

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

**И. Г. Шупейко**

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА  
ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРТИЗЫ**

*Рекомендовано УМО вузов Республики Беларусь  
по образованию в области информатики и радиоэлектроники  
в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений,  
обеспечивающих получение высшего образования по специальности  
«Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий»*

Минск БГУИР 2010

УДК 159.9(076)  
ББК 88.4я73  
Ш96

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра юридической психологии Минского института управления  
(заведующий кафедрой, кандидат психологических наук,  
доцент И. Т. Кавецкий);

ведущий научный сотрудник Государственного научного учреждения  
«Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси»,  
доктор психологических наук Г. В. Лосик

**Шупейко, И. Г.**

Ш96 Теория и практика инженерно-психологического проектирования и  
экспертизы : учеб.-метод. пособие / И. Г. Шупейко. – Минск : БГУИР,  
2010. – 120 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-511-7.

Содержит описание лабораторных работ, в которых изучаются методы инженерной психологии и процессы информационного взаимодействия в системах «человек – машина», а также методики инженерно-психологического анализа и проектирования средств информационного взаимодействия и рабочих мест операторов.

**УДК 159.9(076)**  
**ББК 88.4я73**

**ISBN 978-985-488-511-7**

© Шупейко И. Г., 2010  
© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиозлектроники», 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

1. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ.....	5
1.1. Обсервационные методы.....	5
1.2. Опросные методы.....	12
1.3. Психологическое тестирование .....	16
1.4. Экспериментальные методы .....	24
1.5. Методы описания и анализа деятельности человека-оператора.....	39
2. ПРОЦЕССЫ ВОСПРИЯТИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».....	49
2.1. Исследование сенсомоторной реакции человека-оператора .....	49
2.2. Исследование реакции человека-оператора на формализованные сигналы .....	52
2.3. Исследование оперативной памяти человека-оператора .....	57
2.4. Исследование процессов восприятия человеком-оператором знаковой информации .....	62
2.5. Исследование времени информационного поиска .....	65
2.6. Исследование влияния способов выделения информации на процесс ее считывания с экрана дисплея .....	69
2.7. Сравнительная оценка переработки человеком-оператором наглядной визуальной информации в зависимости от системы отсчета .....	71
2.8. Сравнительная оценка переработки человеком-оператором наглядной визуальной информации в зависимости от числа параметров.....	75
2.9. Изучение процесса обнаружения человеком-оператором визуального сигнала на фоне стационарных помех.....	78
2.10. Исследование влияния количества объектов на эффективность деятельности диспетчера .....	81
2.11. Исследование динамики стратегий решения оперативных задач в процессе обучения .....	84
3. ИНЖЕНЕРНО – ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».....	87
3.1. Инженерно-психологическое проектирование средств информационного взаимодействия для систем «человек – машина» .....	87
3.1.1. Общие вопросы инженерно-психологического проектирования .....	87
3.1.2. Выявление полного объема и состава задач контроля и управления.....	89
3.1.3. Определение необходимого и достаточного объема и состава информации о состоянии управляемого объекта для решения всех задач контроля и управления .....	93
3.1.4. Разработка и запись алгоритмов контроля сложных событий ...	95

3.1.5. Разработка алгоритмов управления .....	96
3.1.6. Выбор средств отображения информации .....	97
3.1.7. Выбор органов управления .....	97
3.1.8. Проектирование рабочего места человека-оператора .....	98
3.2. Инженерно-психологический анализ технических элементов пользовательского интерфейса систем «человек – машина» .....	98
3.2.1. Общие методические указания по проведению инженерно-психологического анализа панели управления .....	99
3.2.2. Подготовка и анализ исходных данных .....	102
3.2.3. Определение размеров панели управления .....	103
3.2.4. Определение размеров компонентов панели управления .....	105
3.2.5. Расчет светотехнических характеристик элементов панели управления .....	106
3.2.6. Определение эргономических характеристик органов управления .....	109
Приложение 1. Зоны досягаемости рук оператора до ПУ .....	112
Приложение 2. Требования к надписям на ПУ .....	113
Приложение 3. Нормы освещенности поверхности ПУ .....	114
Приложение 4. Коэффициенты отражения поверхностей .....	115
Приложение 5. Характеристики индикаторов .....	116
Приложение 6. Характеристики органов управления .....	117
Литература .....	119



# 1. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

## 1.1. ОБСЕРВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

*Цель работы:* изучить виды, особенности и условия применения наблюдательных методов инженерно-психологического исследования; сформировать навыки в подготовке, организации и проведении наблюдения.

### 1.1.1. Теоретические сведения

Методы, используемые в инженерной психологии, в зависимости от исходных областей знаний, являющихся ее источником, условно делят на психологические, физиологические, математические и кибернетические (имитационные). В свою очередь психологические методы классифицируют по целям и способам исследования.

**По целям** эти методы делят на три основные группы.

*Методы научного исследования.* С их помощью исследуются психологические закономерности человеческого поведения (операторская деятельность) и разрабатываются научно обоснованные рекомендации для научных и практических работников, занимающихся учетом человеческого фактора в технике.

*Методы психологического воздействия на личность.* Эти методы являются наиболее значимыми для юридической и социальной психологии, психологии управления, спорта и т. п. Для инженерной психологии они не столь характерны, однако их не следует сбрасывать со счетов при решении задач организации групповой деятельности операторов, управления производственными коллективами, управления состоянием оператора.

*Методы инженерно-психологической экспертизы (оценки).* Эти методы применяются по двум основным направлениям: экспертиза того или иного поступка оператора (например при расследовании причин происхождения аварийной ситуации) и инженерно-психологическая экспертиза (оценка) техники.

**По способам исследования** их можно разделить на следующие виды: наблюдательные (*наблюдение, самонаблюдение, психологический портрет*), опросные (*беседа, опрос, анкетирование, интервью*), психодиагностические (*прежде всего, психологическое тестирование*), праксиметрические (*анализ продуктов и результатов деятельности, различного рода документов*), биографический и анамнестический методы, эксперимент в различных его видах, моделирование деятельности оператора.

Основная цель применения этих методов в инженерной психологии – выявление и анализ психологических факторов, обеспечивающих оптимизацию деятельности оператора. Эта цель достигается решением следующих задач: анализ психологической структуры деятельности и взаимосвязи её элементов, исследование закономерностей регуляции деятельности, анализ способов внутреннего контроля за ходом ее выполнения, изучение процессов форми-

рования деятельности; анализ влияния на качество деятельности различных внешних факторов, формирующих условия деятельности, и внутренних факторов, характеризующих способы ее выполнения; предъявление психологических требований к техническим средствам деятельности оператора.

К наблюдению относятся такие эмпирические методы психологического исследования, как наблюдение и самонаблюдение (его разновидность), являющиеся фундаментальными методами психологии.

Наблюдением называется целенаправленное, преднамеренное, специально организованное восприятие и регистрация поведения объекта.

Наблюдение, будучи одним из научных методов психологии вообще и инженерной психологии в частности, как специальная организация непосредственного познания обладает следующими характерными признаками.

1. Должны быть осознаны и четко сформулированы задачи наблюдения.

2. Должна быть разработана программа наблюдения и определены единицы наблюдения. Под единицами наблюдения понимаются те целостности, которые доступны непосредственному познанию и могут быть зафиксированы тем или иным способом (в форме протокола, технической записи или специального измерения).

3. Поскольку поведение человека, проявления его психики искажаются, когда он осознает, что является объектом наблюдения, важно «замаскировать» наблюдение деловыми отношениями.

4. Очень важно, чтобы исследователь, использующий данные наблюдения, четко различал (хотя бы мысленно), с одной стороны, фиксируемые факты и события и, с другой стороны, их истолкование и оценку. Поэтому в протоколе научного наблюдения должны фиксироваться именно голые факты, а не их интерпретация, которая может быть сделана и после самого процесса наблюдения [12].

В ходе наблюдения исследователь целенаправленно и планомерно воспринимает и фиксирует многообразные проявления трудовой деятельности и условия ее протекания. При этом он не вмешивается ни в естественный ход исследуемой деятельности, ни в условия ее протекания.

Организация наблюдения предполагает:

- определение цели и задач наблюдения;
- выбор объекта, предмета и ситуации наблюдения;
- выбор способов наблюдения, наименее влияющих на поведение оператора и обеспечивающих сбор необходимой информации;
- выбор способа регистрации наблюдаемого явления;
- обработку и интерпретацию полученной информации [12].

С помощью наблюдения можно получить сведения о следующих аспектах деятельности оператора:

- каналы поступления информации и ее характеристики (модальность сигналов, их кодирование и помехи);
- способы ввода «управляющих воздействий»;
- особенности управляющих воздействий, их силовые характеристики, периодичность и др.);

- загрузка анализаторов, их взаимодействие, ведущий анализатор;
- степень нервно-психической и эмоциональной напряженности (оценивается по поведению обследуемого, его эмоциональным реакциям);
- внешние условия (наличие факторов, нарушающих нормативные условия деятельности).

**В зависимости от характера организации наблюдения** различают наблюдение *случайное* и *систематическое*.

*Случайное наблюдение* не имеет в своей основе специального намерения и определяется случайным стечением обстоятельств, когда какие-то особенности деятельности привлекают произвольное внимание оператора или другого человека.

*Систематическое наблюдение* входит в непосредственный замысел исследователя. Оно имеет определенную цель, разработанный план, методику фиксирования данных наблюдения.

В каждом из перечисленных видов наблюдения можно выделить и **различные формы в зависимости от того, кто является наблюдателем** – само действующее лицо или другой человек. Тогда говорят о *внутреннем (субъективном)* и *внешнем (объективном)* наблюдениях. В инженерной психологии применяются оба вида, но преимущество отдается объективному наблюдению. Данные самонаблюдения только дополняют его, а чаще всего становятся предметом самостоятельного анализа.

**С точки зрения полноты** различают *сплошное* и *выборочное* наблюдения. При сплошном наблюдении исследователь фиксирует все особенности поведения, доступные для максимально подробного наблюдения. При выборочном наблюдении внимание обращается лишь на определенные параметры поведения или типы поведенческих актов.

**В зависимости от позиции наблюдателя** различают *включенное* наблюдение, когда наблюдатель становится членом трудового коллектива, и *не включенное*, которое ведется человеком, не являющимся членом исследуемой группы.

Различают два варианта включенного наблюдения:

- 1) наблюдаемые знают о том, что их поведение фиксируется исследователем (например, при изучении динамики поведения в изолированной группе – экипаже космического корабля, подводной лодки и т. п.);
- 2) наблюдаемые не знают, что их поведение фиксируется.

Последний вид наблюдения наиболее предпочтителен, поскольку присутствие наблюдателя может существенно повлиять на деятельность обследуемых операторов.

Наблюдение может проводиться *непосредственно* либо *с использованием наблюдательных приборов и средств фиксации результатов* (аудио-, фото- и видеоаппаратура, телевизионные установки и т. д.).

Фиксация результатов может производиться *непосредственно в процессе наблюдения* или *по прошествии времени*. В первом случае наблюдатель

вынужден отвлекаться от процесса наблюдения для фиксации результатов, во втором случае возрастает их зависимость от памяти наблюдателя, страдает полнота и надежность регистрации поведения, а следовательно, и достоверность полученных результатов. Поэтому иногда наблюдение могут вести одновременно несколько человек, это существенно повышает достоверность такого метода.

Наконец, наблюдение может проводиться *по неформализованной или формализованной методике*. Отличительной особенностью неформализованного наблюдения является то, что, имея цель, наблюдатель фиксирует в соответствии с ней все, что видит в наблюдаемой ситуации. Никаких ограничений относительно объекта или ситуации не вводится. Методика неформализованного наблюдения представляет собой дневник, где в соответствии с целью исследования указываются ситуации, в которых было проведено наблюдение, место, время и само содержание наблюдаемого.

Методики формализованного наблюдения существенно корректируют те недостатки, которые присущи наблюдению вообще. Здесь появляется возможность более четкого и полного сопоставления результатов различных наблюдений, исключается отрицательное влияние наблюдателя (его субъективность), может быть достигнуто единство качественного и количественного анализа полученных фактов, а также установлены не только сами факты, но и их причины. В связи с этим наблюдение при проведении инженерно-психологических исследований носит, как правило, формализованный характер (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация видов наблюдения

Классификационный признак	Виды наблюдения
Систематичность	Систематическое Случайное
Наблюдатель	Внешнее Внутреннее (самонаблюдение)
Позиция наблюдателя	Включенное Не включенное
Полнота	Сплошное Выборочное
Форма записи	Непосредственное По прошествии времени С использованием приборов и средств фиксации
Методика наблюдения	Формализованное Неформализованное

Специфическим видом наблюдения является так называемое *спровоцированное наблюдение*. При его проведении в изучаемую ситуацию как бы случайно вводится некоторое усложняющее обстоятельство и в это время изучается поведение (реакция) испытуемого.

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

В процессе наблюдения могут производиться также замеры физиологических показателей человека. Проведение замеров позволяет повысить объективность наблюдения.

Эффективность наблюдения зависит от правильного сочетания всех его видов и форм, их организаций и характера методов, используемых для фиксации результатов наблюдения.

Для успешного наблюдения важно обеспечить применение различных методов регистрации наблюдаемых явлений. К числу таких методов относятся:

- хронометраж;
- протокольная запись;
- алгоритмическое описание деятельности;
- видео- и фотосъемка;
- магнитофонные записи специальных бесед или словесных реакций по ходу выполнения действий и др.

Каждое исследование характеризуется своим особым соотношением используемых методов, их формой, отвечающей конкретным задачам.

Объектом наблюдения может быть не только процесс труда, но и его субъект (работающий человек). Поэтому в ряде случаев на основе данных наблюдения за поведением человека в различных ситуациях составляется психологическое описание поведения человека – его «поведенческий портрет». Как правило, для более полного представления об изучаемой личности эти данные дополняются сведениями, получаемыми с помощью других приемов и методов (беседы, изучения биографии и анамнеза и др.). Построение поведенческого портрета является реализацией личностного подхода при изучении деятельности оператора.

К основным параметрам поведенческого портрета относятся, прежде всего, отдельные особенности внешнего вида субъекта, имеющие значение для характеристики наблюдаемого человека. К этим особенностям относятся:

- пантомимика (особенности походки, осанка, жестикация, общая скованность);
- мимика (общее выражения лица, сдержанность, выразительность);
- речевое поведение (молчаливость или разговорчивость, многословность или лаконизм, стилистические особенности, содержание и культура речи, интонационное богатство, темп речи);
- поведение по отношению к другим людям;

- наличие противоречий в поведении, демонстрация различных, противоположных по смыслу способов поведения в однотипных ситуациях;
- поведенческие проявления отношения к самому себе: к своей внешности, недостаткам, возможностям, личным вещам;
- поведение в психологически значимых ситуациях (выполнение задания, конфликт);
- поведение в основной деятельности (работе);
- примеры характерных индивидуальных вербальных штампов, а также высказываний, характеризующих кругозор, интересы, личный опыт.

Освоение инженерными психологами методики «поведенческий портрет» позволяет создать более полное представление о конкретном человеке, оценить его психическое состояние, характер, социальный статус. Известно, что человек с целью маскировки может менять свою внешность, но значительное количество поведенческих особенностей, ставших автоматизмами, т. е. управляемых на уровне бессознательного, изменить трудно или даже невозможно. Поэтому данные психологического поведенческого портрета являются важным фактором при реализации личностного подхода в инженерной психологии, при психодиагностике личностных свойств наблюдаемого оператора.

Наблюдение условно можно отнести к «пассивным» методам психологического исследования, когда исследователь имеет дело с конкретной ситуацией трудовой деятельности, которая сложилась в настоящее время, не имея возможности как-то изменить ее. Поэтому здесь весьма важно исключить субъективные ошибки наблюдателя. При этом искажение восприятия ситуации тем больше, чем сильнее наблюдатель стремится подтвердить свою гипотезу. Кроме того, наблюдатель устает, адаптируется к ситуации, перестает замечать важные изменения, делает ошибки при записях и т. п.

При организации и проведении наблюдения возможны следующие типичные ошибки:

- 1) гало-эффект (тенденция исследователя преувеличивать значение одного из параметров ситуаций и распространять его оценку на другие параметры ситуации);
- 2) эффект снисхождения (тенденция всегда давать положительную оценку происходящему);
- 3) ошибка центральной тенденции (наблюдатель стремится давать усредненную оценку наблюдаемому явлению);
- 4) ошибка корреляции (оценка одного признака поведения дается на основании другого наблюдаемого признака; например интеллект оценивается по беглости речи);
- 5) ошибки контраста (склонность наблюдателя выделять у наблюдаемого черты, противоположные собственным);
- 6) ошибка первого впечатления (первое впечатление об индивиде определяет восприятие и оценку его дальнейшего поведения).

