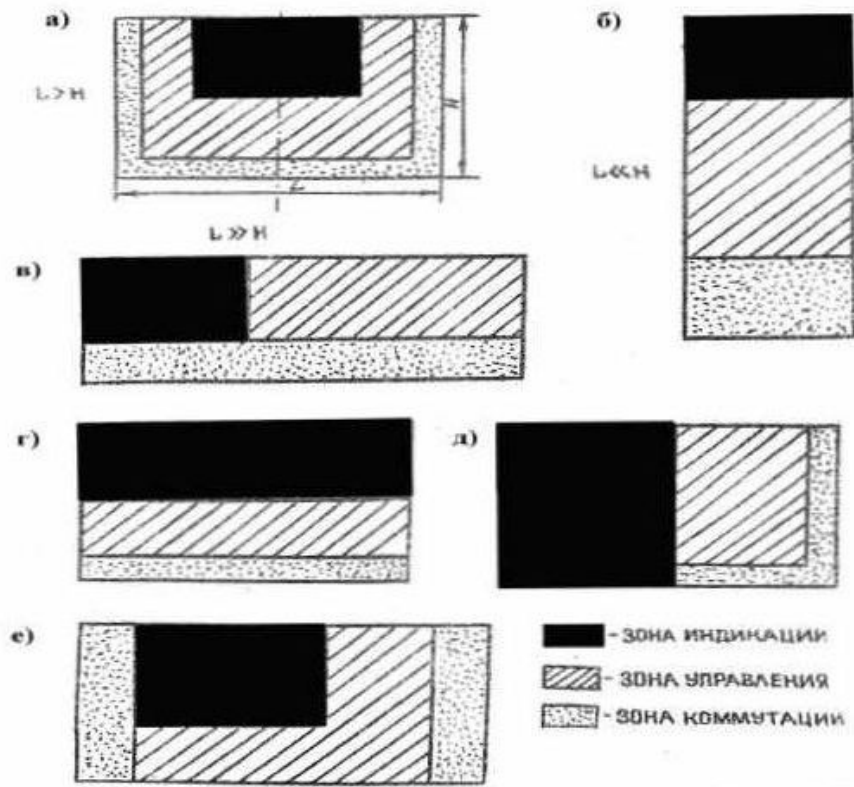


Рис. 13.25. Расположение функциональных зон панелей управления для различных конструкций РЭС: настольный тип РЭС: а– «идеальный вариант»; б– вертикально ориентированная ПУ; в– горизонтально ориентированная ПУ; г,д– случаи насыщенной зоны индикации; е– стоечный тип РЭС

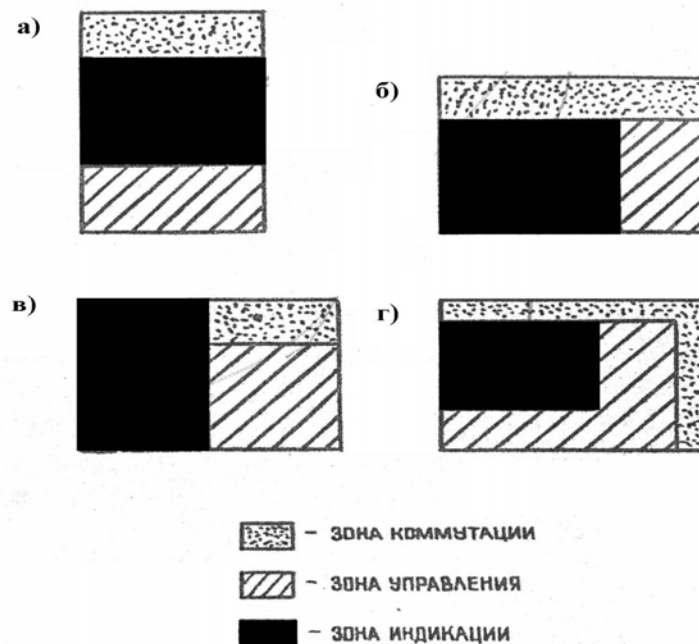


Рис. 13.26. Расположение функциональных зон панелей управления: а,б – малогабаритные приборы; в,г – крупногабаритные приборы переносного типа

3.4.6.2. Структурирование компонентов панели управления

ПУ РЭС в большинстве случаев насчитывают десятки, а иногда и сотни различных компонентов. Все они являются источником информации для оператора. Однако в каждый конкретный момент времени оператор работает только с определенным количеством компонентов. Остальные компоненты в этом случае могут являться для него помехой (информационным шумом). В то же время психофизиологические возможности человеческого восприятия ограничены. Например, известно, что оператор может успешнее контролировать информационные объекты, если их число в центральном поле зрения не превышает 4–8 единиц. Учитывая это ограничение, а также свойство структурности восприятия, целесообразно провести предварительное структурирование (группировку) компонентов, а затем разместить их по функциональным зонам. За счет этого происходит укрупнение единиц информации, облегчается ее восприятие, повышается надежность работы оператора.

3.4.6.3. Принципы структурирования компонентов на панели управления

Можно выделить следующие основные принципы структурирования компонентов на ПУ:

- принцип группировки;
- принцип взаимосвязи;
- принцип приоритета.

Принцип группировки используется, если число компонентов превышает 20–30 единиц. В этом случае их следует разбивать на несколько визуально отличающихся групп. Такая группировка может проводиться на *логическом* и *формальном уровнях*.

На *логическом уровне* компоненты могут объединяться в группы, связанные между собой:

- по общности выполняемых задач (прием информации, передача информации);
- по принадлежности к соответствующему комплексу, системе, блоку (блок питания, блок приемника, блок записи);

– по каналам (канал 1, канал 2).

На **формальном уровне** компоненты могут объединяться по формальному признаку, например по внешней однотипности компонентов:

- группа индикаторов;
- группа клавиш;
- группа кнопок;
- группа разъемов.

Однако с позиции более эффективной работы оператора логический принцип лучше формального.

Принцип взаимосвязи также может осуществляться двумя методами: **функциональная взаимосвязь** и **последовательность использования**.

Функциональная взаимосвязь предусматривает взаимодействие между органами управления и соответствующими органами индикации внутри группы. Изменение положения органа управления должно отражаться на соответствующем индикаторе. При этом необходимо соблюдать следующее правило: увеличение параметра на индикаторе должно соответствовать движению органа управления вверх, вправо или по часовой стрелке (принцип "стимула и реакции") (рис. 13.27).

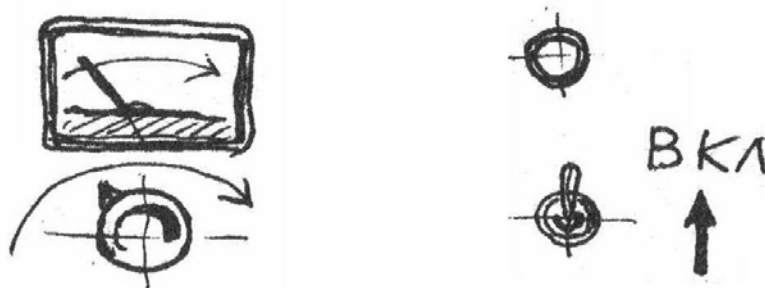


Рис. 13.27. Принцип взаимосвязи: функциональная взаимосвязь

Последовательность использования предусматривает размещение органов управления и индикации с учетом последовательности их использования оператором в процессе работы. Такое расположение приводит к минимизации времени реакции оператора (рис. 13.28).



Рис. 13.28. Принцип взаимосвязи: последовательность использования

Принцип приоритета состоит в том, что все компоненты разбиваются на группы, имеющие соответствующий приоритет. Установление приоритета осуществляется:

- по оперативной значимости (важности) показаний индикатора или по степени воздействия органов управления на работу РЭС;
- по требуемой точности считывания показаний с индикатора или точности регулировочных операций органом управления;
- по частоте обращения к органу управления или индикации в процессе работы.

Компоненты, получившие приоритет, размещаются в зонах ПУ, где имеются наилучшие условия для их восприятия и досягаемости.

Все рассмотренные принципы не могут считаться абсолютными, однако их учет необходим при проектировании ПУ (дополнительно см. п. 3.2.3).

В результате структурирования формируется **информационное и моторное поле**.

В **информационном поле** осуществляется прием информации оператором (рис. 13.29).

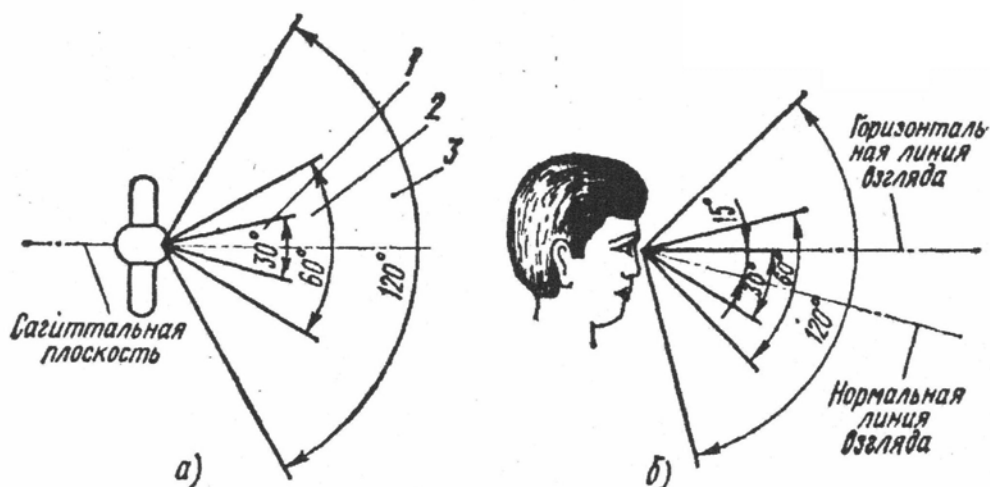


Рис. 13.29. Информационное поле: а – в горизонтальной плоскости; б – в вертикальной плоскости

В этом поле различают три зоны:

– в зоне 1 ($\pm 15^\circ$ от нормальной линии взора в горизонтальной и вертикальной плоскостях) располагают очень часто используемые СОИ, требующие точного и быстрого считывания показаний;

– в зоне 2 ($\pm 30^\circ$) располагают часто используемые СОИ, требующие менее точного и быстрого считывания;

– в зоне 3 ($\pm 60^\circ$) располагают редко используемые СОИ (здесь возможны движения глаз и повороты головы).

В *моторном поле* осуществляются двигательные (управляющие) действия оператора (рис. 13.30) и (рис. 13.31).

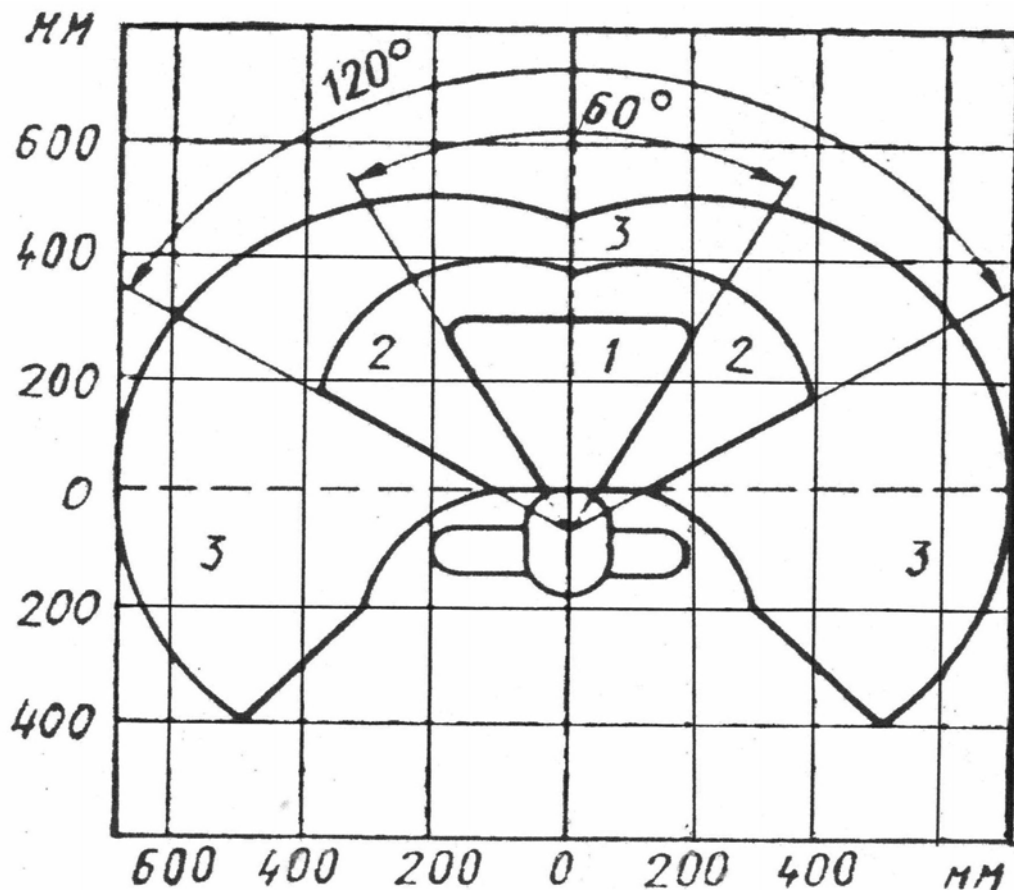


Рис. 13.30. Моторное поле в горизонтальной плоскости

В нем также различают три зоны в горизонтальной плоскости:

– зона оптимальной досягаемости 1 ограничена дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой;

– зона легкой досягаемости 2 ограничена дугами, описываемыми расслабленными руками при движении их в плечевом суставе;

– зона максимальной досягаемости 3 ограничена дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

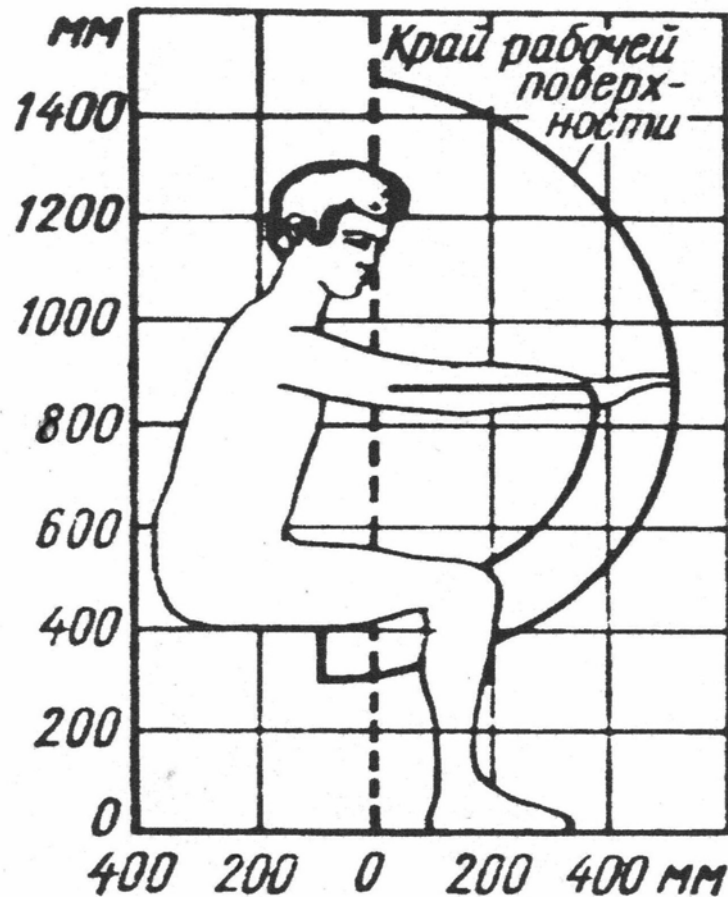


Рис. 13.31. Моторное поле в вертикальной плоскости

Информационное и моторное поля могут полностью или частично перекрываться.

3.4.7. Требования к органам индикации, управления, коммутации, надписям и их размещению на панели управления

При расположении компонентов на ПУ необходимо учитывать функциональную асимметрию зрительной системы человека, которая состоит в том, что произвольная (бессознательная) фиксация взгляда человека на вертикальной плоскости распределена неравномерно. Если

разбить вертикальную плоскость на четыре квадранта, то максимум фиксации взгляда приходится на левый верхний квадрант (45,5%), а минимум – на правый нижний (11,5%). Количество фиксаций в верхней части плоскости составляет до 74,5%, а в нижней – до 25,5% (рис. 13.32).

45.5%	29%
11.5	14%

Рис. 13.32. Функциональная асимметрия зрительной системы человека

При размещении компонентов на ПУ необходимо также учитывать зоны обзора (углы зрения) и зоны досягаемости рук оператора (рис. 13.33).

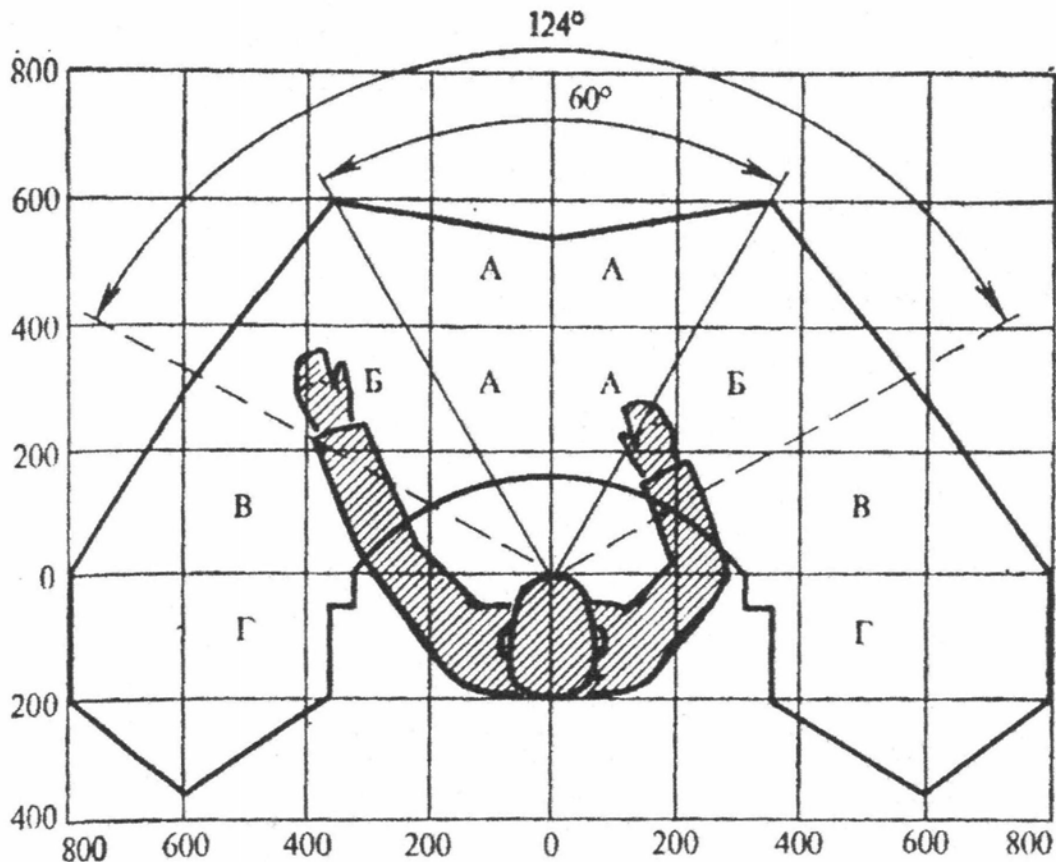


Рис. 13.33. Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях управления в горизонтальной плоскости для работы в положении «сидя»

Здесь можно выделить следующие зоны:

- зона А – для расположения наиболее важных и часто используемых ОУ и СОИ;

- зона Б – для расположения нечасто используемых ОУ и СОИ (в пределах досягаемости и обзора);

- зона В – для расположения редко используемых ОУ (в пределах максимальной досягаемости, обзор только при движении глаз и головы);

- зона Г – для размещения вспомогательных органов управления (вне пределов досягаемости и обзора из исходного рабочего положения).