### **1.1.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Получить у преподавателя задание на работу (тип и характеристики системы «человек – машина» (СЧМ)).
3. Определить и сформулировать задачи наблюдения.
4. Разработать программу проведения наблюдения и определить единицы наблюдения.
5. Разработать форму документов, необходимых для регистрации результатов наблюдения (протокол наблюдения, таблицы и т. д.).
6. Провести наблюдение работы человека-оператора в заданной СЧМ (в качестве оператора выступает один из студентов группы).
7. Сделать выводы на основании полученных результатов.
8. Оформить результаты наблюдения.
9. Оформить отчет о выполнении работы.

### **1.1.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание порядка проведения работы;
- полученные результаты и их анализ;
- выводы по работе.

### **1.1.4. Контрольные вопросы**

1. Какие группы методов применяются в инженерно-психологических исследованиях?
2. Каковы основные цели психологических методов, применяемых в инженерной психологии?
3. Какие методы входят в группу наблюдательных методов исследования?
4. Каким основным требованиям должна отвечать организация наблюдения?
5. Какие типичные ошибки бывают при проведении наблюдения?
6. Какие особенности человека и его поведения принимаются во внимание при составлении его «психологического портрета»?
7. Какие документы оформляются по результатам наблюдения?
8. Что может быть выявлено в результате наблюдения за работой оператора СЧМ?

## 1.2. ОПРОСНЫЕ МЕТОДЫ

*Цель работы:* изучить виды, особенности и условия применения опросных методов инженерно-психологического исследования; сформировать навыки в подготовке, организации и проведении опроса.

### 1.2.1. Теоретические сведения

Так же, как и наблюдение, опросные методы одни из первых стали широко применяться в инженерно-психологических исследованиях. Эти методы можно использовать при изучении операторской деятельности и условий ее протекания. Они просты, дешевы, доступны для исследователей, чем и объясняется их непреходящая популярность.

Опрос представляет собой метод психологического исследования, заключающийся в сборе информации, полученной в виде ответов на поставленные вопросы. Методы опроса применяются в следующих случаях:

- когда фактор, который нужно учесть, плохо поддается внешнему контролю (например, содержание мотивов, отношений и др.);
- когда изучаемый фактор легко выделяют операторы, но для его тщательного учета в наблюдении или эксперименте требуется длительное или сложное исследование (причины аварии, отношения в коллективе и т. п.);
- когда другие методы не дают достаточной информации (например при профессиональном отборе).

При использовании опросных методов (их классификация приведена на рис. 1.1) большое значение имеет характер вопросов, их формулировка и направленность. В связи с этим можно сформулировать общие требования к вопросам:

- 1) каждый вопрос должен быть логически завершенным;
- 2) следует избегать малораспространенных иностранных слов, специальных терминов и слов с двойным значением;
- 3) нельзя задавать слишком длинных вопросов;
- 4) каждый вопрос должен быть как можно более конкретным;
- 5) следует или указывать все возможные варианты ответов, или не давать ни одного;
- 6) нужно предлагать опрашиваемому такие варианты ответов, каждый из которых может быть приемлем в равной степени;
- 7) следует остерегаться употребления слов, которые сами по себе могут вызвать негативное отношение опрашиваемого;
- 8) вопрос не должен иметь внушающего характера [12].



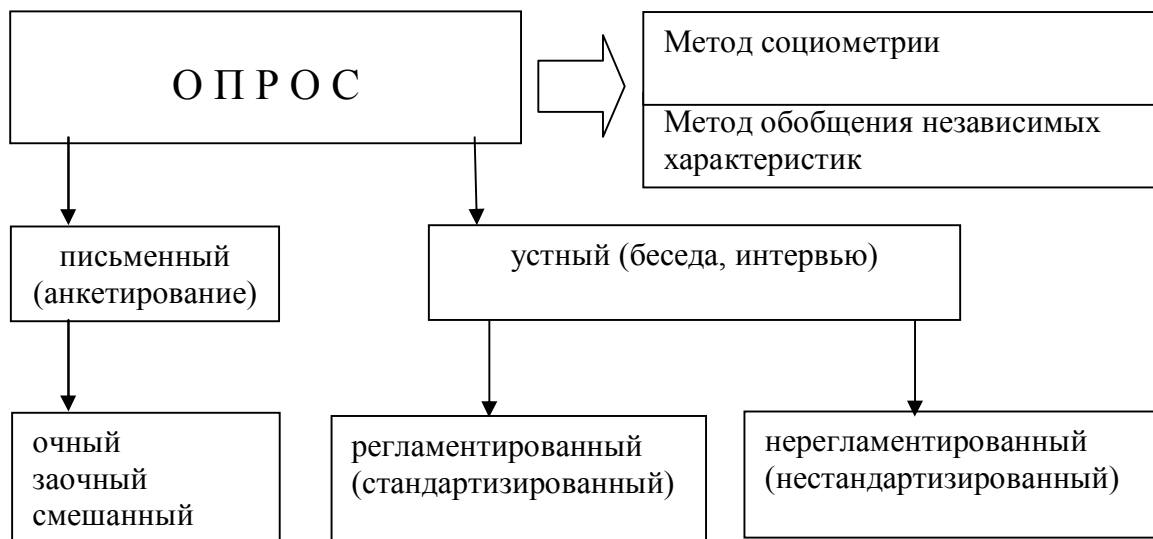


Рис. 1.1. Классификация опросных методов, применяемых в психологии

Кроме того, нужно учитывать, что наличие наводящих вопросов часто предопределяет характер ответов и делает их недостоверными. Не следует задавать вопросов, непонятных опрашиваемому.

Вопросы обычно объединяются в опросники, которые составляются в каждом конкретном случае заново, с учетом специфики изучаемой профессии и цели опроса. Прежде чем составлять опросники, исследователь должен некоторое время понаблюдать за работающими или же сам освоить основные трудовые операции.

Опросники должны составляться в зависимости от целей и задач исследования. Так, при реконструкции рабочего места или оценке удобств работы оператора задаются вопросы относительно параметров рабочего места, а также вопросы, отражающие взаимодействие человека с элементами рабочего места.

Если же опросник составляется для профессионального отбора, подбираются вопросы, направленные на выявление профессионально важных качеств.

Данные опроса обрабатываются статистическими методами. Результаты обработки представляются в виде описания, причем разграничиваются данные собственных наблюдений и субъективные мнения опрашиваемых. Кроме того, описываемый материал необходимо подтвердить данными в виде таблиц и графиков.

В таблицах следует представить процентное соотношение того или иного показателя по всем испытуемым (табл. 1.2). Анализ данных такой таблицы позволяет принять обоснованное решение по совершенствованию конструкции рабочего места.

Эффективность опроса во многом зависит от уровня образования и профессионального опыта испытуемых. Поэтому в необходимых случаях для проведения опроса привлекаются опытные эксперты, обладающие необходимой профессиональной квалификацией.

Для получения достоверных сведений в ходе опроса обязательно нужно убедить опрашиваемого, что сообщаемые им сведения не будут использованы во вред ему или его коллегам, что целью анализа не является повышение норм труда или темпа работы. Поэтому во всех случаях применения опросных методов необходимо давать предварительные разъяснения, понятные опрашиваемым и мотивирующие их к искренним ответам.

В зависимости от цели исследования, круга лиц, которых нужно опросить, лимита времени и технических возможностей опрос может проходить в форме устной беседы (интервью) или письменно с помощью анкет. Для этих двух основных разновидностей опроса характерны все особенности и требования, рассмотренные выше. Вместе с тем, они обладают и специфическими особенностями.

Анкетирование может проводиться по двум основным типам: *свободного ответа* и *выбранного ответа*. В первом случае ответ пишется в произвольной форме, во втором – нужно отметить один из заранее обусловленных ответов. Простейший случай выбранного ответа – «да» или «нет».

Таблица 1.2

Результаты опроса для оценки удобства рабочего места

Вопросы	Ответы, %		
	да	нет	не знаю
1. Устраивают ли вас размеры рабочего места: высота, глубина, ширина?	80,0	17,5	2,5
2. Устраивают ли вас размеры табурета?	84,2	15,8	–
3. Нужна ли спинка стула?	25,0	65,0	10,0
4. Нужно ли вращение сиденья?	87,0	13,0	–
5. Нужны ли подлокотники?	2,5	95,0	2,5
6. Нужна ли опора для ног?	66,7	30,8	2,5
7. Применяете ли вы подставку для ног?	38,0	62,0	–

Анкеты первого типа не сковывают инициативы опрашиваемого, но требуют большого времени для заполнения и обработки результатов и не гарантируют точного ответа.

Анкеты второго типа удобнее обрабатывать, они быстрее заполняются, но ограничивают возможность ответов, не предусмотренных экспериментатором.

Анкетирование может проводиться как очно, так и заочно. В зависимости от числа опрашиваемых оно может быть индивидуальным или групповым. Основными достоинствами анкетирования являются сравнительная экономичность, возможность охвата больших групп исследуемых, примени-

мость к различным профессиям, хорошая формализация результатов, малые затраты времени.

От анкет следует отличать программы *бесед* или *интервью*, относящиеся к разновидностям *устного опроса*.

*Беседа* предусматривает прямое или косвенное получение от испытуемого сведений о его деятельности и поведении, в которых объективируются свойственные ему психические явления. С помощью беседы получают дополнительную информацию об организации деятельности, субъективном отражении человеком тех или иных явлений. Преимущество беседы перед анкетным опросом состоит в том, что при беседе можно выяснить все непонятные технические вопросы, беседа позволяет изменить формулировку вопроса, если он воспринят недостаточно правильно. При этом обращаются не только к квалифицированным специалистам, но и к менее квалифицированным, чтобы выяснить трудности, с которыми они сталкиваются в работе.

К разновидностям опросных методов относится и *социометрический опрос*. Его сущность состоит в том, что при помощи субъективных оценок деятельности или личных качеств других членов коллектива по каким-либо признакам определяется облик как отдельных личностей в коллективе, так и всего коллектива. В инженерной психологии этот вид опроса применяется для изучения взаимоотношений в производственных коллективах, в частности в группе операторов.

Рассмотренные опросные методы являются традиционными для инженерной психологии и находят в ней широкое применение.

### **1.2.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Получить у преподавателя примеры опросников различных видов, изучить и проанализировать их.
3. Получить у преподавателя задание на разработку опросника (тип и характеристики СЧМ).
3. Определить и сформулировать цели и задачи опроса.
4. Разработать программу проведения опроса и сформулировать вопросы для его проведения.
5. Выбрать методы статистической обработки результатов опроса и определить рассчитываемые параметры.
6. Провести опрос операторов заданной СЧМ (в качестве операторов СЧМ выступают студенты группы).
7. Обработать результаты и сделать по ним выводы.
8. Оформить отчет о выполнении работы.

### 1.2.3. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание порядка проведения работы;
- полученные результаты и их анализ;
- выводы по работе.

### 1.2.4. Контрольные вопросы

1. Какие психологические методы исследования составляют группу опросных методов?
2. Почему опросные методы широко применяются в инженерно-психологических исследованиях?
3. Какие требования предъявляются к формулировке вопросов при составлении опросников?
4. В каких формах может проводиться опрос?
5. Как обрабатываются данные результатов опроса?
6. Назовите виды и особенности проведения устного опроса.

## 1.3. ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ

*Цель работы:* изучить виды, особенности и правила применения методов психологического тестирования в инженерно-психологических исследованиях; сформировать навыки в подготовке, организации и проведении психологического тестирования.

### 1.3.1. Теоретические сведения

Большая роль при проведении психологических методов исследования деятельности оператора отводится тестам. Психологические тесты – это стандартизированные методики психологического измерения, предназначенные для диагностики выраженности у человека психических свойств или состояний при решении практических задач.

Тест представляет собой серию относительно кратких заданий (задач, вопросов, ситуаций и пр.), результаты которых являются индикаторами психических свойств или состояний.

Тесты делятся на два основных типа: *собственно психологические тесты* и *тесты достижений* (испытания знаний, навыков, уровня общей или профессиональной подготовки). Психологические тесты классифицируются по разным основаниям (рис. 1.2).

**По предмету диагностики** выделяют тесты специальных способностей, интеллекта, личностные и социально-психологические тесты.

*Тесты специальных способностей* представляют собой методики, предназначенные для измерения уровня развития отдельных сторон интеллекта и психомоторных функций, определяющих успешность обучения, профессиональной деятельности и творчества. Эти тесты наиболее широко применяются при профессиональном отборе операторов, к ним относятся тесты на проверку свойств восприятия, памяти, мышления, внимания, психомоторики и др. Эти тесты используются для диагностики психических функций и качеств, обеспечивающих эффективность в конкретных, достаточно узких областях деятельности в отличие от тестов интеллекта, направленных на измерение общего уровня интеллектуального развития.

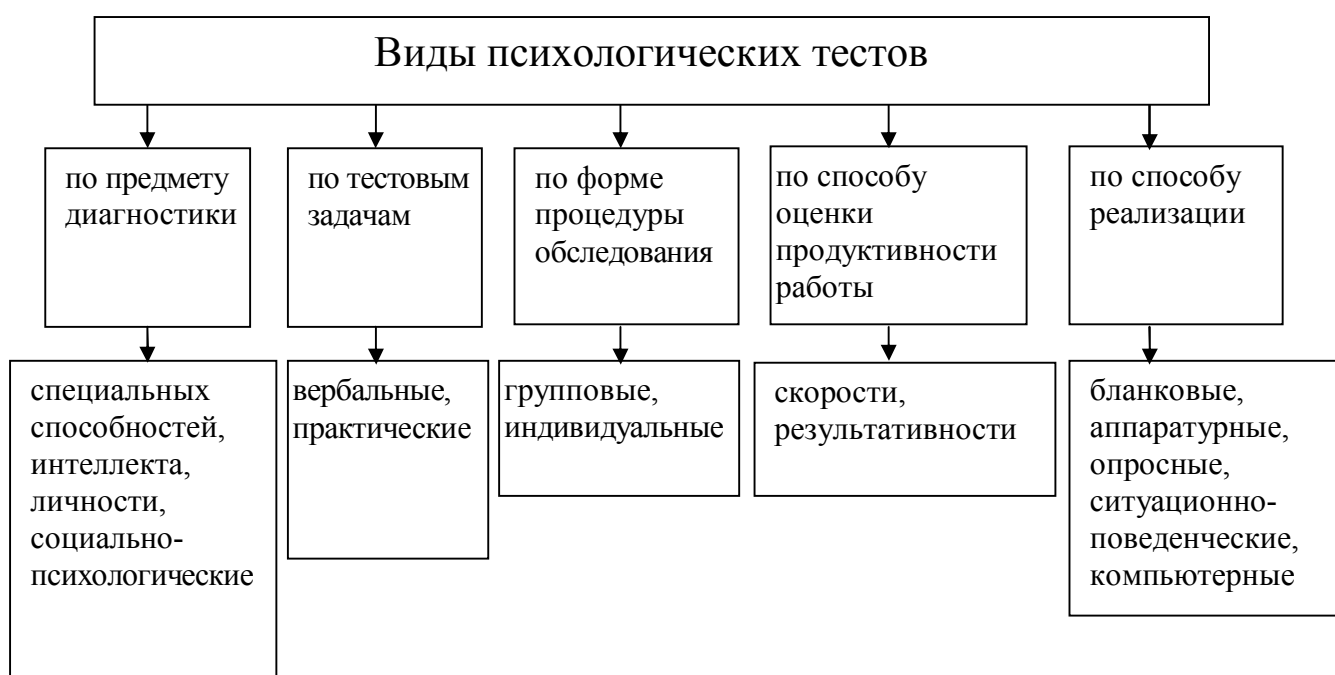


Рис. 1.2. Классификация психологических тестов

*Тесты интеллекта* предназначены для измерения общих способностей. Под интеллектом как объектом измерения подразумеваются не любые проявления индивидуальности, а прежде всего те, которые касаются познавательных свойств и особенностей. В соответствии с этим тесты интеллекта направлены прежде всего на общую оценку познавательных способностей человека. Эти тесты, с одной стороны, следует отличать как от тестов, измеряющих неинтеллектуальные качества людей (мышечную силу, остроту слуха, зрения, время реакции и т. п.), так и от тестов личности.

*Тесты личности* представляют собой группу методик, направленных на измерение неинтеллектуальных проявлений личности, определяемых эмоциональными, мотивационными и межличностными свойствами человека. Тесты личности – понятие собирательное, включающее в себя как проектив-

ные методики, личностные опросники, так и другие специальные методики, диагностирующие названные выше свойства.

*Социально-психологические тесты* предназначены для оценки различных социально-психологических явлений: социально-психологического климата, психологической совместимости, лидерства и др.

**По особенностям тестовых задач** тесты делятся на *вербальные* и *практические*.

*В вербальных тестах* материал тестовых задач представлен в вербальной (словесной) форме. При этом предполагается, что основным содержанием работы испытуемого являются операции с понятиями, мысленные операции в словесно-логической форме. Результаты, полученные с помощью этих тестов, очень чувствительны к языковой культуре испытуемых, уровню образования, профессиональным особенностям. Наиболее характерными разновидностями вербальных тестов являются различного рода опросники.

*В практических тестах* материал тестовых задач представлен невербальными заданиями: моделированием конкретных трудовых операций, выполнением определенных действий по образцу и т. п. К таким тестам относятся также многие диагностические методики по исследованию психомоторики восприятия, памяти, мышления и др. Практические тесты уменьшают влияние культурных и языковых различий на результат обследования.

**По форме процедуры обследования** различают *групповые* и *индивидуальные* тесты. Первые предназначены для одновременного обследования группы испытуемых (их не следует смешивать с социально-психологическими тестами, предназначенными для психологической диагностики групп). К групповым тестам относится большинство бланковых методик, а также опросников. Однако в отдельных случаях групповые тесты могут быть и аппаратными, например аппарат группового исследования психомоторики. Индивидуальные тесты рассчитаны на обследование только одного испытуемого. К ним относится большинство аппаратных методик, в частности компьютерных.

Разновидностью индивидуальных тестов являются индивидуально-ориентированные тесты. В них сложность очередного задания определяется результатами выполнения предшествующих заданий. Как правило, индивидуально-ориентированные тесты конструируются на основе компьютерного представления заданий, которые формируются с учетом индекса трудности.

**По способу оценки продуктивности работы** различают *тесты скорости* и *тесты результативности*.

*В тестах скорости* основным показателем продуктивности работы испытуемого является время выполнения или объем тестовых задач. *Тесты результативности* ориентированы на измерение или констатацию результата, достигнутого испытуемым при выполнении тестового задания, при этом показатель скорости работы, как правило, не принимается во внимание.

**По способу реализации** тесты делятся на *бланковые*, *аппаратурные*, *опросные*, *ситуационно-поведенческие*, *компьютерные*.

*Бланковые методики* наиболее широко представлены тестами, позволяющими оценить основные психические особенности человека. С помощью таких методик сравнительно просто выявляются особенности узнавания образов и наблюдательности, концентрации и устойчивости внимания, ассоциации, обобщения, конкретизации, умозаключения, объема оперативной памяти и др.

Для оценки количественных и качественных характеристик восприятия используют методики: «Компасы», «Шкалы приборов», «Кубики» и др. Например, методика «Шкалы приборов» (рис. 1.3) предназначена для исследования зрительного восприятия информации, представленной на шкальных индикаторах, и способности быстрой и точной ее оценки. Задачей испытуемого является определение наиболее точно показаний каждого прибора. Оценка результатов определяется по времени выполнения задания и числу допущенных ошибок.

Для оценки качества внимания – объема, переключения, распределения, концентрации, интенсивности и устойчивости используют следующие методики: корректурная проба («Кольца Ландольта»), «Перепутанные линии», «Расстановка чисел», «Отыскание чисел с переключением» и др.

Методика «Красно-черная таблица» предназначена для исследования способности оператора к переключению и распределению внимания.

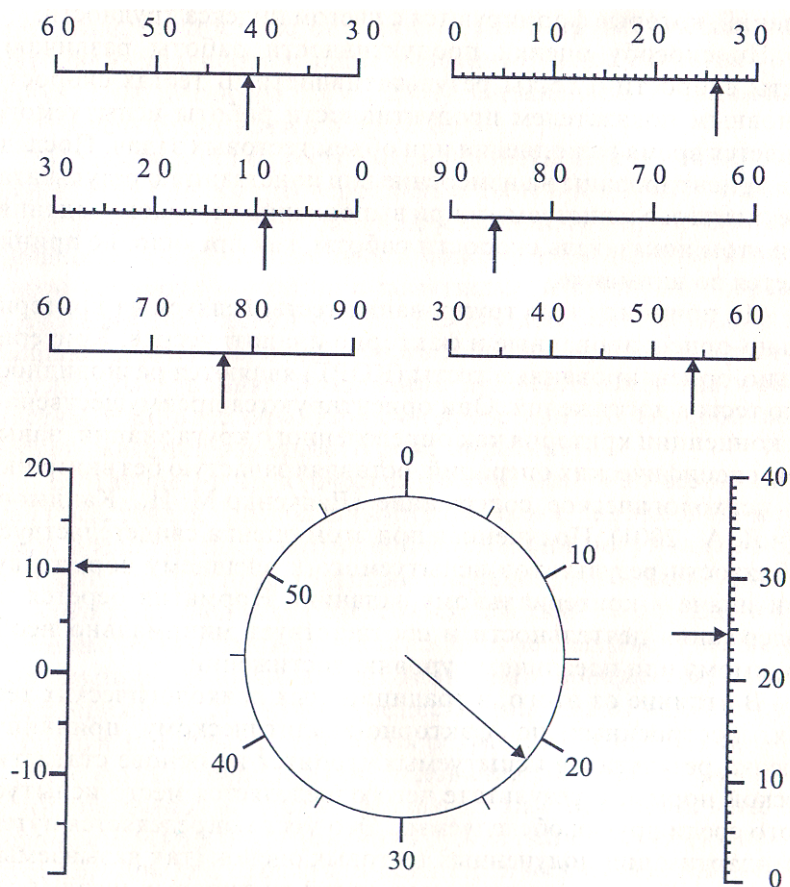


Рис. 1.3. Бланк теста «Шкалы приборов»

В таблице (рис. 1.4) изображаются в беспорядке цифры красного и черного цвета (на рисунке они показаны соответственно жирным и светлым шрифтом) от 1 до 24. Испытуемый должен назвать и показать цифры по очереди, одну с начала, другую – с конца ряда чисел, обязательно указывая при этом цвет цифры. Оценка проводится по скорости и точности цвета.

Оценку свойств кратковременной и долговременной памяти (объем, точность, длительность, быстрота) проводят по специальным заданиям: «Зрительная память», «Слуховая память», «Информационный поиск» и др. Так, для проверки объема оперативной памяти испытуемому показывают на несколько секунд таблицу с символами (рис. 1.5). После этого ему дается пустой бланк таблицы, которую он должен заполнить точно так же. При оценке результатов учитывается общее количество нарисованных фигур и допущенных ошибок.

Проверка индивидуальных особенностей мыслительной деятельности осуществляется с помощью специальных методик типа «Установление закономерностей», «Составление фраз», «Исключение понятий», «Силлогизмы» и др.

9-т	15-п	9-м	12-м	16-е	3-и	10-в
24-в	23-ф	1-к	19-а	15-л	8-г	17-а
18-т	14-ф	13-ш	6-с	2-л	10-е	
11-к	2-г	24-ч	23-ч	5-ш	12-б	21-н
20-б	17-р	11-р	22-д	19-т	3-е	13-ж
7-х	16-х	6-ж	22-п	14-п	8-ц	4-з
7-з	1-о	20-н	4-д	5-и	18-о	21-у

Светлые 1-24	
Жирные 24-1	

Рис. 1.4. Психологический тест «Красно-черная таблица»

Для некоторых видов операторской деятельности, прежде всего для операторов-руководителей и операторов-исследователей, предъявляются высокие требования к творческим способностям специалистов. Для проверки этих качеств служат специальные тесты – тесты креативности. Под креативностью



понимается способность выдвигать необычные идеи, отклоняться от традиционных схем мышления, быстро решать проблемные ситуации. В тестах креативности, разработанных П. Торренсом, используются модели творческих процессов, отражающие их сложность в различных сферах деятельности.

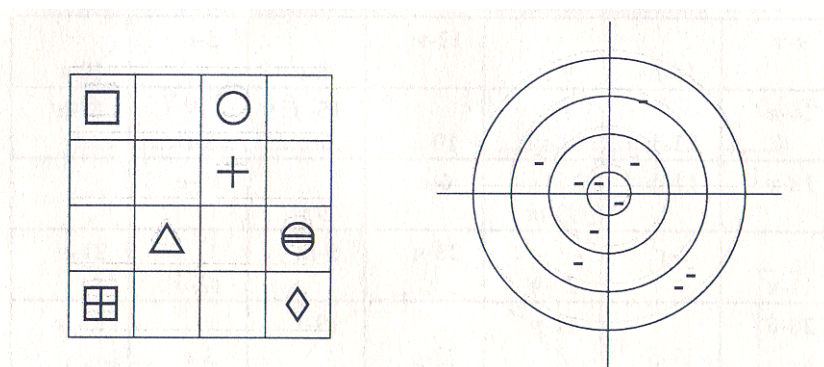


Рис. 1.5. Бланки тестов для исследования оперативной памяти

Эти тесты оценивают креативность в показателях беглости, гибкости, оригинальности и разработанности идей. Для оценки креативности могут использоваться также специальные опросники [14].

Аппаратурные методики позволяют измерять и регистрировать важные психологические и физиологические показатели оператора. Примером аппаратурного теста для проверки качеств внимания служит прибор «Аттенциометр» (рис. 1.6).

На его лицевой панели расположена модель самолета, лампочки, счетчики и измерительные приборы. При работе с аппаратом испытуемый должен, действуя одной рукой, непрерывно корректировать положение самолета, удерживая его в заданном положении. Одновременно он должен следить за лампочками и приборами и, действуя другой рукой, производить заданные переключения органов управления.

Работа на аттенциометре требует от человека одновременного выполнения нескольких действий. Успешное решение задачи в обоих случаях обусловлено прежде всего способностью испытуемого к распределению и одновременному переключению внимания.

Довольно часто аппаратурные методики применяются для определения мышечной выносливости, под которой в общем случае понимается способность к длительному выполнению деятельности без снижения интенсивности.

Различают динамическую (при подвижных мышцах) и статическую (при неподвижных мышцах) выносливость. Для оценки динамической мышечной выносливости и состояния двигательного анализатора используется методика – *теппинг-тест*. Обследование заключается в том, что испытуемому предлагают в максимальном темпе работать в течение двух минут на телеграфном ключе. При оценке результатов учитывается общее количество замыканий ключа, кото-

рое и характеризует динамическую выносливость. Этот показатель снижается при утомлении. Статическая мышечная выносливость оценивается временем, в продолжение которого испытуемый удерживает на заданном уровне дозированное по величине усилие. Статическая выносливость зависит от особенностей высшей нервной деятельности и свойств нервной системы, а также от волевых качеств человека.

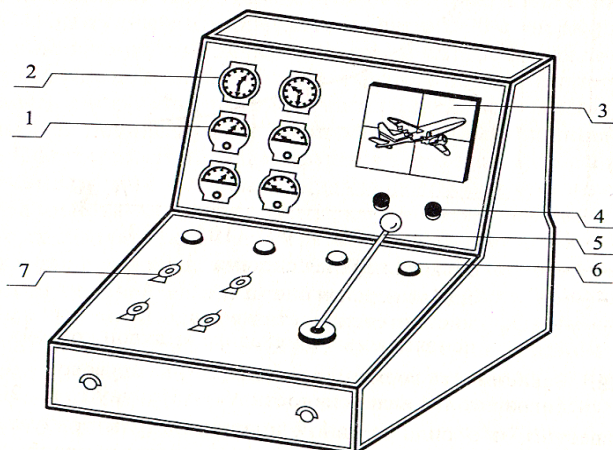


Рис. 1.6. Прибор «Аттенциометр»:  
1 – измерительные приборы; 2 – счетчики импульсов;  
3 – модель самолета; 4–7 – органы управления

Аппаратурные методики позволяют во многих случаях более полно оценить деятельность оператора по сравнению с бланковыми методами. Однако они требуют больших материальных затрат на изготовление и эксплуатацию аппаратуры. Поэтому приборы для психофизиологических исследований стараются делать комбинированными, позволяющими одновременно реализовать несколько различных методик. Возможности аппаратурных методик расширяются путем использования ЭВМ, с помощью которых реализуются специальные компьютерные тесты.

Независимо от характера решаемых задач процедура тестирования включает в себя три этапа:

- 1) выбор теста (определяется целью тестирования и степенью достоверности и надежности теста);
- 2) проведение тестирования (определяется инструкцией к тесту и методикой его использования);
- 3) интерпретация результатов (определяется системой теоретических допущений относительно предмета тестирования).

На всех трех этапах необходимо участие квалифицированного специалиста.

В заключение необходимо еще раз отметить, что к проведению тестовых испытаний следует подходить с большой осторожностью. Их результаты ни в коем случае нельзя абсолютизировать, тестирование не должно полностью заменить другие виды психологического обследования. Однако в сочетании

с другими методами тестовые испытания могут дать весьма ценный материал для изучения психических свойств и состояний человека. Более подробные сведения по вопросам психологического тестирования можно получить в специальной литературе [3 –5, 12, 14].

### **1.3.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Получить у преподавателя задания бланковых тестов «Корректирующая проба», «Компасы», «Шкалы приборов» и изучить правила их использования.
3. Выполнить тестовые процедуры с использованием полученных тестов.
4. Провести обработку полученных результатов и сделать заключение.
5. Сравнить самооценки, полученные по данным обработки результатов тестирования, с результатами тестирования других студентов группы.
6. Обработать результаты и сделать по ним выводы.

### **1.3.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание порядка проведения работы;
- полученные результаты и их анализ;
- выводы по работе.

### **1.3.4. Контрольные вопросы**

1. Что такое психологический тест?
2. По каким основаниям можно классифицировать психологические тесты?
3. Что является предметом диагностики при проведении психологического тестирования?
4. Какими могут быть психологические тесты по способу их реализации?
5. Какие тесты позволяют оценить особенности и характеристики познавательных процессов человека?
6. Что представляют собой вербальные тесты?
7. Что представляют собой практические тесты?
8. Для чего предназначен теппинг-тест и как он проводится?

## 1.4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

*Цель работы:* изучить виды, особенности и правила применения экспериментальных методов в инженерно-психологических исследованиях; сформировать навыки в подготовке, организации и проведении экспериментального исследования.

### 1.4.1. Теоретические сведения

#### 1.4.1.1. Общая характеристика экспериментальных методов

Психологические методы, используемые в инженерной психологии, условно можно разделить на *пассивные* и *активные*. К *пассивным* относятся наблюдательные и опросные методы, а также психологическое тестирование.

Используя пассивные методы, исследователь не влияет на реальную деятельность испытуемых, он лишь регистрирует естественный процесс, не изменяя и не корректируя его. При этом регистрировать поведение испытуемого исследователь может непосредственно или с помощью каких-либо инструментов (приборы, опросники, тесты и т. п.).

От пассивных методов инженерно-психологический эксперимент отличается следующими особенностями:

- в эксперименте исследователь сам вызывает изучаемое явление, а не ждет, пока оно проявится;
- экспериментатор может изменять, варьировать условия, при которых происходит интересующее его явление;
- эксперимент позволяет выявить причины явления и ответить на вопрос, что вызвало изменение в поведении;
- в результате эксперимента устанавливаются допускающие математическую формулировку количественные закономерности.

Таким образом, эксперимент – это «*активный*» метод изучения явлений. Если рассмотренные ранее методы позволяют отвечать на вопросы «как», «когда», «каким образом», то эксперимент отвечает и на вопрос «почему».

Сущность эксперимента заключается в проведении исследований в специально созданных управляемых условиях для проверки экспериментальной гипотезы о причинно-следственной связи.

Проведение эксперимента связано с проверкой определенной гипотезы. Под гипотезой понимается научное предположение, вытекающее из теории, которое еще не подтверждено и не опровергнуто. В любую экспериментальную гипотезу включаются *независимая переменная*, *зависимая переменная*, отношения между ними и уровни дополнительных *внешних* (побочных) *переменных*. Суть эксперимента заключается в том, что экспериментатор варьирует независимую переменную, регистрирует изменение зависимой переменной и контролирует внешние (побочные, дополнительные) переменные.

Центральная проблема при проведении экспериментального исследования – выделение независимой переменной и ее изоляция от других переменных. В качестве *независимых переменных* могут выступать:

– характеристики задания (стимулы, тип ответа испытуемого, инструкция, цель задания и т. п.);

– особенности условий, т. е. те переменные, которые непосредственно не входят в структуру экспериментального задания, выполняемого испытуемым (например, температура в помещении, время работы, индивидуально-психологические особенности испытуемого, его возраст, пол, интеллект, психические состояния, мотивы деятельности и т. д.).

*Зависимой переменной* во всех случаях является, как правило, поведение оператора во всех его формах – от элементарных реакций до сложных поведенческих актов. Конкретный выбор поведенческого параметра определяется исходной экспериментальной гипотезой. При этом исследователь должен ее максимально конкретизировать, т. е. добиться, чтобы зависимая переменная подвергалась возможности регистрации в ходе эксперимента.

В качестве зависимой переменной наиболее часто выбираются такие параметры, как число ошибок, время выполнения задания, физиологические реакции организма и т. п. Для измерения или регистрации этих параметров при необходимости может использоваться специальная регистрирующая и контрольно-измерительная аппаратура. В отдельных случаях эти параметры могут предполагать лишь их содержательную интерпретацию, например изучение мимики лица в различных эмоциогенных условиях.

Помимо конкретизации зависимой переменной необходимо обеспечить также ее *надежность* (устойчивость ее регистрируемости при изменении условий эксперимента в течении времени), *валидность* (возможность проверки с ее помощью выдвинутой гипотезы) и *сензитивность* (чувствительность к изменению уровня независимой переменной).