На основании приведенных выше требований можно сформулировать следующие рекомендации по размещению органов индикации на ПУ:

- под зону индикации предпочтительно оставлять верхнюю часть ПУ с тенденцией левого смещения;

- если смена информации на индикаторах происходит часто, то их предпочтительно размещать выше и левее (большая вероятность обнаружения сигнала);

- если требуется высокая скорость и точность считывания информации, то индикатор надо размещать выше, в центре и правее;

- если на одной ПУ встречаются стрелочные и цифровые индикаторы, то первые надо размещать выше и правее, а вторые – выше и левее;

- при использовании нескольких шкальных устройств надо стремиться:

- к единой форме шкал;

- к рядному их расположению (предпочтительно горизонтальному), чтобы порядок их расположения соответствовал последовательности считывания слева направо или сверху вниз;

- к единообразной ориентации начала отсчетов (для снижения количества ошибок считывания);

- органы индикации необходимо располагать таким образом, чтобы они попадали в поле зрения оператора, ограниченное $\pm 15^\circ$ от центральной точки в горизонтальном и вертикальном направлении (подробнее см. тему 3.1).

Самыми общими требованиями к размещению органов управления и коммутации на ПУ являются:

- расположение их в зонах досягаемости рук оператора;
- взаимное расположение их таким образом, чтобы соседние не мешали работе оператора по переключению;
- расположение в зонах, позволяющих легко их обнаруживать;
- расположение их таким образом, чтобы при любом положении при переключении они не закрывали поясняющие надписи (подробнее см. тему 3.2).

Самыми общими требованиями к размещению надписей на ПУ являются:

- горизонтальное расположение;
- расположение в зонах, позволяющих легко их обнаруживать и читать.
- расположение их таким образом, чтобы при любом положении органов управления они были хорошо видны.

Раздел 4. Инженерно-психологические основы эксплуатации систем «Человек-машина»

Тема 4.1. Надежность оператора и системы «Человек-машина»

4.1.1. Показатели надежности оператора

Под надежностью оператора понимается его свойство качественно выполнять трудовую деятельность в течение определенного времени при заданных условиях. В основе оценки надежности оператора лежит понятие ошибки, под которой понимается любое нарушение предписанного оператору алгоритма деятельности. В общем случае ошибками являются: невыполнение требуемого или выполнение лишнего (несанкционированного) действия; нарушение последовательности выполнения действий; неправильное или несвоевременное выполнение требуемого действия.

Совершаемые оператором ошибки различаются по своим последствиям. Они могут быть разными для человека, техники и системы в целом (рис. 4.1). В зависимости от этого ошибки могут быть *неаварийными* и *аварийными*. Аварийные ошибки непосредственно снижают надежность оператора и системы «Человек-машина».



Рис. 4.1. Классификация ошибок по их последствиям

Надежность оператора характеризуется показателями **безошибочности, готовности, восстанавливаемости и своевременности**.

Основным показателем **безошибочности** является **вероятность безошибочной работы**. Эта вероятность может вычисляться как на уровне отдельной операции, так и на уровне алгоритма в целом.

Для типовых, часто повторяющихся операций в качестве показателя безошибочности может использоваться также **интенсивность ошибок**. Эти показатели вычисляются, как правило, в расчете на одну выполненную операцию (алгоритм). По статистическим данным они могут быть вычислены следующим образом:

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j};$$

$$\lambda_j = \frac{n_j}{N_j T_j},$$

где P_j – вероятность безошибочного выполнения операций j -го типа; λ_j – интенсивность ошибок j -го вида; N_j и n_j – общее число выполненных операций j -го вида и допущенное при этом число ошибок; T_j – среднее время выполнения операции j -го вида.

Необходимо отметить, что последняя формула справедлива лишь для участка устойчивой работоспособности оператора.

Коэффициент готовности оператора представляет собой вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени. Коэффициент готовности определяется выражением

$$K_{ГО} = 1 - \frac{T_0}{T},$$

где T_0 – время, в течение которого оператор по тем или иным причинам не находится на рабочем месте (и потому не может принять поступившую информацию); T – общее время работы оператора.

Введение показателя **восстанавливаемости** связано с возможностью самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок. Вероятность исправления оператором допущенной ошибки равна

$$P_{uo} = P_{ск} P_{ос} P_{un} ,$$

где $P_{ск}$ – вероятность выдачи сигнала схемой контроля; $P_{ос}$ – вероятность обнаружения оператором сигнала контроля; P_{un} – вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении алгоритма.

Показатель *своевременности* действия оператора вводится потому, что правильные, но несвоевременные действия не приводят к достижению цели, то есть дают тот же результат, что и совершенная ошибка. Потому, как правило, на выполнение определенных задач в системе «Человек-машина» отводится определенный лимит времени $t_{л}$, превышение которого рассматривается как ошибка.

Основным показателем своевременности является вероятность выполнения задачи в течение времени $\tau < t_{л}$. Эта вероятность равна

$$P_{св} = P\{\tau < t_{л}\} = \int_0^{t_{л}} f(\tau) d\tau,$$

где $f(\tau)$ – функция распределения времени решения задачи оператором.

Надежность работы оператора не является величиной постоянной, а меняется с течением времени. Это изменение обусловлено как изменением условий деятельности, так и колебаниями состояния оператора. Поэтому при определении надежности оператора в каждом конкретном случае приходится выбирать те или иные факторы, наиболее характерные для данного вида деятельности. С каждым из этих факторов связывается определенное состояние СЧМ, и для каждого из этих состояний определяется конкретное значение изучаемого показателя надежности оператора.

4.1.2. Психофизиологические аспекты проблемы надежности оператора

С точки зрения теории вероятности ошибки оператора являются случайными событиями, то есть такими, исход которых (произойдет или не произойдет ошибка) в конкретном опыте предсказать заранее трудно. Следовательно, ошибки оператора носят статистический характер. На этом и основано определение

рассмотренных выше показателей надежности. Однако это не означает беспричинность ошибок. Каждая из них обусловлена конкретными причинами объективного или субъективного характера. Поэтому изучение психофизиологических механизмов надежности и учет их при создании и эксплуатации систем «Человек-машина» является важнейшим резервом обеспечения их надежной работы.

Выявлено три группы факторов, влияющих на надежность оператора:

- конструктивное исполнение технических средств;
- профессиональная подготовка оператора;
- индивидуальные особенности оператора.

Анализ этих факторов позволяет изучить психофизиологические механизмы надежности оператора.

Важное значение при этом имеет изучение механизмов **психической саморегуляции** и **различных уровней психического отражения** (ощущений, восприятий, представлений, речемыслительных процессов).

Формирование и осуществление целенаправленной деятельности предполагает, как обязательную предпосылку, отражение человеком внешних условий в виде некоторой **субъективной модели**. Она служит основой, как для предварительного психофизиологического программирования действий, так и для их регуляции в ходе самой деятельности.

Другим важным звеном в процессе саморегуляции является **психофизиологическая настройка** на работу в определенных условиях. Настройки, адекватные представлению человека о задачах и условиях предстоящей деятельности, являются необходимыми компонентами общей структуры процессов программирования и регуляции деятельности.

Важная роль в саморегуляции принадлежит **эмоциональным состояниям оператора**, которые связаны с ответственностью и значимостью поступающей информации.

При изучении надежности оператора нужно иметь в виду, что он по ходу работы осуществляет контроль собственных действий (самоконтроль). Так же как и саморегуляция, самоконтроль является одним из основных механизмов надежности оператора. Он непосредственно направлен на своевременное предотвращение или обнаружение уже совершенных ошибок в процессе выполнения человеком деятельности любого вида. С помощью самоконтроля человек

проверяет правильность своих действий, поступков и адекватность различных форм поведения в процессе общения.

Самоконтроль в деятельности оператора может быть **инструментальным** и **не инструментальным**. В первом случае он осуществляется с применением специальных технических средств. Во втором случае самоконтроль осуществляется без применения специальных технических средств, то есть путем визуальной или мысленной проверки правильности выполняемых действий и т.д. Однако в обоих случаях важно приучить оператора к проведению самоконтроля, к включению его в качестве обязательного этапа в структуру деятельности оператора.

Существенным психологическим фактором, влияющим на надежность оператора, являются **типологические свойства нервной системы**. К основным свойствам нервной системы относятся **сила, динамичность, лабильность** и **подвижность нервных процессов**.

Сила нервной системы характеризуется выносливостью нервных клеток, то есть их способностью выдерживать длительное или очень сильное напряжение, не переходя в запредельное торможение.

Под динамичностью нервной системы понимается скорость образования условных рефлексов, то есть способность нервной системы к научению. Основным содержанием динамичности является легкость и быстрота, с которой генерируются нервные процессы в ходе образования условных рефлексов.

Лабильность – свойство нервной системы, связанное со скоростью возникновения, протекания и прекращения нервного процесса. Она определяет быстроту возникновения и прекращения вызываемых раздражителем циклов возбуждения.

Подвижность нервных процессов характеризуется скоростью протекания нервных процессов. Она определяет способность к быстрой смене одного нервного процесса другим, к смене возбуждения торможением и наоборот. Подвижность нервных процессов определяет такую интегральную характеристику мозга, как скорость обработки информации и скоростные параметры процесса принятия решения.

Люди с различными свойствами нервной системы характеризуются различной надежностью при работе в одинаковых условиях. При этом надежность человека определяется не одной какой-либо типологической особенностью, а комплексом или сочетанием различных свойств нервной системы. Данное положение имеет особо важное значение для организации профессионального отбора операторов.

Однако только наличие необходимых для данной деятельности свойств нервной системы само по себе еще не гарантирует надежной работы оператора. Свойства нервной системы определяют лишь потенциальные возможности человека. Насколько они будут реализованы на практике, во многом зависит от его *личностных качеств* (свойств личности) (трудолюбия, настойчивости, чувства долга и ответственности, целенаправленности, особенностей эмоционально-волевой сферы и т.п.). Совокупность этих качеств создает у человека соответствующее желание и мотивацию к выполнению данной деятельности.

В отличие от индивидуальных типологических особенностей (свойств нервной системы) свойства личности не являются врожденными и устойчивыми. Посредством воспитания, обучения, тренировок можно со временем выработать соответствующую направленность личности, необходимые волевые качества, интерес к деятельности, чувство долга и т.п., то есть, эту группу качеств можно формировать в нужном направлении в процессе учебно-воспитательной работы с операторами.