В экспериментальном исследовании помимо независимой и зависимой переменных всегда присутствуют *побочные переменные*. Поэтому важным условием грамотного эксперимента является надлежащий их контроль. Контроль независимой переменной состоит в ее активном варьировании экспериментатором или в знании и учете закономерностей ее изменения. Наличие этих переменных (зависимой и независимой) определяется самой сутью проводимого исследования.

Сложнее обстоит дело с контролем дополнительных переменных, которые всегда присутствуют при проведении эксперимента и могут привести к многочисленным и нежелательным артефактам, т. е. к искажению истинных результатов исследования. Существует несколько способов контроля таких переменных. Один из них – это *элиминация*, когда экспериментальную ситуацию конструируют таким образом, чтобы исключить вообще какое-либо присутствие в ней дополнительной переменной. Другой способ – создание константных условий эксперимента, когда побочная переменная переводится в разряд контролируемых.

На деятельность оператора влияет множество факторов (переменных), число которых может доходить до тысячи. Проконтролировать их все не представляется возможным, поэтому такие переменные рекомендуется перевести в разряд случайных. Случайной переменной допустимо изменять свои уровни неконтролируемым образом. Однако при этом экспериментатор должен быть уверен, что уровни переменной изменяются случайным образом. Процесс случайного отбора условий эксперимента (уровней переменной, событий, испытуемых и т. п.), при котором каждый объект имеет равные шансы быть отобранным, называется *рандомизацией*.

При этом следует помнить, что субъективный отбор объектов, т. е. самим экспериментатором, не приведет к желанной цели, условия эксперимента не будут рандомизированы. Поэтому для отбора объектов следует использовать специальные таблицы или машинные генераторы случайных чисел. В случае если нет уверенности или возможности проконтролировать переменные, эксперимент проводить нецелесообразно, поскольку его результаты будут сомнительными.

В эксперименте должны участвовать специально подобранные группы испытуемых. Вся совокупность потенциально возможных испытуемых, которые могут быть участниками данного эксперимента, называется *популяцией*, или *генеральной совокупностью*. Множество людей, привлекаемых к участию в данном эксперименте, называют *выборкой*.

Отбор конкретных испытуемых в выборку проводится на основе процесса рандомизации. Основные требования к выборке – ее *репрезентативность* и *адекватность*. Это означает, что выборка должна качественно (репрезентативность) и количественно (адекватность) представлять генеральную совокупность, т. е. основные типы потенциальных испытуемых в популяции с учетом их пола, возраста, состояния здоровья, уровня образования, индивидуально-психологических особенностей и т. д.

Испытуемые должны быть правильно распределены по контрольной и экспериментальным группам так, чтобы они были эквивалентны.

Формирование контрольной группы должно проводиться с учетом трех критериев:

- содержательный критерий, который обеспечивает операциональную валидность и в соответствии с которым подбор экспериментальной группы должен определяться предметом и гипотезой исследования;
- критерий внутренней валидности, который обеспечивает эквивалентность групп с помощью процедуры рандомизации;
- критерий внешней валидности, который обеспечивает репрезентативность групп, т. е. их соответствие генеральной совокупности.

Величина выборки определяет ее адекватность. Она выбирается исходя из условия обеспечения предполагаемого уровня статистической достоверности получаемых результатов. Рекомендуется, чтобы численность сравниваемых выборок была не менее 30–35 человек. Это обусловлено статистическими соображениями: коэффициенты корреляции выше 0,35 при таком количестве испы-

туемых значимы на пятипроцентном уровне (что обычно достаточно для подтверждения корреляционной зависимости).

Различают четыре возможных способа формирования экспериментальных групп. Первый, наиболее распространенный способ, состоит в том, что в эксперименте участвуют две эквивалентные группы: экспериментальная и контрольная, которые ставятся в разные условия. Второй способ предполагает исследование только одной группы, а ее поведение изучается и в экспериментальных, и в контрольных условиях. Это так называемый внутригрупповой эксперимент. Такие случаи в инженерно-психологических исследованиях встречаются крайне редко, поэтому чаще проводятся исследования с экспериментальной группой. Третий способ предусматривает формирование групп методом парного сравнения: для каждого субъекта группы подбирается аналогичный ему испытуемый и они распределяются по разным группам. В результате этого экспериментальная и контрольная группы становятся похожими по составу испытуемых. Четвертый способ является смешанным: все группы ставятся в разные условия. При этом образуется несколько групп. Такой способ применяется при факторном планировании эксперимента.

Инженерно-психологический эксперимент может проводиться с одним испытуемым в следующих случаях:

- индивидуально-психологическими различиями можно пренебречь, исследование чрезвычайно велико по объему и включает множество экспериментальных проб;
- испытуемый – уникальный специалист, и необходимо, например, выяснить секреты его мастерства;
- повторение эксперимента с участием других испытуемых невозможно.

#### *1.4.1.2. Виды инженерно-психологических экспериментов*

Инженерно-психологические эксперименты в зависимости от условий и места проведения, поставленных целей и решаемых задач делятся на несколько видов. Задача исследователя заключается в том, чтобы с учетом этих обстоятельств, технических и экономических возможностей правильно выбрать, спланировать и провести соответствующий вид эксперимента.

Прежде всего в зависимости от места и условий проведения различают *естественный (натурный) и лабораторный эксперименты*.

*Естественный эксперимент* проводится в обычных условиях (на рабочем месте, цехе, кабине самолета или электровоза, за пультом и т. п.). Он объединяет в себе положительные черты объективного наблюдения (естественность) и лабораторного эксперимента (целенаправленное воздействие на испытуемого). При проведении естественного эксперимента процессы труда по своим технологическим характеристикам не меняются, но в условия и способы выполнения работы вносятся те или иные изменения, необходимые для целей исследования. В таком эксперименте испытуемый часто не знает о проведении эксперимента и его поведение ничем не отличается от обычного. В других случаях

(например при изменении структуры трудовой деятельности или организации рабочего места) испытуемый становится активным участником эксперимента.

Сближая экспериментальные исследования с практикой, естественный эксперимент позволяет изучить психологические процессы, состояния и свойства личности в естественных условиях трудовой деятельности. Полученные в естественном эксперименте данные, как правило, имеют высокую степень достоверности. Однако в ряде случаев проведение эксперимента в естественных условиях связано со значительным риском (например в условиях реального полета), может привести к нарушению функционирования системы или быть крайне невыгодным с экономической точки зрения.

Кроме того, естественный эксперимент очень часто оказывается неудобным и для исследователей. Не всегда просто собрать необходимый для статистических оценок объем экспериментальных данных, изолировать посторонние факторы. Во многих случаях невозможно обеспечить требуемую вариативность независимой переменной или четкую фиксацию ответных действий оператора. Вследствие подобных причин в инженерно-психологических исследованиях основное место занимает *лабораторный эксперимент*.

Именно в лабораториях, где имеется специальное оборудование, создаются наиболее благоприятные условия для того, чтобы проверить максимально возможное число переменных и как можно точнее зафиксировать реакции испытуемых. В лаборатории есть реальная возможность изолировать изучаемое явление. Лаборатория, как правило, создает искусственную среду, но в отдельных случаях обеспечивает воссоздание и естественных условий, когда это необходимо для исследования. В эксперименте могут быть смоделированы ситуации значительного эмоционального напряжения, в ходе которых испытуемый – специалист определенного профиля (шофер, летчик, диспетчер) – принимает осмысленные решения, реагирует на привычные для него показания большого числа приборов, выполняет сложные по координации движения.

Лабораторный эксперимент представляет собой одну из разновидностей моделирования деятельности оператора (физическое моделирование). Смысл его заключается в том, что перед испытуемым ставится задача выполнять в лабораторных условиях 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 наблюдения или эксперимента в реальных условиях.

Лабораторный эксперимент может быть двух видов: *синтетический* и *аналитический*. При синтетическом эксперименте пытаются воспроизвести 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 один определенный элемент трудовой деятельности, все остальные элементы при этом исключаются. Этот вид эксперимента обычно применяется для изучения влияния различных условий на отдельные элементы деятельности.

Одной из центральных задач организации лабораторного эксперимента является определение лабораторной модели деятельности, т. е. решение, какие характеристики реальной деятельности необходимо воспроизвести. В подавляющем большинстве случаев следует стремиться не к копированию реальных условий, а к тому, чтобы в лабораторной модели была воспроизведена психологическая структура изучаемой деятельности.

Правильно организованное моделирование предполагает не внешнее копирование, а психологическое соответствие между моделью и оригиналом.

Это значит, что необходимо стремиться к тому, чтобы те психологические процессы, которые будут создаваться и изучаться в лаборатории, в самом существенном были бы адекватным отражением процессов и реальной изучаемой деятельности. Поэтому необходимой предпосылкой лабораторного эксперимента является психологический анализ изучаемой деятельности, включающий следующие этапы.

1. *Анализ психологической структуры реальной деятельности.* Такой анализ предполагает, что на основе наблюдений, бесед со специалистами, изучения инструкций для оператора и т. д. будет вычленена система задач, решаемая в процессе деятельности, определен состав действий и их операционная структура, выявлены наиболее значимые мотивы деятельности.

2. *Определение объекта моделирования,* т. е. тех элементов структуры деятельности, изучение которых необходимо для решения общих задач исследования на данном этапе. Объектом моделирования может быть некоторый круг центральных действий, одно из наиболее важных действий, отдельные его операции, некоторые условия их выполнения. При этом каждый раз исследователь абстрагируется от многих других важнейших характеристик деятельности, например, от мотивов деятельности, личной заинтересованности, ответственности, координации результатов действий с другими операторами и т. п.

3. *Определение предметного содержания деятельности* – модели, позволяющей воспроизвести в намеченных пределах структурные элементы реальной деятельности. Обычно этот этап называют этапом разработки методики эксперимента.

4. Задачи, решаемые испытуемыми, должны быть очень близкими по своим алгоритмам к реальным задачам, но из них можно взять не все, а несколько самых типичных.

5. *Экспериментальная проверка годности модели для проведения намеченных исследований* (пробные эксперименты с предварительным анализом и доработка модели). Лишь после такого психологического анализа деятельности следует непосредственно лабораторный эксперимент, включающий сбор необ-

ходимого количества статистического материала, его обработку и теоретический анализ.

Каждый из этих этапов очень важен для эксперимента, требует серьезной работы и нередко превращается в самостоятельную проблему.

Еще одним видом эксперимента, популярность которого растет, является обучающий или формирующий эксперимент. Специально организованное и контролируемое обучение тем или иным действиям позволяет решить много задач, недоступных обычному констатирующему эксперименту. Обучающий эксперимент позволяет с большей точностью выявить многие зависимости, проверить и воспроизвести найденные закономерности, раскрыть структуру деятельности, найти наиболее рациональные способы обучения операторов.

Лабораторный и естественный эксперименты могут проводиться также в виде *ситуационного эксперимента*, в котором в лабораторных или реальных условиях воспроизводятся наиболее важные ситуации, характерные для деятельности оператора. Наибольшее значение имеют ситуации, вызывающие стрессовые психические реакции. Практически только в таких условиях можно получить надежные характеристики эмоциональных и волевых качеств специалистов и надежности СЧМ в сложных условиях.

Модели стрессовых ситуаций должны отвечать трем требованиям: иметь определенную мотивационную направленность, адекватную задачам эксперимента; испытуемые должны их объективно воспринимать как реальность; должны быть соблюдены этические нормы.

Различают также *констатирующий* и *формирующий (обучающий)* эксперименты. Первый из них направлен на констатацию (подтверждение) имеющихся фактов и гипотез. Второй позволяет направленно формировать особенности таких психологических процессов, как восприятие, память, мышление и др. В этом плане он включается в процесс психологической подготовки операторов. В других случаях эксперимент представляет специально организованное и контролируемое обучение тем или иным действиям.

В некоторых случаях эксперимент может проводиться по типу *лонгитюдного исследования*. Оно представляет собой длительное и систематическое изучение одних и тех же испытуемых, позволяющее определить диапазон возрастной и индивидуальной изменчивости фаз жизненного или трудового цикла человека. Его применение в инженерной психологии позволяет проследить процесс становления профессионального мастерства, формирования сложных навыков и т. п. Организация лонгитюдного исследования предполагает одновременное использование и других методов: наблюдения, опроса, тестирования и пр.

Экспериментальный подход дает большие возможности для реализации микроструктурного подхода к анализу познавательной и исполнительной деятельности. *Микроструктурный подход* – одно из теоретико-экспериментальных направлений современной психологии и эргономики. Задача микроструктурного подхода – изучение координации действий и операций, образующих фактуру (микроструктуру) различных видов познавательной и исполнительной деятель-

ности человека. Большое внимание уделяется при этом исследованию становления (микрогенеза) восприятия, запоминания, мышления, движений.

Сущность подхода состоит в выделении компонентов (единиц анализа), сохраняющих свойства целого, и установлении между ними типов взаимоотношения или координации. Набор (алфавит) компонентов должен быть достаточно широк для того, чтобы охватить процесс в целом; каждый из компонентов должен обладать не только качественной, но и количественной определенностью. Микроструктурный подход оперирует понятиями операции, функционального блока, фазы процесса, кванта действия или восприятия. Каждый из компонентов отличается от других по ряду параметров: место в более широкой структуре, информационная емкость, время хранения (преобразования) информации или реализации движения, форма представления в нем того или иного предметного содержания (тип оперативной единицы восприятия), тип преобразования информации, возможные связи с другими компонентами, тип связи со средой.

Наиболее распространенный прием микроструктурного подхода заключается в следующем: время от начала предъявления тестового материала делится на ряд интервалов и предполагается, что в каждом таком интервале выполняются те или иные преобразования входной информации, осуществляемые определенным функциональным блоком или рядом блоков.

Построенная таким образом гипотетическая модель подвергается тщательной проверке и уточняется благодаря широкому варьированию условий эксперимента (при этом, как правило, используется ЭВМ) [9].

Отличительной особенностью рассмотренных видов эксперимента является то, что все они протекают реально, имеют свое материальное воплощение в виде реальной деятельности испытуемых. Однако существуют и иной вид эксперимента, который протекает в идеальном плане – мысленный эксперимент. *Мысленный эксперимент* – вид познавательной деятельности, строящийся по типу реального эксперимента, но развивающийся полностью в идеальном плане. В нем широко задействовано воображение, поэтому его также называют воображаемым экспериментом.

К мысленному эксперименту обращался еще Аристотель, доказывая невозможность пустоты в природе. Широкое применение мысленного эксперимента начинается с Г. Галилея, который первым дал методологическое указание на мысленный эксперимент как на особое познавательное образование, квалифицируя его как воображаемый эксперимент.

Мысленный эксперимент не сводится к оперированию понятиями, но представляет собой познавательное образование, возникающее на основе воображения в процессе рационального познания. Мысленный эксперимент, замещая в некотором роде реальный, служит его продолжением и развитием. Он позволяет произвести, например, косвенную проверку истинности знания, не прибегая к реальному экспериментированию там, где это затруднительно или невозможно. Кроме того, мысленный эксперимент помогает исследовать ситуации, не реализуемые практически, хотя и принципиально возможные.

Поскольку мысленный эксперимент протекает в идеальном плане, особую роль в обеспечении реальной значимости его результатов играет корректность форм мысленной деятельности. При этом очевидно, что мысленное экспериментирование подчиняется логическим законам. Нарушение логики в оперировании образами в мысленном эксперименте ведет к его разрушению. В мысленном эксперименте активность разворачивается в идеальном плане, поэтому основаниями объективности является логическая корректность оперирования образами, с одной стороны, и активность воображения – с другой. Причем решающая роль, как и должно быть в эксперименте, принадлежит здесь «чувственной» стороне, т. е. воображению.

Таким образом, мысленный эксперимент отличается от реального, с одной стороны, своей идеальностью, а с другой стороны – присутствием в нем элементов воображения как базиса для оценки идеальных конструкций.

В инженерной психологии используется также *машинный* или *математический эксперимент*. Это цифровое имитационное моделирование деятельности оператора методом статистических испытаний (методом Монте-Карло). Такая цифровая имитация деятельности оператора может быть проведена путем моделирования необходимых ситуаций с помощью ЭВМ. Роль такого экспериментирования особенно велика на ранних стадиях проектирования СЧМ, когда реальная система еще не создана и основным способом получения априорных данных о деятельности оператора является имитационное моделирование.

Разновидностью лабораторного инженерно-психологического эксперимента является *физическое моделирование* деятельности оператора. Оно заключается в замещении реальной деятельности оператора ее модификаций. Это замещение осуществляется с помощью специальных моделирующих устройств, в роли которых могут выступать имитаторы, макеты, испытательные стенды и т. п. Основное требование к физическим моделям – как можно более полное воспроизведение психологической структуры деятельности оператора, а не только ее чисто внешняя имитация.

Физическая модель СЧМ, отвечающая требованиям инженерно-психологического подобия создаваемому оригиналу, позволяет достоверно воспроизвести реальные процессы деятельности оператора в исследуемых режимах и условиях функционирования СЧМ и тем самым решить многие задачи инженерно-психологического проектирования. Одной из таких задач является определение количества и состава рабочих мест операторов. Для решения этой задачи применимы лабораторные стендовые системы с разветвленной сетью операторских пультов (например дисплеев и ЭВМ), подключенных между собой в соответствии со структурой моделируемой СЧМ.