Важным механизмом обеспечения высокой надежности является также тренированность оператора. Длительная тренировка и адаптация оператора к условиям деятельности способствуют образованию гибких и прочных умений, образованию необходимых условно-рефлекторных связей между возникающими ситуациями и требуемыми действиями оператора. Тренировки сокращают количество допускаемых оператором ошибок, увеличивают скорость переработки информации, уменьшают разброс параметров деятельности, снижают степень психической напряженности и повышают работоспособность. Хорошая заученность действий может предохранить оператора от появления импульсивных, неадекватных действий при возникновении напряженных ситуаций. Поэтому одним из важных вопросов проблемы надежности оператора является профилактика срывов путем имитации стрессовых условий в процессе тренировки.

Для успешного выполнения некоторых видов деятельности оператор должен обладать определенными психофизиологическими качествами: памятью, вниманием, скоростью реакции и др. Высокий уровень проявления этих качеств является одним из факторов надежной работы оператора.

4.1.3. Методы определения надежности СЧМ

Оценка надежности СЧМ проводится:

– при проектировании СЧМ – для прогноза ожидаемого уровня надежности СЧМ (проектная оценка надежности);

– при внедрении и эксплуатации СЧМ – для определения фактически достигнутого уровня надежности (фактическая оценка надежности).

Проектная оценка надежности СЧМ на ранних этапах инженерно-психологического проектирования является основой для предварительного определения состава комплекса технических средств и структуры СЧМ и разработки алгоритмов деятельности оператора. На последующих этапах проектирования эта оценка используется для уточнения состава технических средств и алгоритмов работы оператора, а также для определения требований к уровню подготовки и квалификации персонала, режимов труда и отдыха.

Фактическая оценка надежности СЧМ проводится путем сбора и обработки эксплуатационных данных о работе СЧМ, а также путем организации специальных испытаний.

Оценка надежности СЧМ может проводиться различными методами: **аналитическими** (расчетными), **экспериментальными** и **имитационными** (то есть путем моделирования на ЭВМ). Выбор метода осуществляется с учетом реальных возможностей СЧМ (возможность проведения испытаний необходимого объема, наличие необходимых инженерно-психологических методик, алгоритмов и программ для решения задачи оценки надежности и т.п.). Поэтому на этапах проектирования СЧМ преобладают, как правило, расчетные методы.

Расчетные методы определения надежности СЧМ базируются на знании статистических данных о надежности и скорости выполнения заданных функций оператором, о надежности технических средств, влиянии различных факторов на надежность СЧМ, взаимном влиянии оператора и техники друг на друга, о частотах наступления различных состояний СЧМ.

В ходе развития инженерной психологии и общей теории надежности был разработан целый ряд **количественных методов оценки надежности СЧМ**. Основными из них являются **обобщённый структурный, системный, операционно-психофизиологический** и **системотехнический** методы. В каждом из них используется свой подход к функционированию СЧМ.

В **обобщенном структурном методе** деятельность оператора разделяется на иерархический ряд уровней, каждый из которых представляется в виде определенной структуры. Высшим является оперативный уровень, который представляется в виде структуры взаимодействия решаемых задач. Далее следуют уровни отдельной задачи, блока операций, оперативных единиц деятельности. Вычисление

надежности производится последовательно, начиная с того нижнего уровня, для которого известны справочные данные по надежности деятельности человека. Затем производится «свертывание» полученных структур к обобщенным структурам более высоких уровней с эквивалентными временными и надежностными характеристиками.

Системный метод основан на использовании восьми направлений анализа и оценки надежности СЧМ:

- аппаратной безотказности применяемых средств;
- полной аппаратной безотказности;
- восстанавливающего оператора;
- обслуживающего оператора;
- подготавливающего оператора;
- управляющего оператора;
- дежурного оператора;
- биологически надежного оператора.

Целесообразность использования конкретного направления определяется видом решаемой задачи и необходимостью учета тех или иных свойств оператора и техники и режимов работы СЧМ. При этом каждое последующее направление учитывает более полный набор свойств и дает более точные оценки надежности СЧМ. Так, при оценке только аппаратной безотказности достаточно использовать первые два направления (влияние оператора на надежность СЧМ при этом не учитывается). Для обеспечения ремонтпригодности оборудования необходимо использовать уже третье направление и т.д. Более высокие направления обеспечивают расчет надежности СЧМ в целом, учитывая и готовность операторов, и подверженность их ошибкам и биологическим отказам организма. Для каждого направления разработаны формулы для определения надежности СЧМ. Сложность деятельности оператора (учет влияния различных факторов) учитывается с помощью поправочных коэффициентов, степень детализации которых зависит от вида учитываемых факторов сложности.

В основе **операционно-психофизиологического метода** лежит разделение деятельности оператора на отдельные действия, для которых известны исходные значения времени, точности и надежности их выполнения, а также значения психофизиологической напряженности. На основании этого осуществляется синтез структуры деятельности и получение интегральных характеристик надежности СЧМ.

При использовании **системотехнического метода** вводят четыре типа условных СЧМ:

- с некомпенсируемыми ошибками операторов и отказами техники;
- с компенсацией ошибок операторов;
- с компенсацией последствий отказов технических средств;
- с компенсацией ошибок операторов и последствий отказов техники.

Для каждого типа СЧМ определены условия, приводящие к отказу системы «Человек-машина». На основании этого получены расчетные формулы для определения надежности СЧМ. Некоторым ограничением этого метода является трудность получения аналитических оценок и вследствие этого возможность решения задачи лишь путем имитационного моделирования.

Тема 4.2. Профессиональная подготовка операторов

4.2.1. Составляющие профессиональной подготовки

Профессиональная подготовка операторов включает в себя четыре основные составляющие: профессиональный отбор, обучение, тренировка и формирование коллектива (экипажа, бригад, смен) для совместной деятельности операторов, каждая из которых включает в себя ряд этапов (рис. 4.2).

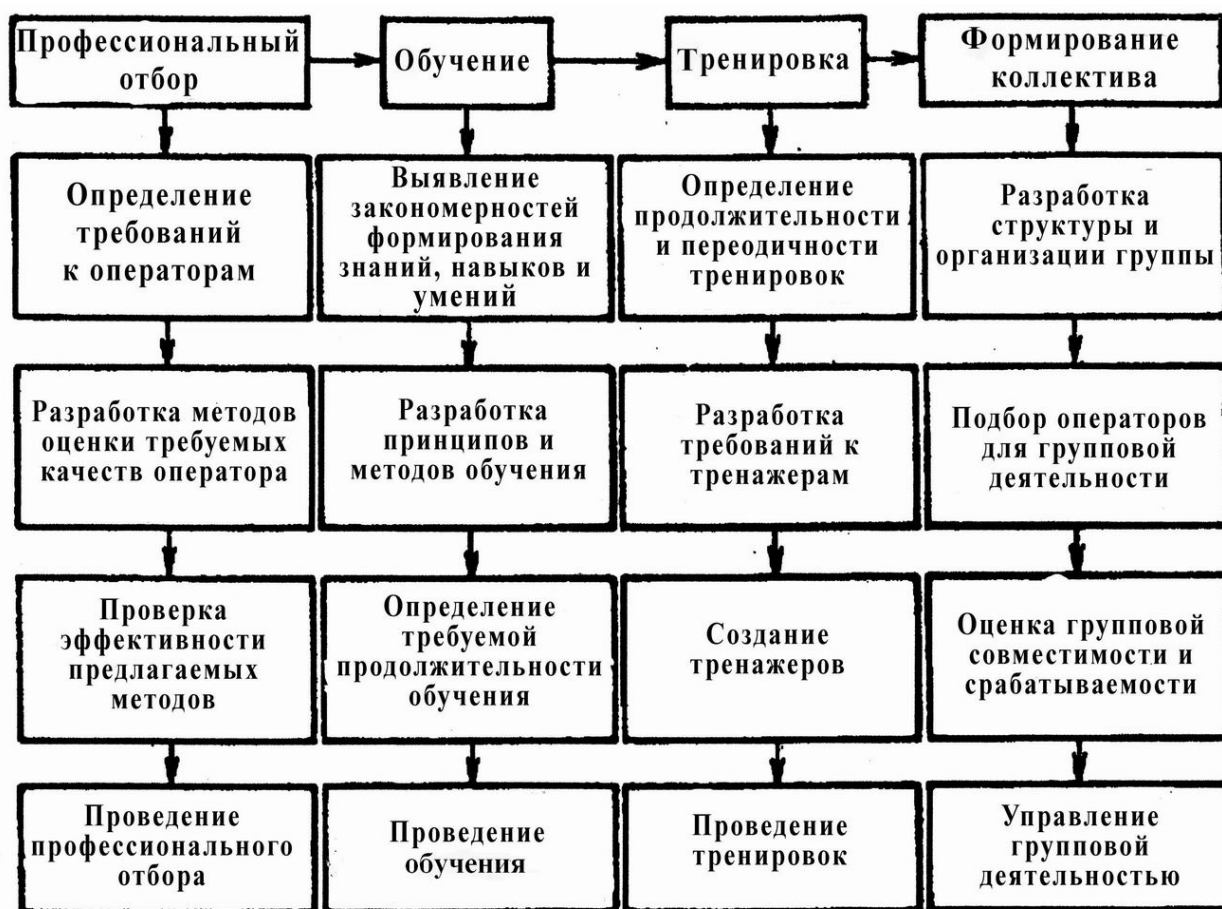


Рис. 4.2. Структура профессиональной подготовки операторов

4.2.2. Профессиональный отбор операторов

Система профессионального отбора включает в себя ряд этапов:

- определение требований к операторам;
- разработка методов оценки требуемых качеств оператора;

- проверка эффективности предлагаемых методов;
- проведение профессионального отбора.

На первом этапе осуществляется анализ трудового процесса, а также физиолого-гигиенических и психологических особенностей трудовой деятельности. Целью такого анализа является определение требований, которые предъявляет деятельность к профессионально важным качествам личности.