При определении количества и состава рабочих мест операторов наряду с художественным конструированием осуществляется принятие основных конструктивно-компоновочных решений по пространственному размещению там оборудования. Поскольку размеры и объем используемых технических средств часто входят в противоречие с инженерно-психологическими требованиями, предъявляемыми к конфигурации и пространственным характеристикам рабочего места, не-

обходимым этапом инженерно-психологического конструирования СЧМ является статическое макетирование оборудования. Являясь «пассивной» разновидностью физического моделирования (так как работа оборудования не воспроизводится), статическое макетирование основано на создании технических средств, имитирующих внешний облик рабочего места оператора с сохранением его геометрических размеров и пропорций. В отличие от эскизов, чертежей и других форм отображения внешнего облика оборудования на плоскости статический объемный макет является наиболее информативным средством оценки антропометрических характеристик оборудования, что позволяет предотвратить большое количество инженерно-психологических недостатков рабочего места, связанных с формированием рабочей позы оператора, досягаемостью и обзорностью элементов, удобством технического обслуживания и ремонта аппаратуры.

Материально-техническим обеспечением этого этапа работ являются как универсальные пространственно-перестраиваемые стенды, так и специально создаваемые для конкретного варианта СЧМ макеты рабочих мест однократно применения, изготавливаемые из легко обрабатываемых недорогих материалов (дерева, фанеры, оргстекла и др.). Важным этапом создания модели является разработка наиболее рационального варианта размещения средств отображения информации и органов управления на панелях индикации и пультах управления. В ряде случаев эта задача может быть решена путем итерационного формирования вариантов размещения элементов и применения одного из известных инженерно-психологических методов априорной оценки и коррекции полученной схемы [12].

Однако в случае сложной полиалгоритмической деятельности оператора, а также при использовании новых средств деятельности, погрешности аналитических методов оценки могут быть недопустимо высоки. В этих условиях прибегают к *функциональному физическому моделированию* операторской деятельности. Функциональный макет оснащается реальными или имитируемыми средствами деятельности, обеспечивающими воспроизведение реальных процессов работы оборудования и деятельности оператора.

Позволяя решить целый ряд задач анализа и изучения деятельности, физическое моделирование имеет некоторые ограничения и недостатки, подчас затрудняющие его применение. Одним из существенных ограничений физического моделирования являются сравнительно высокие затраты времени и средств на проведение исследований, требующие оценки и обоснования его экономической целесообразности. Другим ограничением является отсутствие до настоящего времени завершенной теории и универсальных критериев количественной оценки инженерно-психологического подобия модели деятельности ее оригиналу. Проблематичность разработки таких критериев существенно возрастает именно для рассматриваемых задач конструирования СЧМ, когда модель создается в отсутствие самой системы. Поэтому в обосновании характеристик физических моделей ведущее место продолжают занимать экспертные методы оценки.

Еще одним недостатком физического моделирования является то, что для каждого отдельного случая приходится создавать новую модель, а модели

сложных устройств достаточно трудоемки в изготовлении и дороги, вариации параметров модели в этом случае затруднены. Избежать этого в ряде случаев помогает применение *полунатурального моделирования*. При таком моделировании оператор работает в условиях, максимально приближенных к реальным. Он использует реальные органы управления и средства отображения информации, его рабочее место сконструировано аналогично реальному. Однако уравнения, описывающие состояние технической части системы, моделируются средствами вычислительной техники. Это позволяет оперативно и в широких пределах менять параметры технической части системы и тем самым проводить исследование СЧМ в различных условиях работы.

Трудность создания физической модели состоит том, что она не позволяет из-за технических возможностей полностью воспроизвести все факторы деятельности оператора реальной системы. Одним из путей преодоления этой трудности является прогнозирование наиболее характерных фрагментов процесса функционирования СЧМ с выделением подмножества факторов деятельности, влияющих на ситуацию управления в этом фрагменте деятельности. Модели, воспроизводящие сравнительно небольшое количество факторов деятельности, необходимое и достаточное для адекватного воспроизведения конкретной ситуации управления, называются *ситуационными* в отличие от комплексных моделей, ориентированных на полный набор условий и режимов деятельности оператора.

В общем случае создание ситуационной физической модели сводится к разработке технических средств, обеспечивающих воспроизведение в реальном масштабе времени требуемой факторной ситуации. При этом структура и характер модели определяются видом подмножества факторов ситуации и закономерностями межструктурных переходов. Среди различных подмножеств факторов, которые наиболее часто определяют направленность исследуемых ситуаций деятельности, выделяют:

- информационно-логические параметры управления объектом;
- параметры коммуникативных связей в группе операторов;
- пространственно-временные параметры используемых источников информации;
- параметры рабочей среды на рабочем месте оператора и др.

Для построения ситуационной физической модели в каждом конкретном случае выбирается подмножество факторов, определяющих исследуемую ситуацию деятельности оператора, и разрабатывается логико-временная схема варьирования факторных структур. Выбранная схема реализуется при помощи типовых или специально разработанных технических устройств, входящих в состав функционального макета оборудования СЧМ.

В целом физическое моделирование деятельности оператора и его важнейшие разновидности – полунатурное и ситуационное – относятся к числу наиболее информативных методов исследования и оценки СЧМ, позволяющих в значительной мере ликвидировать пробелы в информационном и методическом обеспечении процессов их проектирования.

### 1.4.1.3. Организация экспериментального исследования

Любое научное исследование включает несколько этапов. Применительно к инженерно-психологическому эксперименту можно выделить три основных этапа:

- организация и планирование;
- собственно проведение эксперимента;
- анализ полученных результатов.

Этап организации и планирования эксперимента включает постановку задачи и определение цели исследования, выбор гипотезы, подлежащей проверке. Целью исследования может быть проверка гипотезы о причинной зависимости явления  $B$  от явления  $A$ . Поэтому переменные  $A$  и  $B$  должны быть конкретизированы, операционизированы и контролируемы в эксперименте:

$A$  – управляется экспериментатором (независимая переменная);

$B$  – регистрируется непосредственно или с помощью приборов (зависимая переменная).

Кроме того, должны быть определены внешние (дополнительные) переменные, которые также могут влиять на зависимую переменную.

После этого исследователь может выбрать экспериментальный инструмент (конкретные приборы и методики, позволяющие управлять независимой переменной и регистрировать зависимую). Кроме того, необходимо определить условия эксперимента (помещение, ситуацию, время проведения и др.), которые позволили бы исключить влияние внешних (побочных, дополнительных) переменных или сохранить константность величины их воздействия на зависимую переменную, т. е. сделать эти переменные контролируемыми. Все это позволяет приступить к планированию эксперимента и выбрать соответствующий экспериментальный план.

Планирование эксперимента необходимо для обеспечения его внешней и внутренней валидности, а конкретный вид плана зависит от того, какова экспериментальная гипотеза, какое число внешних переменных необходимо контролировать, каковы и сколько уровней независимой переменной, какие возможности представляет ситуация для проведения исследований и т. д.

Общий подход здесь заключается в следующем. При ограниченности времени и ресурсов выбирают максимально простые экспериментальные планы. Для проверки сложных гипотез используют более сложные планы [12].

В инженерной психологии применяются различные типы экспериментальных планов. В зависимости от числа независимых переменных различают простой (одна переменная) и факторный планы (две и больше независимых переменных). В зависимости от числа уровней независимой переменной различают двухуровневый и многоуровневый эксперименты. Простейшим является двухуровневый эксперимент, когда независимая переменная имеет всего два уровня изменения. В таком эксперименте участвуют две эквивалентные рандомизированные группы (контрольная и экспериментальная). Контрольная работает в обычных условиях, экспериментальная получает воздействие независимой переменной.

С помощью методов математической статистики можно качественно оценить влияние изменения исследуемого фактора (независимой переменной) на поведение оператора (зависимую переменную), но при этом нельзя получить функциональную зависимость между переменными. Поэтому более распространен многоуровневый эксперимент, т. е. эксперимент с одной переменной, представленной тремя и более уровнями. Такой эксперимент и соответствующий ему план называют функциональным, поскольку в этом случае есть возможность получить представление о характере функции, связывающей зависимую и независимую переменные. Основная цель такого эксперимента – изучение влияния независимой переменной на характеристики поведения оператора.

Наиболее эффективным является *факторный эксперимент*, к сожалению, получивший недостаточное распространение в инженерной психологии. Факторные эксперименты применяются для проверки сложных гипотез о взаимодействиях между переменными. В факторном эксперименте проверяется одновременно, как правило, два типа гипотез:

- гипотезы о раздельном влиянии каждой из независимых переменных на зависимую;

- гипотезы о взаимодействии независимых переменных, а именно: как присутствие одной из них влияет на эффект воздействия другой.

Для того чтобы научное исследование можно было считать экспериментом, необходимо выполнение как минимум двух условий. Во-первых, исследователь должен иметь возможность манипулировать одной или несколькими независимыми переменными. Во-вторых, должно быть выполнено условие создания эквивалентных групп, что достигается чаще всего путем их рандомизации.

На практике, особенно при проведении естественного эксперимента, не всегда имеется возможность выполнить эти условия. В этом случае проводится *квазиэксперимент*. Такой эксперимент напоминает истинный (проводится проверка одной из экспериментальных гипотез), но полностью не удовлетворяет его стандартам. Это частично компенсируется использованием специальных квазиэкспериментальных планов [12]. Выделяют два основных типа таких планов: планы экспериментов для неэквивалентных групп и планы дискретных временных серий. Эти планы используются для минимизации возможных угроз валидности и позволяют по крайней мере оценить большую часть этих угроз.

Разновидностью квазиэксперимента является *корреляционное исследование*, проводимое для подтверждения или опровержения гипотезы о статистической связи между несколькими (двумя и более) переменными. План корреляционного исследования несложен. Исследователь выдвигает гипотезу о статистической связи между исследуемыми объектами, например, между определенными внешними условиями и психическими состояниями или поведением оператора. При этом предположения о возможной причинной зависимости не выдвигаются и не обсуждаются.

В корреляционном исследовании все измеряемые переменные – зависимые. Фактором, определяющим эту зависимость, может быть одна из этих переменных или скрытая неизмеряемая переменная. В общем виде план корреляцион-



ного исследования описывается матрицей вида  $P \times Q$  ( $P$  – испытуемые;  $Q$  – измерения). Характер и величина связи между анализируемыми переменными оценивается с помощью коэффициента корреляции.

Далее в соответствии с принятым экспериментальным планом производится отбор и распределение испытуемых по группам. На этом подготовительный этап заканчивается и экспериментатор может приступить к проведению эксперимента. Но если изучаемая область относительно неизвестна и система гипотез отсутствует, то целесообразно проведение специального *пилотажного исследования* (пробного или поискового эксперимента), результаты которого помогут уточнить направление дальнейшего исследования. В ходе такого исследования проверяется качество методики и плана, выявляются побочные переменные и уточняется экспериментальная гипотеза. Оно обычно проводится по упрощенной схеме, на минимальной выборке и низком уровне достоверности принятия гипотезы, но по результатам пилотажного исследования принимается окончательное решение о возможности и условиях проведения эксперимента.

Собственно эксперимент должен проводиться в соответствии с программой и планом, составленными и уточненными на предыдущих этапах. В ходе эксперимента исследователь организует процесс взаимодействия с испытуемым, зачитывает инструкцию, проводит, если нужно, обучающую серию. Он варьирует независимую переменную (задачи, внешние условия и др.), проводит регистрацию поведения испытуемого. При необходимости к этим работам может привлекаться помощник (ассистент).

Для правильного проведения эксперимента необходимо соблюдать ряд условий:

- 1) проверить пригодность и готовность испытуемых операторов к данному виду деятельности;
- 2) обеспечить их высокую мотивацию на выполнение заданной в эксперименте деятельности;
- 3) исключить нежелательные эффекты, связанные прежде всего с присутствием экспериментатора и наличием других нежелательных явлений. Для выполнения этих условий можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в литературе по экспериментальной психологии.

Заключительным этапом является анализ полученных результатов. Он связан, прежде всего, с применением методов обработки данных и получения статистических оценок. При этом выдвинутая ранее экспериментальная гипотеза преобразовывается в статистическую. Перечислим типы таких гипотез:

- о сходстве или различии двух или более групп;
- о взаимодействии независимых переменных;
- о статистической связи независимых и зависимых переменных;
- о структуре латентных (скрытых) переменных (при корреляционном исследовании).

Статистические оценки дают информацию не только о наличии, но и о достоверности сходств и различий полученных результатов для контрольной и экспериментальной групп. Конкретные методы обработки данных и проверки

статистических гипотез определяются выбранным экспериментальным планом. Для решения большинства задач статистической обработки существуют стандартные пакеты программ, например Statistica, Stadia, SPSS и др.

Итогом проведенной работы является подтверждение или опровержение экспериментальной гипотезы о зависимости между анализируемыми переменными. Основным (но не всегда единственным) аргументом в пользу принятия гипотезы являются результаты статистического анализа. Однако при этом возможны ошибки первого (отвергается истинная гипотеза) либо второго (принимается ложная гипотеза) рода. Поэтому результаты статистического анализа и полученного на основе его вывода обязательно должны сопровождаться содержательным, качественным анализом.

### **1.4.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Получить у преподавателя задание на разработку процедуры экспериментального исследования.
3. Сформулировать гипотезу, подлежащую экспериментальной проверке.
4. Определить независимую и зависимую переменные.
5. Определить состав дополнительных переменных и составить их полный список.
6. Определить условия проведения эксперимента, позволяющие контролировать влияние дополнительных переменных.
7. Разработать план и процедуру проведения эксперимента.
8. Разработать требования к составу и количеству испытуемых.

### **1.4.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- описание порядка проведения работы;
- полученные результаты и их анализ;
- выводы по работе.

### **1.4.4. Контрольные вопросы**

1. Почему эксперимент считают активным методом исследования?
2. Что является зависимой переменной в инженерно-психологических экспериментах?
3. Что такое надежность, валидность и сензитивность зависимой переменной?
4. Какими способами можно контролировать дополнительные переменные?
5. В чем заключаются достоинства и недостатки естественного эксперимента?
6. В чем заключаются достоинства и недостатки лабораторного эксперимента?

7. Чем различаются синтетические и аналитические лабораторные эксперименты?
8. Что такое ситуационный эксперимент?
9. Что представляет собой математический эксперимент?
10. В чем заключается физическое моделирование в инженерной психологии?
11. Назовите и охарактеризуйте основные этапы организации экспериментального исследования.

## **1.5. МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ И АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА**

*Цель работы:* изучить методы описания и анализа деятельности человека-оператора; сформировать навыки алгоритмического описания деятельности.

### **1.5.1. Теоретические сведения**

Любое инженерно-психологическое исследование должно начинаться с описания и анализа деятельности оператора в системе «человек – машина». Его целью является определение места человека при решении задач, для которых предназначена изучаемая система, общая психофизиологическая характеристика деятельности в ней человека, выявление структуры человеческих факторов, влияющих на эффективность работы системы в целом и ее отдельных частей.

В зависимости от конкретной задачи цель такого анализа может быть различной. Если предстоит проводить экспериментальные исследования, то описание и анализ нужны главным образом для выбора адекватной модели деятельности или отдельных типовых действий, а также для определения конкретных задач эксперимента. Если требуется инженерно-психологическая оценка СЧМ, то целью анализа будет выявление тех компонентов системы, по которым эта оценка должна проводиться. При разработке критериев и методов профессионального отбора описание и анализ должны быть направлены на выявление свойств личности, существенно влияющих на качество деятельности.

Под описанием деятельности понимается ее отображение с помощью некоторой системы знаковых средств. Выделяют два основных подхода к описанию деятельности оператора: на уровне системы «человек – машина» и на уровне отдельных операций (рис. 1.7).