В ходе этого этапа исследуется структура и характер деятельности, проводится анализ возможных ситуаций в системе «Человек-машина», и, прежде всего, наиболее неблагоприятных ситуаций, предъявляющих повышенные требования к тем или иным качествам оператора. На основании такого анализа определяются основные требования к кандидату на данную специальность. В общем виде эти требования могут быть разбиты на четыре группы:

- медицинские требования: состояние здоровья, общие медицинские показания и противопоказания к данному виду деятельности;

- образовательные требования, то есть требования к уровню общей и специальной подготовки, которую должен иметь кандидат к моменту прохождения отбора;

- общие характерологические требования: чувство долга, идейная убежденность, мировоззрение, мотивация к данному виду деятельности и т. п.;

- психофизиологические требования, то есть требования к памяти, вниманию, скорости реакции, эмоциональной устойчивости, свойствам центральной нервной системы и т.п.

На основании этих требований разрабатываются признаки профессиональной пригодности (непригодности) для данного вида деятельности. В соответствии с рассмотренными группами требований различают **медицинский, образовательный, характерологический и психофизиологический отбор**.

На втором этапе осуществляется подбор и разработка методик оценки профессионально важных качеств личности. В качестве основных методических приемов могут использоваться: анализ документов и характеристик, беседа (устная или письменная), наблюдение, тестирование.

К выбранным методикам испытаний (и прежде всего тестам) предъявляется ряд требований, основными из которых являются информативность (прогностическая способность) и надежность (стабильность результатов одного и того же испытуемого при повторных испытаниях).

На третьем этапе осуществляется проверка информативности и надежности выбранных методик. Этот этап профессионального отбора является контрольным. Цель его заключается в том, чтобы проверить, насколько достоверно отобранные методики могут прогнозировать результаты деятельности. Только после такой проверки эти методики можно применять на практике.

Четвертым этапом является собственно проведение профессионального отбора. Он проводится в соответствии с выбранными и уточненными во время контрольных испытаний методиками. В зависимости от конкретных условий форма проведения отбора может быть индивидуальной (например, беседа с будущим оператором с целью выяснения его общих характерологических качеств) или групповой (исследование с помощью бланковых тестов, письменное анкетирование).

4.2.3. Обучение операторов

Универсальным средством профессиональной подготовки операторов является **обучение**, которое включает в себя следующие этапы:

- выявление закономерностей формирования знаний, навыков и умений;
- разработка принципов и методов обучения;
- определение требуемой продолжительности обучения;
- проведение обучения.

В процессе обучения той или иной специальности человек овладевает определенной системой **знаний, навыков и умений**. Какой именно должна быть эта система у оператора, зависит от его профиля. Иначе говоря, содержание обучения определяется спецификой операторской деятельности.

Профессиональные знания – это та информация, которую усваивает (накапливает в памяти) человек в процессе профессионального обучения и деятельности.

Навыки – это действия, доведенные до известной степени совершенства, выполняемые легко, быстро, экономно, с наивысшим результатом и в то же время с наименьшим напряжением, то есть как бы автоматически. Основным средством их формирования является **упражнение**.

В психологии различают три основных вида навыков: **сенсорно-перцептивные** (навыки восприятия), **моторные** (двигательные навыки) и **интеллектуальные** (приемы решения задач). Процесс формирования любого навыка обладает некоторыми общими чертами.

Одной из основных черт процесса формирования навыка является образование двигательных (или каких-либо других, например умственных) структур, объединяющих отдельные рабочие движения в некоторое единое целое. На начальных ступенях обучения какому-либо действию человек выполняет отдельные входящие в него движения (или другие трудовые действия) порознь, с большими или меньшими интервалами между ними. В процессе упражнения время выполнения движений и интервалы между ними укорачиваются, происходит их объединение. В действии опытного оператора ряд последовательных частных движений выступает как одно сложное движение.

Другая черта процесса формирования навыка – это выявленные человеком сигналов, релевантных (имеющих отношение к данному явлению) данной деятельности. На анализаторы человека при выполнении действия поступает масса разнообразных сигналов, но далеко не все они имеют прямое отношение к выполняемому действию. Такие сигналы носят название иррелевантных.

В процессе овладения навыком человек из всей массы сигналов, поступающих на его анализаторы, выбирает те, которые релевантны задаче. Иначе говоря, формируется не только моторная, но также и сенсомоторная структура.

Третья черта процесса формирования навыка – это изменение соотношения уровней регуляции. На первых этапах обучения даже сравнительно простые элементы двигательного действия регулируются речемыслительными процессами. Позднее их регуляция передается сенсорно-перцептивному уровню, а речемыслительный процесс начинает регулировать более крупные единицы деятельности.

Четвертой чертой формирования навыка является усвоение ритма выполняемых действий. Благодаря ритмичности человек, владеющий навыком, может работать длительное время без утомления. Помимо этого появляются широкие возможности произвольно изменять темп работы.

Умение формируется на базе знаний и навыков, относящихся к некоторому определенному виду деятельности. Когда говорят, что человек умеет что-то делать, то имеется в виду, что он может самостоятельно выполнить определенную работу.

Умение представляет собой сложное психическое образование, включающее в себя ряд компонентов. Один из них – система навыков, относящихся к одному и тому же виду деятельности. Однако сама по себе система навыков еще не обеспечивает возможности самостоятельно выполнять ту или иную работу. Для того, чтобы достигнуть этого, человек

должен владеть не только соответствующей системой навыков, но и системой знаний.

Умение проявляется при решении нестандартных задач. Оно предполагает хорошую ориентировку работника в новых условиях и выступает не как простое повторение прошлого опыта, а включает в себя момент творчества. Если человек освоил некоторую систему навыков, но не может применить ее в новых условиях, то его нельзя назвать умелым.

Умения и навыки развиваются в неразрывном единстве. С одной стороны, овладение определенным кругом навыков необходимо для формирования умения, с другой – человек, обладающий умением, может более легко освоить и новые навыки.

В процессе обучения, тренировки и накопления профессионального опыта деятельность человека совершенствуется, сокращается время выполнения действий и повышается их точность.

4.2.4. Тренировка операторов

Важное место в системе профессиональной подготовки операторов занимают тренировки, которые включают в себя следующие этапы:

- определение продолжительности и периодичности тренировок;
- разработка требований к тренажерам;
- создание тренажеров;
- проведение тренировок.

Проведение тренировок связано с необходимостью поддержания на заданном уровне приобретенных в процессе обучения навыков и умений.

Проведение тренировок осуществляется либо на штатной аппаратуре, либо с помощью специальных тренировочных средств (тренажеров). Эффективность применения тренажеров существенным образом может быть повышена, если при их построении будут учтены *психофизиологические принципы процесса обучения*. Основные из них сводятся к следующему:

- навыки, развиваемые на тренажере, по своей структуре должны соответствовать навыкам реальной трудовой деятельности;
- тренажер не должен формировать тех навыков, которые дают отрицательный эффект при переводе в реальные условия деятельности;
- методика работы на тренажере должна предусматривать необходимое количество повторений;

– информационная модель, создаваемая на тренажере, должна быть достаточно гибкой и обеспечивать задание достаточного количества логических задач;

– тренажер должен быть методически целенаправленным, то есть должно быть ясно, какие методические цели он преследует.

Кроме этого при построении тренажера должен быть учтен целый ряд *специфических требований*, вытекающих из особенностей функционирования системы «Человек-машина»:

– тренажер должен обеспечивать обучаемому возможность воспринимать результаты своих действий и осознавать их с целью самоконтроля;

– в тренажере должна быть предусмотрена возможность имитации отказов и неисправностей, которые могут происходить в системе «Человек-машина»;

– тренажер должен обеспечивать проведение групповых тренировок и в нем должна быть предусмотрена возможность взаимосвязи с тренажерами других операторов;

– в тренажере следует предусматривать возможность регистрации всех действий оператора как с точки зрения их безошибочности, так и своевременности;

– в тренажере должна быть обеспечена возможность контроля состояния оператора во время работы;

– тренажер должен обеспечивать необходимую полноту и точность моделирования реальной СЧМ.

Рекомендации по обеспечению последнего требования заключаются в следующем:

– предъявление информации оператору в реальном масштабе времени;

– дозированное представление учебных задач;

– изменение сложности учебных задач в процессе тренировки;

– моделирование зрительной обстановки и физических факторов рабочей среды, вызывающих у обучаемых ощущения, адекватно связанные с алгоритмом деятельности;

– соответствие рабочих мест в тренажере по исполнению и компоновке информационных и моторных полей рабочим местам СЧМ и т.п.

4.2.5. Формирование коллектива

4.2.5.1. Взаимодействие операторов в группе

Развитие так называемых больших и сверхбольших систем (например, единая система связи транспорта, единая энергетическая система и т. д.) ставит задачу изучения не только взаимодействия человека и машины, но и взаимодействия между операторами и группами операторов. Поэтому важным является формирование такого коллектива, который мог бы эффективно решать поставленные перед ним задачи и достигать поставленной цели. Формирование коллектива включает в себя следующие этапы:

- разработка структуры и организации группы;
- подбор операторов для групповой деятельности;
- оценка групповой совместимости и срабатываемости;
- управление групповой деятельностью.

Процесс управления техникой – это не простая сумма параллельных деятельностей, выполняемых операторами независимо друг от друга. Его существенным моментом является взаимосвязь и взаимодействие операторов. Наибольший интерес представляет изучение этих процессов в малой группе. Ею называется совокупность людей, объединенных в пространстве и времени, совместно решающих ту или иную задачу (выполняющих определенную деятельность) и имеющих непосредственные контакты. Примерами таких групп могут быть производственная бригада, экипаж самолета, геологический отряд и т. д. Малая группа включает от 2–3 до 30 человек.

В инженерной психологии группа операторов, выполняющих общую задачу, рассматривается обычно в качестве системы. Поэтому для изучения групповой деятельности перспективным является применение основных принципов системного подхода, которые сводятся к следующему:

- изучаемый объект (малая группа) рассматривается как целостная система, состоящая из множества относительно независимых элементов;
- свойства системы несводимы к простой сумме свойств ее элементов;
- системе в целом и каждому отдельному ее элементу свойственна специфичность функционирования;
- элементы системы определяются как целостные единицы, и основным объектом изучения являются особенности их взаимосвязи и целостного функционирования.

4.2.5.2. Организация групповой деятельности

Эффективность групповой деятельности зависит от ряда факторов. Среди них в первую очередь следует назвать организацию деловых взаимоотношений, определяемую величиной группы, разделением функций людей в группе и организацией взаимосвязей между ними.

В зависимости от конкретных задач возможны различные варианты функциональной организации группы: «цепочка», «звезда», «круг», «сеть» (рис. 4.3).

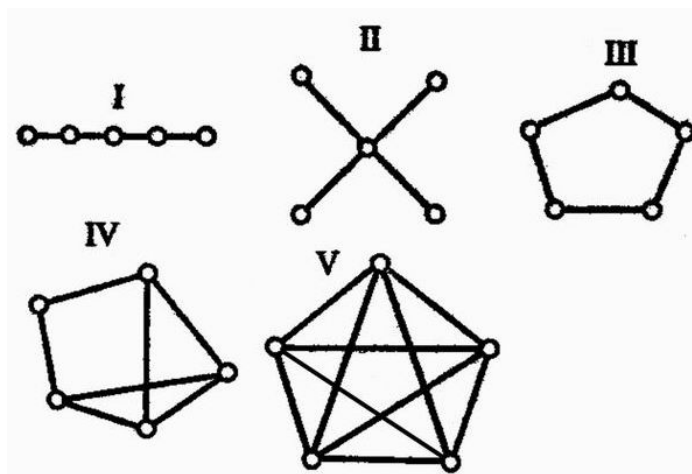


Рис. 4.3. Функциональная группировка малых групп (5 человек):
I – цепочка; II – звезда; III – круг; IV – сеть (неполная); V – сеть (полная)

Ведущая роль в групповой деятельности операторов принадлежит информационным связям между членами группы, определяемым ее функциональной организацией.

Для обеспечения высокой эффективности и надежности групповой деятельности важно при ее организации правильно определить величину группы, ее организационную структуру и характер информационных связей. Исходя из этого, решается вопрос о выборе технических средств коммуникации.

Эффективность групповой деятельности зависит также от правильного распределения обязанностей внутри группы. Это проявляется в предоставлении каждому оператору такого положения в группе, которое наиболее полно соответствует выбранному им типу коммуникативного поведения. В социальной психологии различают *четыре типа поведения* при решении групповых задач: *лидер*, *ведомый*, *обособляющийся* и *сотрудничающий*

Лидер ориентирован на власть в группе. Представители этого типа поведения могут успешно решать групповые задачи при условии подчинения себе других членов группы. *Ведомый* – это человек с ярко выраженной ориентировкой к добровольному

подчинению. Лица такого типа поведения наиболее успешно решают чисто исполнительские задачи. **Обособляющийся** – это тип поведения с ярко выраженной индивидуалистической ориентировкой. Лица такого типа наиболее успешно решают задачи при условии относительной изоляции от группы, в одиночестве. **Сотрудничающий** тип постоянно стремится к совместному с другими решению задачи и следует за ними в случае разумных решений. Такая деятельность наиболее приемлема для нескольких операторов одного уровня управления, решающих одну общую задачу.

Эффективность групповой деятельности зависит, кроме всего прочего, и от **совместимости** операторов. Под ней понимается такое проявление тех или иных свойств отдельных операторов, от которых зависит успешное выполнение групповой деятельности. Проблема совместимости может рассматриваться на различных уровнях: **физиологическом, психофизиологическом, социально-психологическом** и др.

На эффективность групповой деятельности определенное влияние оказывает возможность **общения** (в частности, речевого) операторов в процессе выполнения совместной работы. Информирование операторов о взаимных действиях повышает у них чувство уверенности, снижает эмоциональную напряженность. Особенно это важно в тех случаях, когда групповая деятельность носит опосредствованный характер.

Интегральной характеристикой эффективности взаимодействия операторов является **сработанность группы**. **Сработанность** — это эффект взаимодействия людей, который дает максимально возможную успешность в совместной деятельности при малых энергетических затратах на неё.

Тема 4.3. Факторы рабочей среды их влияние на работоспособность оператора

4.3.1. Классификация факторов

Важнейшим элементом рабочего места оператора является рабочая (производственная) среда, которая оказывает существенное влияние на функциональное состояние и работоспособность оператора. Все факторы рабочей среды можно разделить на две группы: физические и химические.

К физическим факторам относятся:

- метеорологические факторы или микроклимат рабочего помещения (температура, влажность, скорость движения воздуха);
- светотехнические факторы (освещенность и цветоритмы);
- бароакустические факторы (атмосферное давление, шумы);
- радиационные факторы (ионизирующие излучения);
- электромагнитные факторы (радиочастотные излучения);
- механические факторы (ускорения, вибрации, удары).

К химическим факторам относятся:

- естественный состав воздуха;
- временные примеси воздуха (газы, пары, аэрозоли).

По особенности влияния на состояние человека весь комплекс факторов можно разделить на две группы:

- факторы, вызывающие состояние мобилизации организма;
- факторы, ведущие к развитию динамического рассогласования организма.

Характер влияния на состояние оператора того или иного фактора определяется его природой, интенсивностью и временем действия.

Факторы рабочей среды могут оказывать как **прямое**, так и **косвенное влияние** на состояние и качество работы оператора. Например, прямое влияние шума заключается в создании помех при организации речевой связи между оператором и РЭС, а косвенное влияние заключается в снижении точности и скорости сенсомоторных реакций, в возникновении отрицательных эмоций (досада, раздражение).

4.3.2. Нормирование факторов

При проектировании СЧМ необходимо учитывать и нормировать все указанные группы факторов. Нормировка факторов даётся в соответствующей нормативной и справочной литературе.

С целью уменьшения неблагоприятного воздействия факторов производственной среды необходимо учитывать следующие положения:

- нормируемые производственные факторы при их обычном или комплексном воздействии не должны оказывать отрицательного влияния на здоровье человека в течение продолжительного времени его работы (года);

- допустимые параметры неблагоприятных факторов по длительности и интенсивности воздействия не должны вызывать в течение рабочего дня снижения надёжности и эффективности деятельности оператора.

При нормировании факторов производственной среды различают следующие четыре уровня (рис. 4.4):

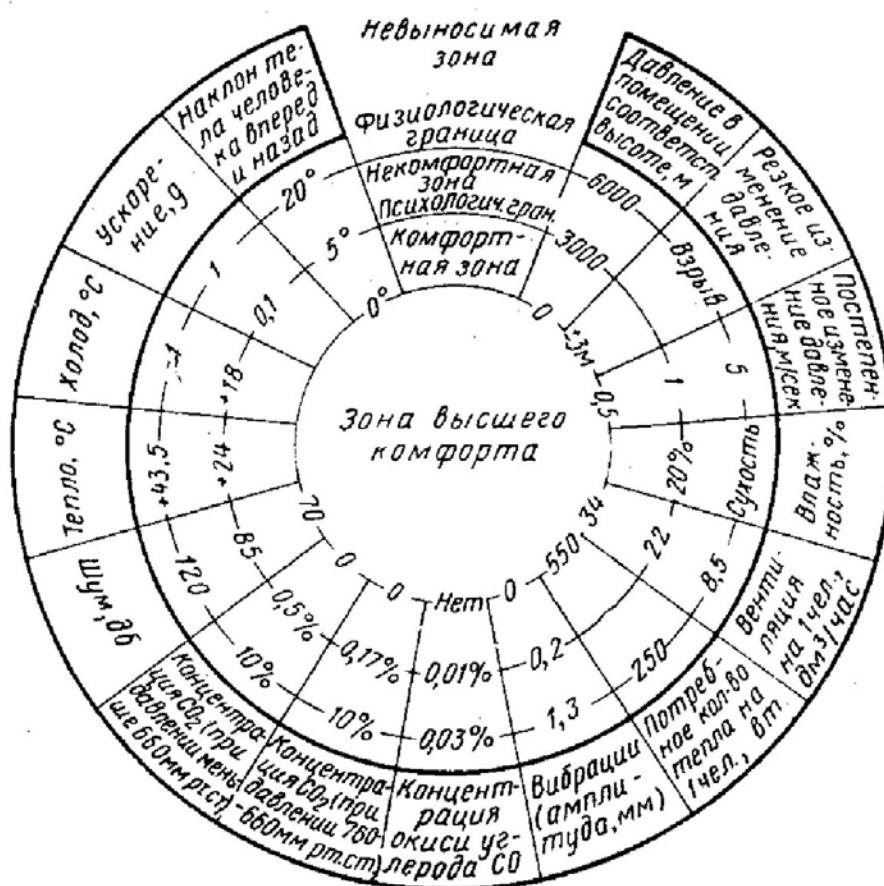


Рис. 4.4. Диаграмма зон комфорта

– **первый уровень** (зона высшего комфорта) определяет влияние параметров, оптимальных для работы человека. Это такой уровень факторов, который при неопределенно долгом воздействии не вызывает напряжения физиологической системы организма (жилище, институт);

– **второй уровень** (комфортная зона) представляет собой эксплуатационные нормы. Они предполагают определённое напряжение физиологической системы и рассчитываются на определённый срок пребывания человека в данных условиях (рабочая смена);

– **третий уровень** (некомфортная зона) представляет собой предельно-допустимые нормы. Они используются, когда предполагается эпизодическое пребывание человека в данных условиях и характер работы допускает временное снижение работоспособности;

– **четвёртый уровень** (невыносимая зона) определяет предельно-переносимые величины, при которых обеспечивается жизнь человека при минимальной трудовой деятельности. Этот уровень используется только для аварийных ситуаций.

4.3.3. Способы и методы защиты оператора

Способы защиты оператора от неблагоприятных факторов могут быть **активными** и **пассивными**. Способы активной защиты связаны с выявлением неблагоприятного фактора и его ликвидацией. Однако в ряде случаев активная защита может оказаться невозможной и заменяется пассивной. При этом источник изолируется от среды (рабочей зоны оператора).

Методы защиты могут быть **общими** и **индивидуальными**. В первом случае предусматривается защита всего помещения, в котором работает оператор (экранирование, кондиционирование). Во втором случае защита направлена непосредственно на обеспечение жизнедеятельности человека (защитная одежда, ушные заглушки).

4.3.4. Физические факторы рабочей среды и методы защиты от них

4.3.4.1. Метеорологические факторы

Высокая температура в сочетании с высокой влажностью приводит к увеличению времени сенсомоторных реакций, нарушению координации движения, увеличению числа ошибок. При высокой температуре уменьшается объем оперативной памяти, ухудшается протекание группировочных и счетных операций, иногда понижается внимание. Скорость движения воздуха влияет на теплоощущение за счёт обмена воздуха, а также оказывает чисто механическое воздействие. Механическое воздействие воздушного потока проявляется в создании распределённой нагрузки на разные участки тела человека. Расчёт воздухообмена выполняется по соответствующей методике.