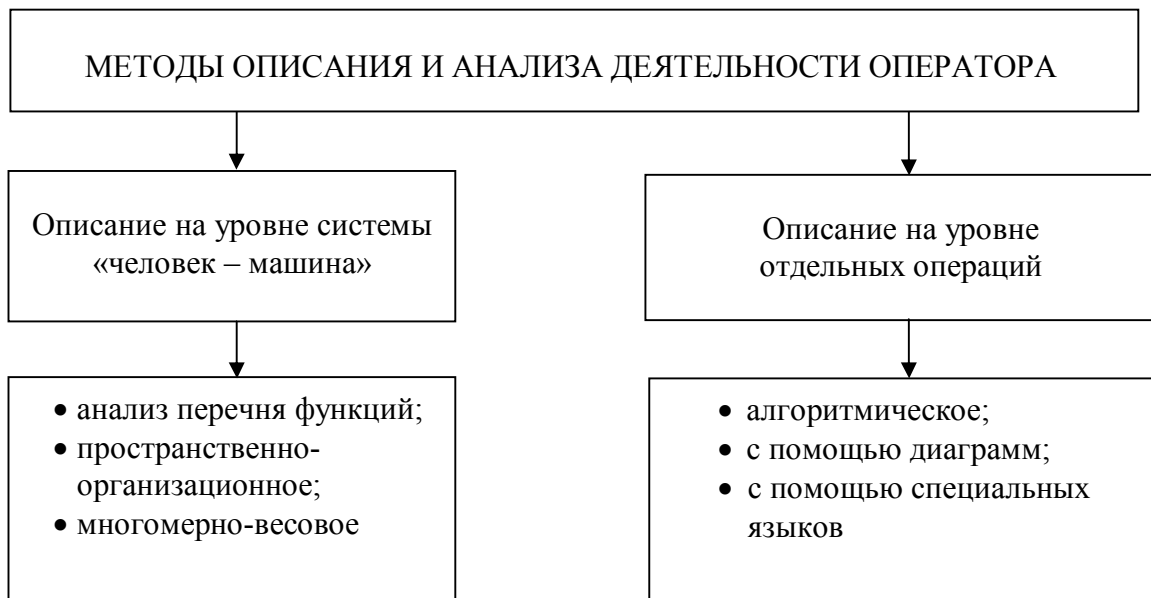


Рис. 1.7. Классификация методов описания и анализа деятельности оператора

*Анализ перечня функций* служит для раскрытия и отображения только общих особенностей, присущих всей рассматриваемой деятельности (ее организации, композиции, структуре, составу и т. д.). Описание деятельности при этом включает:

- 1) перечень функций, выполняемых человеком в процессе деятельности;
- 2) связь человека с отдельными техническими средствами;
- 3) совместное отображение перечня функций и связей.

Последние задачи решаются путем пространственно-организационного или многомерно-весового описания деятельности.

*Пространственно-организационное описание* является одним из простых способов установления взаимосвязи между человеком и техническими средствами. Описание осуществляется с помощью схемы, на которой изображены технические средства, с одной стороны, и человек или группа людей – с другой (рис. 1.8).

Связи между этими компонентами системы изображаются с помощью стрелок, указывающих направление передачи информации или направление воздействия. Форма стрелок может означать характер связи, иногда ее значимость. Такой вид описания используется главным образом при анализе деятельности оператора со средствами индикации, отображения информации и органами управления на пультах.

В этих случаях на чертеже пульта управления стрелками отмечаются переходы оператора от одного средства к другому, причем сама стрелка указывает направление переходов, а цифра около нее – их частоту. Пример такой схемы представлен на рис. 1.9 [12].



Рис. 1.8. Описание пространственной организации системы

С помощью такой схемы можно выделить на пульте отдельные группы или блоки технических средств, между которыми имеется наибольшее число связей, и анализировать эти связи как внутри блоков, так и между ними.

Рассмотренный метод может быть применен и для анализа циркуляции информации между группой операторов в системе управления. В качестве примера на рис. 1.10 показана схема, иллюстрирующая загрузку каналов связи в экипаже многомоторного самолета. Степень загрузки отдельных каналов связи отображается на схеме шириной полосы между условными обозначениями членов экипажа. Цифра указывает число команд, поступающих по данному каналу в единицу времени.

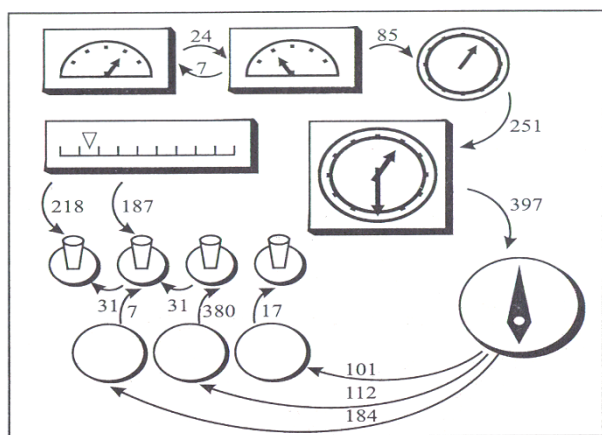


Рис. 1.9. Описание пространственной организации средств на пульте

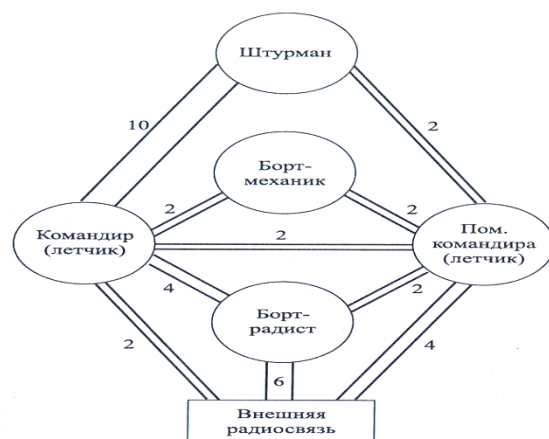


Рис. 1.10. Схема загрузки каналов связи между членами летного экипажа

*Многомерно-весовое описание деятельности* заключается в объединении в одной общей схеме наиболее существенных факторов и показателей, определяющих деятельность оператора, и в представлении этих переменных (различного содержания, вида, различной природы и т. п.) с учетом их отдельных весов и связей в единой стандартизированной форме. Данный метод, как и предыдущий, служит для отображения функций оператора, однако здесь эти функции представляются с учетом их удельного веса в деятельности и их взаимосвязей. Весовые коэффициенты при этом могут определяться путем как непосредственных или косвенных измерений, так и экспертных оценок.

*Методы описания и анализа деятельности оператора на уровне операций* основаны главным образом на описаниях последовательности операций по переработке информации и вероятностно-статистических связей, существующих между элементами и показателями исследуемой деятельности. Описание деятельности в этом случае предполагает составление перечня элементарных преобразований ситуации или объекта, обусловленных целью трудового процесса. В такие описания включаются не только элементы деятельности человека, но и процессы, реализуемые техническими средствами. Одним из наиболее сложных вопросов при таком подходе является установление меры дискретности, т. е. уровня детализации рассматриваемых элементов трудового процесса.

Наиболее часто такое описание осуществляется на уровне единиц, которые непосредственно могут фиксироваться в процессе работы (например, отсчет показаний прибора, поворотов рукоятки, перемещений руки или взгляда и т. д.), или явно выраженных логических условий, которые, очевидно, присутствуют при выборе способа действия.

Такой подход наиболее полно реализуется с помощью алгоритмического описания деятельности (в словесной, логической, структурной формах или в виде граф-схем алгоритма) путем составления диаграмм и органиграмм деятельности или же ее описанием специальными символическими языками.

Названные методы операционально-структурного описания позволяют во многих случаях достаточно детально охарактеризовать трудовой процесс и могут быть положены в основу его последующего анализа. С их помощью оценивают, например, такие показатели трудового процесса, как степень разнообразия работы, интенсивность процесса в целом или какого-либо его этапа, степень стереотипности, логической сложности алгоритма решения задач и т. п. Кроме того, описание деятельности на уровне элементарных действий может быть использовано для составления инструкций по работе оператора при решении тех или иных задач.

*Описание и анализ деятельности на уровне операций* может проводиться следующими методами: диаграмм оперативных планов, граф-схем, органиграмм, символьных языков, алгоритмического описания.

*Метод диаграмм оперативных планов* позволяет получить графическое описание последовательности преобразования информации и действий оператора при решении отдельных задач управления. При этом способы преобразования информации и действия оператора отображаются на специальной диаграмме в виде соответствующих геометрических фигур.

*Метод граф-схем* служит для краткого схематичного отображения отдельных характеристик деятельности оператора: ее операционно-логической структуры, вероятностно-статистических или временных связей, причинно-следственных факторов возникновения ошибок и т. п. Если события, фиксируемые оператором, и отдельные его действия представить как вершины графа ( $A, B, C$  и т. д.), проверяемые логические условия – малыми буквами ( $p, q$  и т. д.), а возможные связи между ними – как дуги графа, то полученная таким образом граф-схема будет кратким описанием рассматриваемого этапа деятельности (рис. 1.11).

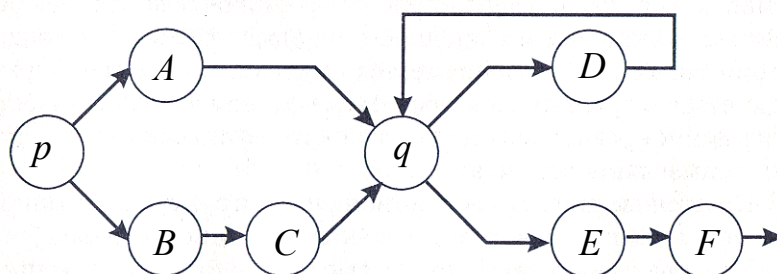


Рис. 1.11. Пример описания деятельности с помощью граф-схемы:

$A$  – прибор включен;

$B$  – прибор выключен;  $C$  – действие включения прибора;  $D$  – показания не соответствуют программе;  $E$  – показания соответствуют программе;  $F$  – управляющее воздействие;

$p$  – проверка включения;  $q$  – проверка соответствия

С помощью граф-схем можно получить некоторые количественные характеристики деятельности оператора и при этом учесть ее вероятностный характер.

Метод органиграмм позволяет наглядно в графической форме представить все логические условия, которые принимаются во внимание при решении задачи управления, и отображать их в той последовательности, в какой они используются в процессе переработки информации. Если в диаграмме оперативных планов в основном подчеркиваются виды преобразования информации, то в органиграмме выделяются главным образом логические возможности поиска решения на разных его этапах. Поэтому в органиграмме оказываются представленными отдельные бинарные схемы. Последовательно перебирая их, можно оценить все возможные пути решения задачи.

Пример органиграммы приведен на рис. 1.12. Исходным событием здесь является обнаружение оператором факта, что температура масла ( $t_m$ ) в двигателе превысила допустимое значение. Обнаружив это, оператор сопоставляет показания температуры масла и температуры выхлопных газов ( $t_{в.г.}$ ). Если между ними есть соответствие, то причина неисправности – перегрев двигателя. Если соответствия нет, то проверяется соответствие между температурой и давлением ( $P_m$ ) масла. При их соответствии диагноз – отказ термометра выхлопных газов. Если такого соответствия нет, то проверяется герметичность маслосистемы. Достоинством метода является его высокая наглядность, а недостатком – отсутствие указаний о том, каким образом осуществляются те или иные действия.

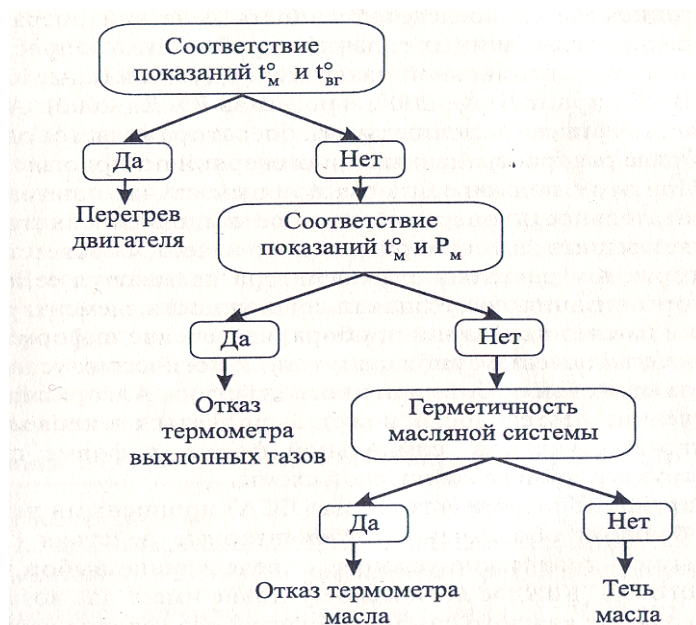


Рис. 1.12. Органиграмма, отображающая последовательность обнаружения причины отказа в системе турбовинтового двигателя

С помощью специальных символьных языков в наглядной компактной форме описывается последовательность действий оператора при решении



тех или иных задач. Подробно этот вопрос рассматривается в специальной литературе [12].

*Алгоритмическое описание* деятельности оператора является одним из наиболее распространенных в инженерной психологии методов. При этом под алгоритмом в общем случае понимается последовательность операций, точное выполнение которых позволяет решить задачу определенного класса. Соответственно алгоритмом деятельности оператора называется ее логическая организация, состоящая из совокупности элементарных действий (отсчет показаний прибора, извлечение информации из памяти, включение тумблера и т. п.) и логических условий, определяющих выбор того или иного действия.

Алгоритмическое описание деятельности может выполняться в словесной, таблично-текстуальной, символьной форме, в форме граф-схем, структурной или логической схемы.

В логической схеме алгоритма (ЛСА) прописными латинскими буквами обозначаются элементарные действия (ЭД), строчными – логические условия, определяющие выбор того или иного ЭД. Каждое логическое условие имеет два возможных исхода.

От каждого символа логического условия начинается нумерованная стрелка, которая направлена к какому-либо другому элементу. Исполнение ЛСА начинается с того, что срабатывает самый левый элемент схемы. После этого определяется, какой элемент должен работать следом за ним. Если первый элемент был ЭД, то после него должен сработать тот элемент схемы, который непосредственно следует за ним, т. е. второй. Если же первый элемент схемы – логическое условие, то возможно два исхода: или логическое условие выполняется (тогда срабатывает следующий элемент алгоритма), или же оно не выполняется. В этом случае срабатывает тот элемент, к которому ведет нумерованная стрелка, начинающаяся после данного логического условия. Дальнейшая работа схемы аналогична.

Простейший пример записи означает (рис. 1.13), что оператор должен выполнить действие  $A$ , затем проверить выполнение логического условия  $p$  (например горит или нет сигнальная лампочка). Если условие не выполнено (лампочка не горит), осуществляется действие  $C$ , в противном случае оператор выполняет действия  $B$  и  $C$ . После этого проверяется логическое условие  $q$ . В зависимости от результата проверки оператор либо приступает к выполнению действия  $D$  (при положительном исходе), либо возвращается к действию  $A$ .

Запись алгоритма на языке ЛСА

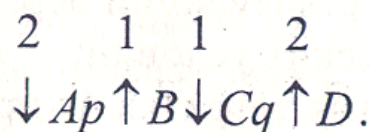


Рис. 1.13

Необходимо отметить, что алгоритмический способ описания деятельности человека-оператора предполагает ряд ограничений, поэтому неизбежно упрощает реальную деятельность. К таким ограничениям относятся:

- последовательный характер описания алгоритмов;
- детерминированность функции переходов;
- бинарность логических условий;
- допущение о нулевых затратах на проверку логических условий.

Анализ схемы алгоритма позволяет получить и некоторые количественные характеристики трудового процесса: показатели стереотипности, логической сложности, динамической интенсивности [12].

Рассмотренные показатели позволяют дать количественную оценку деятельности оператора. Они используются для сравнительной оценки однотипных видов деятельности, широко применяются также при проведении инженерно-психологической оценки СЧМ.

Однако при практическом использовании этих показателей нужно иметь в виду, что они определяют не столько сложность деятельности оператора, сколько сложность записи алгоритма на языке ЛСА. Недостатки такого подхода заключаются в следующем:

- не учитывается реальная сложность отдельных операций алгоритма;
- не учитываются логические связи (т. е. структура алгоритма), так как во внимание принимается лишь число, состав и группировка операции алгоритма; другими словами, оценивается только один, наиболее типичный вариант реализации алгоритма;
- не учитывается вероятность (частота встречаемости) алгоритма в деятельности оператора.

Рассмотренные методы описания деятельности оператора являются основой для ее последующего анализа, в результате которого раскрывается сущность отдельных ее элементов и деятельности в целом, указываются способы ее выполнения.

Наиболее разработанным является системный подход к анализу деятельности [16]. При таком подходе предусматривается несколько уровней анализа:

- личностно-мотивационный;
- компонентно-целевой;
- структурно-функциональный;
- информационный;
- психофизиологический;
- индивидуально-психологический.

Уровень *личностно-мотивационного анализа* предполагает изучение системы потребностей личности, с одной стороны, и возможностей их удовлетворения, заложенных в особенности профессии, с другой. Степенью взаимного соответствия этих двух аспектов определяется уровень мотивации трудового поведения.

На уровне *компонентно-целевого анализа* вскрываются цель и значение каждого действия в общей структуре трудовой деятельности. При этом должна

рассматриваться не только внешняя, но и внутренняя сторона, связанная с реализацией психических свойств работника и психических процессов, участвующих в выполнении действий.

На уровне *структурно-функционального анализа* изучаются принципы организации, механизмы взаимодействия отдельных действий в целостной структуре деятельности. При этом вскрываются связи между отдельными действиями, их значимость и вес.

На уровне *информационного анализа* выявляются те признаки, ориентируясь на которые работник выполняет трудовые действия, устанавливаются способы получения работником информации, необходимой для деятельности, изучается организация информационного потока во времени и т. п.

На *психофизиологическом уровне* проводится изучение физиологических систем и процессов, влияющих на деятельность. Большое значение при этом придается анализу активационных и информационно-энергетических процессов.

Уровень *индивидуально-психологического анализа* предполагает изучение субъекта деятельности, личности работника во всем многообразии ее качеств.

В сочетании всех перечисленных уровней описание деятельности предстает как многоуровневое полиструктурное образование. При этом системный анализ рассматривает любое явление в развитии, что относительно профессиональной деятельности означает необходимость изучения процесса овладения деятельностью, становления профессионального мастерства.

### **1.5.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Получить у преподавателя задание на разработку алгоритма работы оператора (тип и характеристики СЧМ).
3. Проанализировать данные задания, обосновать и выбрать метод алгоритмического описания.
4. Разработать алгоритмы работы оператора.
5. Проанализировать результаты и сделать по ним выводы.
6. Оформить отчет о выполнении работы.

### **1.5.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание порядка проведения работы;
- полученные результаты и их анализ;
- выводы по работе.

#### 1.5.4. Контрольные вопросы

1. Для решения каких задач требуются описание и анализ деятельности оператора?
2. На каких уровнях может проводиться описание деятельности оператора?
3. С использованием каких методов проводится описание деятельности оператора на уровне СЧМ?
4. С использованием каких методов проводится описание деятельности оператора на уровне отдельных операций?
5. Что представляет собой метод диаграмм оперативных планов?
6. Что представляет собой метод граф-схем?
7. Что представляет собой метод органиграмм?
8. С использованием каких форм может проводиться алгоритмическое описание деятельности оператора?
9. Какие характеристики деятельности оператора можно получить на основе анализа алгоритма его работы?
10. В чем заключаются недостатки алгоритмического описания деятельности?

## 2. ПРОЦЕССЫ ВОСПРИЯТИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

### 2.1. ИССЛЕДОВАНИЕ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

*Цель работы:* исследовать влияние числа альтернатив сигналов и амплитуды движения руки оператора на общее время сложной реакции человека-оператора и ее отдельные составляющие.

#### 2.1.1. Теоретические сведения

Время реакции человека-оператора на сигналы различной модальности является суммой нескольких составляющих, которые могут быть объединены в две группы: сенсорная составляющая (латентный период)  $t_1$  и моторная составляющая (двигательная реакция)  $t_2$ , т.е.

$$t_p = t_1 + t_2. \quad (2.1)$$

Время  $t_1$  включает в себя следующие составляющие: время зрительного поиска (наведение глаз на нужный индикатор), время фиксации и установки глаз в положение, обеспечивающее восприятие, собственно время восприятия, время декодирования воспринятого признака, время переработки информации и принятия решения.

После того как решение принято, начинается ответная реакция – двигательная (моторная) или речевая. Время  $t_2$  состоит из следующих составляющих: времени поиска органа управления, времени движения руки к органу управления, времени осуществления управляющего воздействия (нажатие кнопки, включение тумблера).

При анализе реакции оператора необходимо иметь в виду, что движения в той или иной степени осуществляются под контролем зрительной системы. Многие элементы программы двигательного акта 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, т. е. частично перекрываются. Однако для выполнения условия (2.1) предполагаем, что длина этого участка равна нулю.

*Сенсорная составляющая* связана со временем, необходимым для перцептивных (чувственных) или познавательных процессов, и частично зависит от готовности оператора, складывающейся до появления сигнала и обусловленной знанием о вероятностях появления сигналов. Это время в значительной степени зависит от числа альтернатив входного сигнала и вероятностей их появления, а также от модальности сигнала и его интенсивности.

*Моторная составляющая* связана с длительностью тех процессов в двигательной системе, которые необходимы для регуляции временных и пространственных параметров движения. Эти процессы начинаются сразу после принятия решения о движении. Моторная составляющая в значительной степени зависит от амплитуды движения и размера органа управления:

$$t_2 = a + b \log_2 \frac{2A}{W} = a + bT, \quad (2.2)$$

где  $a, b$  – константы;

$A$  – амплитуда движения;

$W$  – размер органа управления;

$T$  – комплексный показатель трудности.

Таким образом, время восприятия  $t_1$  и время движения  $t_2$  независимо друг от друга подвергаются влияниям степени неопределенности относительно стимула к движению (числа альтернатив сигналов и их вероятностей) и степени неопределенности, присущей самому процессу движения (параметры  $A$  и  $W$ ).

Для деятельности оператора характерны два режима осуществления сложных сенсорных реакций.

В первом случае перед началом дискретного движения глаза неподвижны (режим зрительной фиксации), а рука 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 между всей площадью индикатора и площадью контролируемого участка может быть довольно большим. Этот режим работы называется *режимом фиксации*.

Во втором случае глаза оператора свободно рассматривают некоторое информационное поле, а рука или неподвижна, или совершает какие-то побочные движения. Эта ситуация возникает тогда, когда оператор должен вести наблюдение за несколькими индикаторами одновременно и реагировать только в том случае, если на одном из них произошло критическое изменение некоторого параметра. В отличие от первого случая соотношение между площадями индикатора и контролируемого участка может быть малым. Этот режим работы называется *свободным режимом*.

Исследования показывают, что латентный период времени реакции при прочих равных условиях значительно меньше при наблюдении в свободном режиме, чем в режиме фиксации. Его величина зависит от эксцентриситета стимула (наблюдается медленное увеличение латентного периода с ростом угла проекции стимула на сетчатку). Это увеличение более выражено в режиме фиксации, чем в режиме свободного наблюдения. За пределами зоны ясного видения (при угле проекции стимула на сетчатку  $>45^\circ$ ) это увеличение проявляется наиболее сильно.

Время движения при прочих равных условиях также существенно меньше в свободном режиме по сравнению с режимом фиксации. Его величина зависит от направления движения: движения вправо и вниз протекают быстрее, чем влево и вверх. Эта зависимость наблюдается в обоих режимах работы. Время движения линейно зависит также от амплитуды движения (с увеличением амплитуды время движения увеличивается). Однако в явном виде эта зависимость проявляется лишь

для свободного режима. В режиме фиксации время движения линейно зависит в соответствии с формулой (2.2) от комплексного показателя трудности  $T$ .

Значительный интерес представляют результаты, свидетельствующие об уменьшении обеих составляющих времени реакции в свободном режиме по сравнению с режимом фиксации. В этом проявляется функциональное единство сенсорных и моторных процессов. В ответ на изменение режима наблюдения появляются качественные и количественные изменения в моторной деятельности. Это как раз и свидетельствует об участии параллельно действующих каналов, имеющих общие временные участки.

Общее время реакции зависит также от сложности выбора нужного сигнала на информационном поле. В качестве меры сложности может быть принято количество поступающей к оператору информации. Общее время реакции увеличивается в этом случае за счет латентного периода, время же моторного акта мало зависит от количества поступающей к оператору информации.

В работе исследуется влияние числа альтернатив сигналов и амплитуды движения руки оператора на время восприятия, время движения и общее время реакции оператора.

### **2.1.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Запустить на ЭВМ соответствующую программу.
3. Изучить правила работы с программой (справку о программе).
4. Провести тренировочную серию предъявлений для освоения навыков испытуемого.
5. Получить данные о зависимости времени восприятия, времени движения и общего времени реакции от числа альтернатив сигналов для различных значений амплитуд движения руки и числа измерений.
6. Получить данные о зависимости времени восприятия, времени движения и общего времени реакции от амплитуды движения руки для различных значений альтернатив сигналов и числа измерений.
7. Построить по полученным результатам графические зависимости, проанализировать их и сделать выводы.
8. Оформить отчет по работе.

### **2.1.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

#### 2.1.4. Контрольные вопросы

1. Из каких составляющих состоит время реакции оператора?
2. Что входит в состав времени латентного периода сенсомоторной реакции?
3. Из каких составляющих состоит двигательная (моторная) реакция?
4. От каких факторов зависит сенсорная составляющая времени реакции оператора?
5. От каких факторов зависит моторная составляющая времени реакции оператора?
6. Какая взаимосвязь существует между двумя составляющими времени сенсомоторной реакции?
7. Какие существуют режимы работы оператора при осуществлении сложных реакций?

### 2.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА НА ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ СИГНАЛЫ

*Цель работы:* изучить виды реакций человека-оператора и исследовать зависимости времени реакции от количества поступающей информации

#### 2.2.1. Теоретические сведения

Одной из важнейших задач инженерной психологии является разработка принципов и способов организации информации, которую оператор получает в процессе работы. Сюда относятся вопросы, связанные с определением объема и временных характеристик информации (согласование темпа поступления информации с психофизиологическими возможностями человека), размещением на рабочем месте средств отображения информации (приборов, табло, мнемосхем), распределением функций между человеком и техническими устройствами.

Оператор в системе «человек – машина» получает информацию, как правило, в закодированном виде с помощью формализованных сигналов. Это означает, что состояние управляемого объекта отображается с помощью показаний приборов, сигнальных индикаторов и т. п. При этом каждому показанию этих средств отображения информации соответствует определенное состояние управляемого объекта.

Одним из основных показателей работы оператора является скорость, с которой он воспринимает и перерабатывает информацию, а также осуществляет управляющие воздействия. Этот показатель наряду с показателями быстродействия технических элементов определяет быстродействие всей системы «человек – машина». Показателем быстродействия этой системы является время цикла регулирования, т. е. время прохождения информации по замкнутому контуру «человек – машина».

Это время равно



$$T_{ц} = \tau_{оп} + \sum_{i=1}^n \tau_{м_i}, \quad (2.3)$$

где  $\tau_{оп}$  – время обработки информации (решения задачи управления оператором);

$n$  – число машинных звеньев;

$\tau_{м_i}$  – время задержки информации в  $i$ -м звене машины.

Для большинства систем «человек – машина» исходя из условий их применения и характера решаемых задач обычно бывает известным или заданным допустимое время цикла регулирования  $T_{доп}$ . Тогда при известных значениях  $\tau_{м_i}$  (а для большинства технических элементов они известны) требуемое быстроедействие оператора определяется из условия

$$\tau_{оп} \leq T_{доп} - \sum_{i=1}^n \tau_{м_i}. \quad (2.4)$$

При выполнении условия (2.4) оператор обеспечивает требуемое быстроедействие системы «человек – машина». Однако для того чтобы проверить выполнение условия (2.4), необходимо знать время  $\tau_{оп}$ . Для реально существующих систем это время может быть определено экспериментальным путем. При проектировании системы «человек – машина», когда будущая система существует еще в чертежах, величина  $\tau_{оп}$  находится расчетным (аналитическим) путем с помощью одного из возможных методов прогнозирования времени решения задачи оператором. В инженерной психологии часто применяются следующие методы прогнозирования: сетевой, последовательно-структурный, информационный.

Сущность *сетевого метода* состоит в том, что деятельность оператора представляется в виде сетевой модели. Работами сетевой модели являются различного рода операции (перцептивные, мыслительные, двигательные), выполняемые оператором. События модели являются моменты окончания выполнения этих операций. Время решения задачи определяется продолжительностью критического пути. Сетевой метод при правильном его применении наиболее полно отражает психофизиологическую сущность деятельности оператора (последовательно-параллельный характер выполнения отдельных элементарных операций).

При применении *последовательно-структурного метода* время определяется как сумма временных затрат на выполнение отдельных операций. Следовательно, в этом случае деятельность оператора представляется в виде цепочки последовательно выполняемых элементарных операций (снятие показаний с прибора, проверка логических условий, движение руки, включение тумблера и т. п.). По сравнению с сетевым данный метод дает завышенные значения времени  $\tau_{оп}$ . Однако в ряде случаев это не является препятствием для применения метода. Например, если условие (2.4) выполняется при применении последовательно-

структурного метода, то оно тем более будет выполняться при использовании меньших по величине значений  $\tau_{\text{оп}}$ .

В основе информационного метода лежит наличие линейной зависимости между временем решения задачи оператором и количеством перерабатываемой при этом информации. Для вычисления времени  $\tau_{\text{оп}}$  используется формула

$$\tau_{\text{оп}} = a + b \cdot H = a + \frac{H}{V_{\text{оп}}}, \quad (2.5)$$

где  $a$  – время простой реакции;

$b$  – время переработки одной двоичной единицы информации;

$H$  – количество информации, перерабатываемой оператором;

$V_{\text{оп}}$  – скорость переработки информации оператором.

Теоретически значения  $a$  лежат в пределах от 0,2 до 0,6 с в зависимости от вида реакции. Значения  $V_{\text{оп}}$  составляют 2 – 4 дв. ед/с. Графически зависимость (2.5) изображена на рис. 2.1. Величина  $a$  представляет собой точку на оси ординат при  $H = 0$ .

Величина  $V_{\text{оп}}$  графическим способом определяется по формуле

$$V_{\text{оп}} = \frac{\Delta H}{\Delta \tau} = \frac{4 - 2}{1,8 - 1,0} = \frac{2}{0,8} = 2,5 \text{ дв. ед/с.} \quad (2.6)$$

Величина  $V_{\text{оп}}$  зависит от структуры информационного поля (степени совмещения стимула и реакции), тренированности оператора, его функционального состояния и т. д. При увеличении  $V_{\text{оп}}$  уменьшается угол наклона прямой по отношению к оси абсцисс (прямая 2 по отношению к прямой 1 на рис. 2.1).

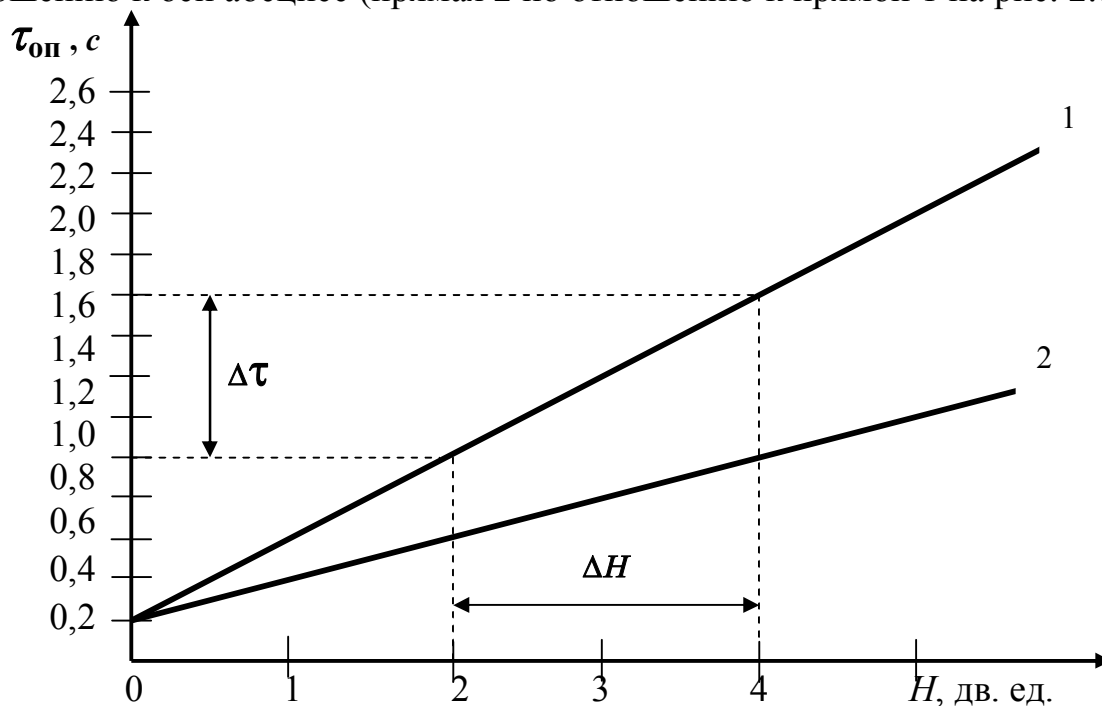


Рис. 2.1. Зависимость времени решения задачи оператором от количества перерабатываемой информации

Количество перерабатываемой человеком информации в общем случае находится по формуле

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 P_i, \quad (2.7)$$

где  $n$  – общее число различных сигналов;

$P_i$  – вероятность появления  $i$ -го сигнала.

При равновероятном поступлении сигналов ( $P_i = 1/n$ ) количество перерабатываемой человеком информации достигает максимальной величины (для данных условий) и, как это следует из выражения (2.7), при  $P_i = 1/n$  равно

$$H = \log_2 n. \quad (2.8)$$

Ввиду относительной простоты информационный метод находит довольно широкое применение для определения времени решения задачи оператором. Именно этот метод и исследуется в процессе выполнения данной практической работы. Основным недостатком метода является относительно низкая точность, обусловленная трудностями применения информационных методов, разработанных в классической теории связи, для определения количества информации, перерабатываемой человеком-оператором.

В ряде случаев, особенно при работе по заранее определенному алгоритму, деятельность оператора может быть представлена как совокупность последовательно осуществляемых реакций.

Реакция человека на формализованные сигналы может быть простой и сложной. Простая реакция заключается в том, что человек производит вполне определенное действие (нажатие кнопки, включение тумблера) в ответ на поступление заранее известного сигнала. Время простой реакции определяется временем восприятия сигнала (латентным, или скрытым временем реакции) и временем осуществления моторного акта, связанного с движением руки к органу управления и манипулированием им. Следовательно, время простой реакции равно

$$\tau_{п.р} = \tau_{в} + \tau_{м}, \quad (2.9)$$

где  $\tau_{в}$  – время восприятия сигнала;

$\tau_{м}$  – время осуществления моторного акта.