Зона комфорта метеорологических характеристик является функцией температуры, влажности и скорости движения воздуха. При нулевой скорости воздуха функциональный комфорт обеспечивается при температуре 20°C и влажности 80%. При скорости воздуха 0,9 м/с и той же влажности температура может быть повышена до 25°C. Оптимальное значение температуры 18 – 20°C, влажности 30 – 60%. Обеспечение требуемых параметров метеорологических факторов производится созданием местного микроклимата (кондиционирование).

4.3.4.2. Светотехнические факторы

Результаты работы оператора зависят от уровня освещенности рабочего места. Для различных по характеру работ требуется освещённость от 50 до 1000 лк. Для нормальной работы операторов РЭС в помещении рекомендуются уровни освещённости 1000 лк при применении ламп накаливания и около 400 лк при применении люминесцентных ламп. При общем освещении местное освещение может быть уменьшено в 2 раза. Требуемый уровень освещённости зависит от характера работ, размеров и контраста объекта, фона, на котором ведутся работы, и вида используемых ламп (табл. 4.1).

Кроме освещённости на эффективность работы оператора влияет цвет окраски помещения и спектральная характеристика используемого цвета. Рекомендуется, чтобы потолок отражал 80 – 90%, стены 50 – 60%, пол 15 – 30%, падающего на них света.

Таблица 24.1. Нормы искусственного освещения

Характеристика работы	Размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность, лк			
				при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
				комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	Малый	Темный, светлый	3000	750	1500	300
		Средний	Темный, светлый	2000	750	1000	300
		Большой	Темный, светлый	1500 750	500 300	750 400	300 150
Высокой точности	0,1—0,3	Малый	Темный, светлый	2000	750	1000	300
		Средний	Темный, светлый	1000	400	500	150
		Большой	Темный, светлый	750 500	200 150	400 300	100 75
Точная	0,3—0,1	Малый	Темный, светлый	1000	300	500	150
		Средний	Темный, светлый	750	200	400	100
		Большой	Темный, светлый	500 400	150 150	300 200	75 50
Малой точности	1,10	Малый	Темный, светлый	150	150	150	50
		Средний	Темный, светлый	150 100	150 100	150 100	50 30
		Большой	Темный, светлый	100	100	100	30
Грубая	Более 10	Независимо от фона и контраста		100	100	100	30
Работы с самосветящимися предметами и материалами				150	150	—	50

Исходя из этого, для потолка выбирают белый, светло-кремовый, серый и желтые тона; для стен – жёлтый, салатовый, светло-голубой и серый тона; для пола – тёмно-серый, тёмно-красный, коричневые тона. Правильный выбор светотехнических факторов производится правильным выбором типов светильников и их местоположением, а также правильным выбором типов материалов и красок.

4.3.4.3. Бароакустические факторы

Акустические шумы влияют на психику и работоспособность оператора. Физиологическое воздействие шума проявляется в притуплении остроты зрения, замедлении различных реакций на внешние раздражители, ослаблении внимания, повышении кровяного давления. Максимальный уровень шума не должен превышать 40 – 45 дБ в лабораторных помещениях, 80 – 90 дБ в производственных помещениях и 120 – 130 дБ при воздействии в течение 1–2 мин. Для сведения:

- 0 дБ или $2 \cdot 10^{-5}$ Па – порог слышимости;
- 80 дБ или $2 \cdot 10^{-1}$ Па – шум заметен;
- 100 дБ или 2 Па – шум мешает;
- 110 дБ или 6,3 Па – разговор невозможен;
- 130 дБ или 63 Па – болевые ощущения.

Допустимые уровни шума зависят от частоты и времени воздействия (рис. 4.5).

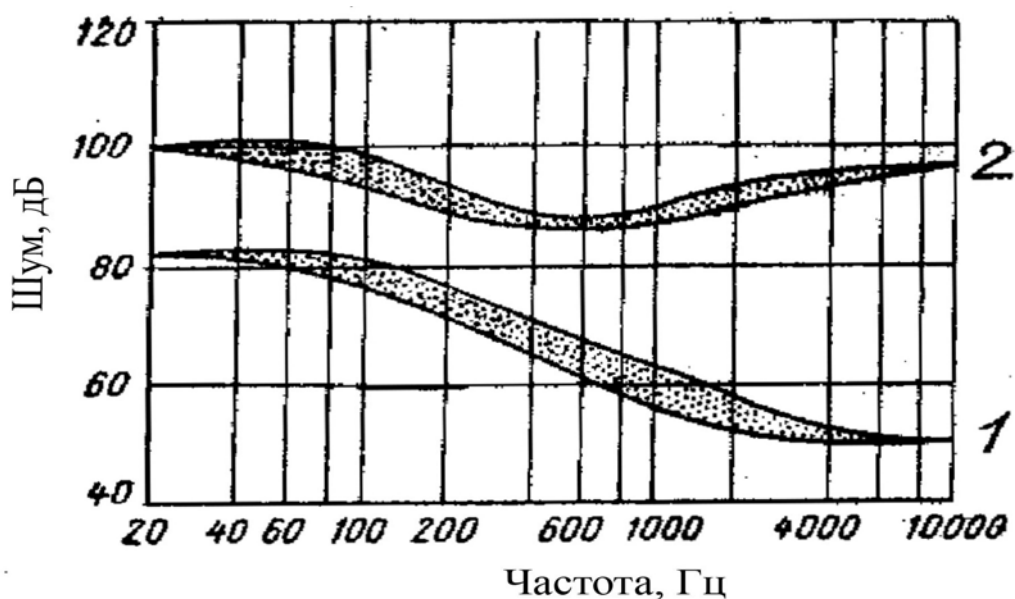


Рис. 4.5. Максимальные интенсивности шума:
 1 – в комфортных условиях;
 2 – при шестичасовом воздействии

Атмосферное давление влияет на общее самочувствие человека (изменение давления перед грозой). Нормальное атмосферное давление 760 мм рт. ст. ($1,01325 \cdot 10^5$ Па).

Методами борьбы с шумом являются:

- устранение или ослабление шума в самом источнике;
- изоляция источника шума от окружающей среды;
- применение индивидуальных средств защиты (заглушки ушные – ослабление от 15 до 40дБ).

4.3.4.4. Радиационные факторы

Радиация вызывает необратимые изменения в организме. Наиболее опасным из радиационных излучений являются тепловые нейтроны, быстрые нейтроны, α -частицы (внутри организма), протоны. Рентгеновские лучи, γ -лучи, β -частицы менее опасны (примерно в 100 раз). Рентгеновское излучение возникает при работе электронно-лучевых трубок: мягкое при напряжённости на электродах 15 – 30 кВ и жёсткое при напряжённостях 30 – 125 кВ. По принятым нормам суммарное облучение на человека в неделю не должно превышать 0,1 бэр (биологический эквивалент рентгена).

Меры защиты от радиационных факторов – использование ослабляющих и защитных материалов (α -излучение – фольга, бумага, одежда толщиной 0,4 мм; β -излучение – свинец – 1,4 мм, алюминий – 5,3 мм; γ -излучение – свинец – 8 мм, вода – 200 мм – ослабление в 2 раза.) (рис. 4.6).

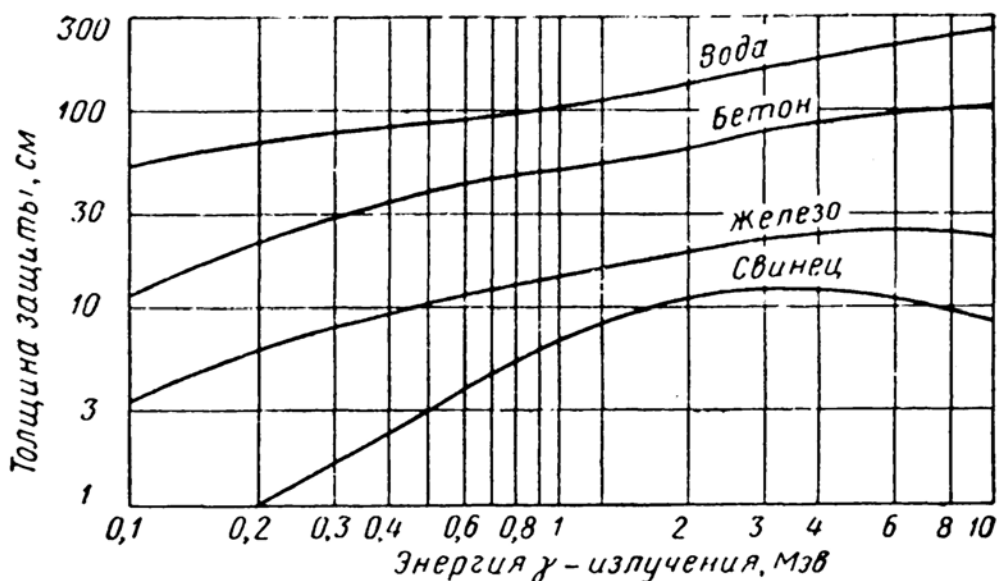


Рис. 4.6. Толщина экранов для 100-кратного ослабления излучений

4.3.4.5. Электромагнитные факторы

Электромагнитные поля и поля сверх высоких частот (СВЧ излучения) при воздействии на человека вызывают функциональные сдвиги в организме: быструю утомляемость, головные боли, нарушение сна, раздражительность, утомление зрения и др. Воздействие СВЧ излучений тем сильнее, чем выше частота и мощность. При плотности полей СВЧ порядка десятых – сотых долей Вт/см² возникают явления общего и местного нагревов, вызывающие повышение температуры тела. Если размеры органов тела соизмеримы с длиной волны излучения, то в них могут возникнуть стоячие волны и местные перегревы. Значительные потоки СВЧ излучения опасны даже при кратковременном воздействии. Кроме перегревов они вызывают ряд химических изменений в клетках, квантово-биологические эффекты и влияют на психику оператора. Уровень электромагнитных полей в диапазоне до 300 МГц определяется величиной напряжённости электромагнитного и магнитного полей, а в СВЧ диапазоне от 300 до 300 000 МГц – плотностью электромагнитного потока.

Предельно-допустимые уровни электромагнитных полей до 300 МГц по электромагнитной составляющей – 5В/м, магнитной составляющей – 5А/м. В СВЧ диапазоне – 0,01Вт/см². Указанные уровни допускают работу человека в течение всего рабочего дня.

В качестве средств защиты от воздействия электромагнитных полей используются экранирующие щиты, сетки, поглощающие экраны, эквиваленты СВЧ антенн (поглотители излучаемой мощности). К индивидуальным средствам защиты относятся защитные очки, шлемы, специальная одежда.

4.3.4.6. Механические факторы

Основным из механических факторов рабочей среды являются вибрации, представляющие собой колебания упругих тел с определённой частотой. При вибрациях понижается острота зрения, нарушается восприятие глубины пространства. Вибрации приводят к появлению головной боли, головокружению, атрофии мышц нижних и верхних конечностей. Характер воздействия вибраций на человека зависит от частоты, амплитуды и скорости (**рис. 4.7**). Наиболее неблагоприятное воздействие на человека производят вибрации с большой частотой и малой амплитудой. Их воздействие на организм человека приводит к появлению утомления,

напряжения зрительной системы. На низких частотах опасны вибрации с частотами 6–8 Гц, совпадающие с собственными частотами колебаний частей и внутренних органов тела человека.

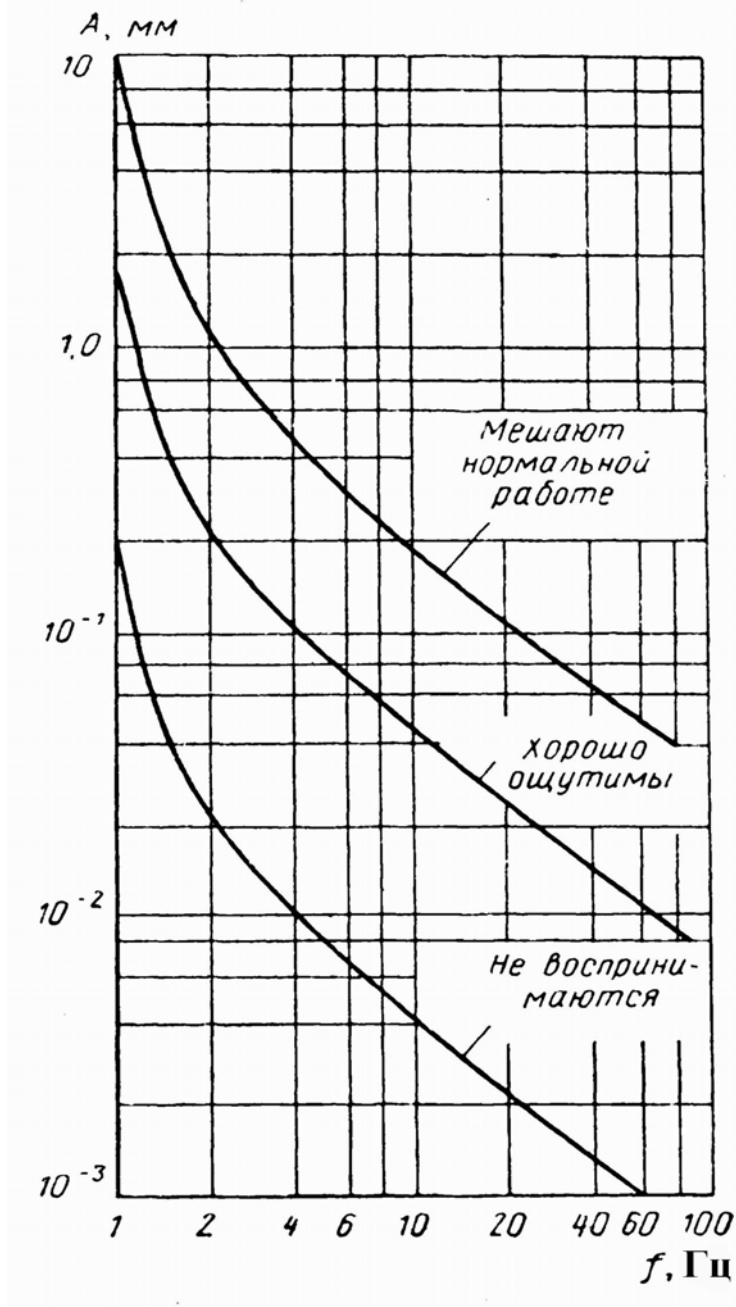


Рис. 4.7. Характер воздействия вибраций при изменении амплитуды (A) и частоты (f)

Перегрузки, действующие на тело человека, приводят к понижению остроты зрения ($2g$), затруднённости широких движений ($4g$), затруднённости дыхания ($8g$).

Основные меры устранения или уменьшения вибраций сводятся к оснащению оборудования виброгасящими устройствами.

4.3.5. Химические факторы рабочей среды и методы защиты от них

На жизнедеятельность и работоспособность человека большое влияние оказывает газовый состав воздуха. Здесь рассматриваются две группы факторов:

- изменение обычного состава воздуха (кислорода, углекислого газа);
- посторонние добавки к воздуху в результате работы техники.

Благоприятными условиями газового состава воздуха считается содержание кислорода 20%, углекислого газа 1%. Снижение работоспособности наступает при содержании кислорода 18 – 19% и углекислого газа 2%, а 16% кислорода и 3% углекислого газа являются недопустимыми пределами.

Посторонние примеси в воздухе возникают при работе двигателей, испарений различных жидкостей и т.п. Наиболее постоянным компонентом всех примесей является окись углерода. Она приводит к появлению головной боли, головокружению, вялости, нарушению координации движения, тошноте, одышке, сердцебиению, снижению внимания и памяти, точности движений и темпа выполнения координированных движений.

Изменения подобного рода возникают, если концентрация в воздухе вредных примесей достигает 0,03 мг/л при длительном пребывании человека и 1,5 мг/л – при кратковременном (в комфортных условиях). Предельно-допустимыми концентрациями химических веществ считаются такие, которые при ежедневной работе не вызывают у работающего заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Такими концентрациями считаются для аммиака 20 мг/м³, анилина – 3 мг/м³, ацетона – 200 мг/м³, бензола – 5 мг/м³, бензина – 100 мг/м³, серной кислоты – 1 мг/м³.

Мерами защиты от ядовитых веществ являются:

- герметизация помещений и оборудования;
- применение вытяжной или регенерационной вентиляции;
- применение специальных плёнок на поверхности испаряющихся жидкостей и др.

В заключение следует отметить, что на человека-оператора обычно действует не один фактор (химический или физический), а целый их комплекс. При этом суммарный эффект от воздействия комплекса факторов на состояние и качество работы оператора значительно выше, чем сумма эффектов воздействия отдельных факторов.

Например, у лиц, работа которых протекает на фоне шума в среде с повышенной температурой, чаще наблюдается развитие гипертонической болезни и снижение точности работы, чем у работающих при таком же шуме без высоких температур.

Тема 4.4. 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. 4.8).

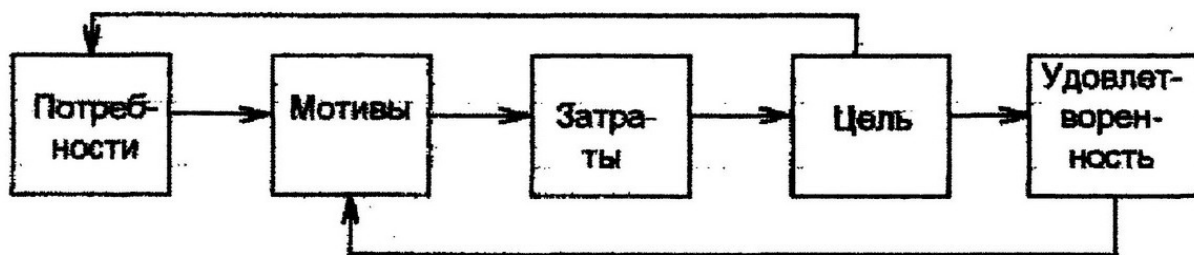


Рис. 4.8. Связь между потребностью, мотивом и целью

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 праксические состояния (табл. 4.2).

Таблица 4.2. 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, технологический 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 подтверждает возможность возникновения шести только отрицательных состояний (табл. 4.3).

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**.

Таблица 4.3. 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

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.

Тема 4.5. Контроль состояния оператора

4.5.1. Классификация видов и методов контроля

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 показаний, 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.4.9).



Рис. 4.9. Классификация видов и методов контроля состояния оператора

В зависимости от поставленных целей контроль состояния оператора может быть исследовательским, констатирующим и прогнозирующим.

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 **искусственными** и методы с **естественными сигналами**.

В первом случае оператору дается специальное тестовое воздействие. Примером метода с искусственными сигналами являются многие психологические тесты.

Во втором случае состояние оператора определяют в ходе выполнения им основной деятельности.

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 напряженности 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.

Из рассмотренной классификации видов контроля видно, что каждый из них обладает определенными достоинствами и недостатками. Некоторые рекомендации по выбору методов контроля приводятся в **табл. 4.4**.

Таблица 4.4. Рекомендации по выбору методов контроля состояния оператора

Вид контроля	Показатель контроля	Рекомендуемые методы контроля	
		способ воздействия	способ получения сигналов
Исследовательский	Любой	Любой	Любой
Констатирующий	Физиологический Психологический	Искусственный	Любой
Прогнозирующий	Психологический	Естественный	Бесконтактный

4.5.2. Способы определения допустимых отклонений контролируемых показателей 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 σ_i этих показателей. Допустимыми в процессе работы считаются те из них, значения которых лежат в интервале $M_i \pm 2\sigma_i$. /Рис 22-03/

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.

4.5.3. 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).

4.5.4. 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 составной частью более общей системы психологической поддержки оператора.

Литература

1. Основы инженерной психологии /Под ред. Б. Ф. Ломова.–М.: Высш. школа, 1986. –448с.
2. Справочник по инженерной психологии /Под ред. Б. Ф. Ломова. –М.: Машиностроение, 1982. –368с.
3. Эргономика /Под ред. В. В. Адамчука.–М.: ЮНИТИ, 1999. – 254с.
4. Эргономика /Под ред. А. А. Крылова и Г. В. Суходольского.–Л.: Изд-во Ленинского университета, 1988. –184с.