Сложная реакция (реакция выбора) заключается в том, что оператор должен в ответ на каждый из возможных сигналов осуществить то или иное действие, вполне определенное для каждого из этих сигналов. В этом случае оператор должен не только обнаружить появление сигнала, но еще и выделить его среди какого-то количества других возможных сигналов (т. е. осуществить выбор нужного сигнала), принять решение по осуществлению того или иного управляющего воздействия и после этого осуществить его. Время сложной реакции ( $\tau_{с.р}$ ) будет отличаться от предыдущего и определяться следующим выражением:

$$\tau_{с.р} = \tau_{в} + \tau_{р} + \tau_{п} + \tau_{м}, \quad (2.10)$$

где  $\tau_{р}$  – время принятия решения;

$\tau_{п}$  – время поиска и обнаружения нужного органа управления.

Значение отдельных составляющих, входящих в выражение (2.10), а следовательно, и общее время реакции зависят от количества поступающей информации в соответствии с выражением (2.5). Практической целью работы и является экспериментальная проверка (на примере реакции выбора) этой зависимости.

В работе исследуется зависимость быстродействия оператора от количества перерабатываемой информации и определяются количественные значения величин, входящих в выражение (2.5), для конкретных условий эксперимента и информационного табло.

### 2.2.2. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Запустить на ЭВМ соответствующую программу.
3. Изучить правила работы с программой (справку о программе).
4. Провести тренировочную серию предъявлений для освоения навыков испытуемого.
5. Определить время простой сенсомоторной реакции для одной альтернативы сигнала.
6. Определить время сложной сенсомоторной реакции для различного числа альтернатив сигналов и числа измерений по каждой альтернативе.
7. Определить количество информации для каждой альтернативы сигналов по формуле (2.8).
8. Построить графическую зависимость времени реакции от количества поступившей информации.
9. Рассчитать скорость переработки информации по построенной графической зависимости.
10. Получить аналитическую зависимость вида (2.5) для исследуемого вида информационного табло.
11. Оформить отчет по работе.

### 2.2.3. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;

- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов расчета;
- выводы по работе.

#### 2.2.4. Контрольные вопросы

1. Как определяется требуемое быстродействие оператора?
2. Какие методы используются для определения требуемого времени решения задачи управления оператором?
3. Как по экспериментальным данным рассчитывается скорость переработки информации оператором?
4. От каких факторов зависит скорость переработки информации оператором?
5. Чем отличается сложная сенсомоторная реакция от простой?
6. Из каких составляющих состоит простая и сложная сенсомоторная реакция?

### 2.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

*Цель работы:* исследовать влияние условий предъявления информации на характеристики оперативной памяти (вероятность правильного воспроизведения информации).

#### 2.3.1. Теоретические сведения

Деятельность человека-оператора в системе «человек – машина» заключается в восприятии и переработке информации. Эту деятельность обеспечивают практически все познавательные процессы, важнейшее место среди которых занимает память. В деятельности оператора различают **два основных вида памяти:** статическую (постоянную) и динамическую (оперативную).

*Постоянная память* связана с запоминанием, сохранением и воспроизведением многочисленных и разнообразных статических элементов системы управления. Оператор должен знать управляемую систему во всех деталях, со всеми особенностями и быстро воспроизводить соответствующие элементы для решения возникающих задач управления.

*Оперативная память* связана с запоминанием, сохранением и воспроизведением динамических (меняющихся) элементов ситуации по отношению к статической системе. Следовательно, под оперативной памятью понимаются процессы запоминания, сохранения и воспроизведения информации, получаемой и передаваемой при выполнении отдельного действия и необходимой для достижения частной цели. Процессы оперативной памяти связаны с целью единичного действия и необходимы только для достижения его частной цели, после чего

они утрачивают свою актуальность и целесообразность. Длительность процессов оперативной памяти ограничивается длительностью осуществления данного действия.

Кроме рассмотренного деления памяти на постоянную и оперативную можно говорить о долговременной и кратковременной памяти. *Долговременная память* характеризуется длительным запоминанием (после неоднократных повторений) и (или) длительным сохранением информации. *Кратковременная память* характеризуется немедленным запоминанием (запоминанием с одного предъявления), немедленным воспроизведением и кратким сохранением информации.

В ряде случаев постоянную память отождествляют с долговременной, а оперативную – с кратковременной. Однако такое отождествление не всегда правомерно.

В основе деления памяти на долговременную и кратковременную лежит различие в длительности и характере (однократное или многократное) предъявления, сохранения и воспроизведения информации.

Деление памяти на постоянную и оперативную связано с различным участием этих видов памяти в деятельности оператора, обслуживанием соответственно «стратегических» (конечных) и «тактических» (текущих) целей и задач деятельности.

Поэтому следует рассматривать постоянную память как прошлый опыт, т. е. накопленную впрок информацию, а долговременную память – как процесс запоминания (иногда на длительное время) после многократных предъявлений.

Точно так же между оперативной и кратковременной памятью имеется принципиальное различие несмотря на то, что оба этих вида памяти объединяет относительно малое время процессов предъявления, сохранения и воспроизведения информации. Однако это время для оперативной памяти зависит от целей и задач деятельности, а для кратковременной памяти определяется условиями предъявления и воспроизведения информации. В этом заключается одно из различий кратковременной и оперативной памяти.

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 основания утверждать, что в некоторых случаях оперативная память занимает промежуточное положение между кратковременной и долговременной памятью.

Оперативная память, обеспечивая решение текущих задач оператора, играет важную роль в его деятельности. Многочисленными исследованиями установлено, что часть ошибок оператора связана с процессами оперативной памяти. Наиболее важными ее характеристиками являются *объем, длительность сохранения информации, помехоустойчивость*. При этом необходимо иметь в виду, что инженерную психологию интересуют не просто вопросы протекания тех или иных психических процессов (например процессов памяти) вообще, а осо-

бенности протекания этих процессов при выполнении определенной деятельности оператора. Поэтому весьма важным является вопрос о влиянии характера предъявления информации (ее длительности, темпа, объема, способа организации и т. п.) на характеристики процессов памяти. Важным является также установление зависимости между некоторыми характеристиками памяти и результатами работы оператора при выполнении конкретной деятельности за пультом управления. Последнее обстоятельство имеет очень важное значение для контроля состояния оператора, определения его готовности к выполнению деятельности, организации обучения и профессионального отбора.

*Объем оперативной памяти* определяется тем количеством информации (сигналов, символов, знаков), которое оператор способен запомнить после одного предъявления. Различают объем памяти на статические и динамические последовательности сигналов. В первом случае оператор должен запомнить и воспроизвести неизменяющуюся последовательность сигналов. Во втором случае оператор должен не только хранить в памяти найденную последовательность сигналов, но и следить за ее изменениями. Это имеет место при работе с динамической информационной моделью.

Объем памяти на статические последовательности составляет обычно 5–9 символов. При этом чем меньше длина алфавита символов (общее число различных символов, которые могут быть предъявлены), тем больше объем памяти, и наоборот. Например, при предъявлении последовательности двоичных чисел (длина алфавита равна двум) объем памяти ближе к своему верхнему пределу. При запоминании десятичных цифр (длина алфавита равна 10) он составляет 7–8 цифр, а при запоминании букв (длина алфавита равна 33) он снижается до 5–6.

Значительно меньше исследованы вопросы запоминания динамической последовательности сигналов. Проведенные исследования показывают, что объем памяти в этом случае обычно не превышает 3–4 символов.

Большой интерес представляет **нахождение способа определения (регистрации) объема памяти**. Один из них основан на том, что *в качестве объема памяти принимается та длина последовательности сигналов, при которой имеет место 50-процентное правильное воспроизведение предъявленных последовательностей*. Такой способ применяется в экспериментальной психологии. Его достоинства – легкость регистрации объема памяти. Однако зарегистрированная таким способом величина не имеет ярко выраженного практического значения.

Поэтому для решения задач инженерной психологии может быть предложен другой способ, основанный на применении косвенного метода регистрации объема памяти. Суть его состоит в следующем. Выбирается индикатор измерений, в качестве которого может служить, например, вероятность правильного воспроизведения предъявленных последовательностей сигналов. Для оценки этой вероятности может использоваться величина

$$P_{\Pi} = \frac{m}{N}, \quad (2.11)$$

где  $m$  – число правильно воспроизведенных последовательностей;

$N$  – общее число последовательностей.

Поскольку любое измерение представляет собой сравнение с некоторым эталоном, то выбирается эталонное значение индикатора измерений  $P_3$ . Очевидно, что при использовании в качестве индикатора выражения (2.11)  $P_3 = 1$ .

Затем экспериментальным путем определяются вероятности  $P_{\Pi}$  для различных значений длины последовательности сигналов. Искомым значением (т. е. величиной объема памяти) является та длина, при которой наблюдается значимое уменьшение величины  $P_{\Pi}$  по сравнению с  $P_3$ . Оценка ведется с помощью статистических критериев.

Найденное таким способом значение объема памяти имеет определенный практический смысл и отражает сущность процессов памяти. Это выражается в том, что с помощью объективных критериев фиксируется та длина, при которой начинают значимо увеличиваться ошибки памяти. Это как раз и является следствием переполнения (превышения объема) оперативной памяти. Определение этого условия представляет большой интерес при решении целого ряда задач инженерной психологии.

Важной характеристикой оперативной памяти является также *время (длительность) сохранения информации*. Физиологической основой процесса сохранения является способность нервных клеток определенное время сохранять изменения, возникающие под влиянием внешних воздействий. Эти изменения называются «следом» памяти и постепенно затухают во времени.

Безошибочное воспроизведение информации возможно, пока затухание «следа» памяти не достигнет некоторого критического значения. Соответствующий этому промежутку времени называется длительностью «следа» памяти. Он и определяет время сохранения информации.

Измерение (регистрацию) времени сохранения информации так же, как и объем оперативной памяти, лучше всего вести косвенным методом. Для этого оператору предъявляется последовательность сигналов фиксированной длины, соответствующей объему памяти. Воспроизведение предъявляемых последовательностей оператор осуществляет через некоторое время, изменяемое в процессе эксперимента. Время ожидания воспроизведения, при котором вероятность  $P_{\Pi}$  значительно отличается от исходного уровня, и характеризует собой длительность сохранения информации в оперативной памяти.

Характеристики памяти в значительной степени зависят от условий, в которых протекает деятельность оператора. Для их определения используется понятие помехоустойчивости оперативной памяти. Наличие отвлекающих раздражителей, неудобное положение оператора, плохая освещенность и целый ряд других причин – все это приводит к ухудшению работы памяти. Пределы



помехоустойчивости памяти можно также определить методом косвенных измерений по изменению вероятности  $P_{п}$ .

Таким образом, вероятность  $P_{п}$  является одним из основных индикаторов, с помощью которого можно оценить характеристики оперативной памяти. Представляет определенный практический интерес исследование зависимости этой вероятности от различных условий предъявления информации. Установлено, что эта вероятность зависит от длительности предъявления одного символа, длины последовательности символов, способа предъявления символов (последовательное или одновременное).

Установлено также, что для многих видов операторской деятельности характеристики памяти являются важнейшим профессиональным качеством, от которого зависит успешность работы оператора. При ухудшении характеристик памяти соответственно изменяются в худшую сторону и результаты работы оператора, при этом коэффициент корреляции между ними может составлять 0,5–0,7. Таким образом, измеряя характеристики памяти, можно с определенной степенью уверенности сделать прогноз относительно того, каковы будут результаты работы оператора в реальной системе управления.

### 2.3.2. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Запустить на ЭВМ соответствующую программу.
3. Изучить правила работы с программой (справку о программе).
4. Провести тренировочную серию предъявлений для освоения навыков испытуемого.
5. Исследовать зависимость вероятности правильного воспроизведения от длины последовательности и времени предъявления символов при последовательном предъявлении информации для различного числа предъявлений:
  - а) получить данные для построения зависимостей вероятности правильного воспроизведения от длины последовательности предъявляемых символов для различного времени их предъявления;
  - б) получить данные для построения зависимостей вероятности правильного воспроизведения от времени предъявления символов для различной длины их последовательности.
6. Выполнить подпункт 5 при одновременном предъявлении информации.
7. Построить по полученным результатам графические зависимости, проанализировать их и сделать выводы.
8. Определить по построенным графическим зависимостям объем оперативной памяти для каждого времени предъявления информации и среднее значение объема оперативной памяти для каждого вида предъявления информации.
9. Оформить отчет по работе.

### 2.3.3. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

### 2.3.4. Контрольные вопросы

1. Какие виды памяти принимают участие в деятельности человека-оператора?
2. В чем заключается различие постоянной и оперативной памяти?
3. В чем состоит различие долговременной и кратковременной памяти?
4. Чем различаются постоянная и долговременная память?
5. В чем заключается различие оперативной и кратковременной памяти?
6. Какие характеристики оперативной памяти вы знаете?
7. От каких факторов зависит объем оперативной памяти?
8. Какими способами можно определить объем оперативной памяти?
9. Как определяется время сохранения информации в оперативной памяти?
10. Как определяется помехоустойчивость оперативной памяти?

## 2.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ ЗНАКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Цель работы:* исследовать процессы восприятия цифровой информации в зависимости от яркости, контраста, размера отображаемых знаков.

### 2.4.1. Теоретические сведения

На качество восприятия знаковой информации с экрана дисплея влияют многие факторы: яркость и контраст знаков, их геометрические размеры, формат знаков, время предъявления и др.

**Яркостью** называется сила света, излучаемого в перпендикулярном направлении с единицы светящейся поверхности. В общем случае яркость имеет две составляющие, которые создаются за счет излучения и отражения внешнего света.

Поскольку в поле зрения оператора одновременно могут попадать предметы с разной яркостью, в инженерной психологии вводится понятие *адаптирующей яркости*. Ею называется средневзвешенное значение яркостей, попадающих в поле зрения. Обычно на эту яркость адаптирован (настроен) зрительный анализатор человека. Наиболее благоприятные условия для работы

оператора создаются при яркостях адаптации от нескольких десятков до нескольких сотен кандел на квадратный метр.

**Контрастом знака** называется отношение разности яркости знака и фона к большей яркости. Различают два вида контраста: прямой (знаки темнее фона) и обратный (знаки ярче фона). Количественно контраст выражается формулами

$$K_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{ф}} - B_{\text{зн}}}{B_{\text{ф}}}; \quad K_{\text{об}} = \frac{B_{\text{зн}} - B_{\text{ф}}}{B_{\text{зн}}}; \quad (2.12)$$

где  $B_{\text{ф}}$  – яркость фона;

$B_{\text{зн}}$  – яркость знака.

Наилучшие условия для зрительного восприятия создаются при контрасте в пределах от 0,6 до 0,95. При меньших значениях контраста знаки плохо выделяются на окружающем фоне, при больших значениях возникает большой перепад в яркости фона и знака, что вызывает нежелательное явление – ослепление.

Работа с прямым контрастом более благоприятна для человека. В этом случае развивается меньшее зрительное утомление, чем при работе с обратным контрастом. Изображение на экране дисплея может иметь как прямой, так и обратный контраст.

Качество восприятия информации зависит также от размеров отображаемых знаков. Эти размеры выражаются обычно в угловых величинах. Для установления взаимной связи между угловыми и линейными величинами можно воспользоваться следующими соотношениями:

$$h = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2.13)$$

$$\alpha = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{h}{2 \cdot l}, \quad (2.14)$$

где  $l$  – расстояние от оператора до экрана дисплея;

$\alpha$  – угловой размер знака;

$h$  – линейный размер знака.

Для простых знаков, не имеющих внутренних опознавательных элементов (например геометрических фигур), минимально рекомендуемый угловой размер знака составляет 10'–15'. Для сложных знаков с внутренними опознавательными элементами этот размер составляет 30'–40'. К числу таких знаков относятся, например, цифры и буквы. Указанные размеры являются ориентировочными и могут меняться в зависимости от конкретных условий наблюдения (яркости, контраста, расстояния и т. п.).

Так, с уменьшением контраста минимальное время реакции достигается для знаков больших размеров. После достижения некоторого минимального уровня среднее значение времени реакции остается практически неизменным, поэтому дальнейшее увеличение размеров знаков не сказывается на качестве работы оператора.

Определенное влияние на качество восприятия оказывает *формат знака*, под которым понимается отношение ширины знака к его высоте. Наиболее предпочтительные форматы 2/3, 3/4, 5/7. Расстояние между двумя соседними знаками в строке в зависимости от вида контраста, яркости знаков, дистанции наблюдения должно составлять от 1/4 до 1/2 высоты знака. При этом меньшие расстояния рекомендуются для более светлых знаков.

Толщина обводки контура знака должна быть в пределах от 1/6 до 1/13 от высоты знака. Более яркие (светлые) знаки при этом рекомендуется изображать более тонкими линиями.

На качество восприятия информации оказывает влияние также время экспозиции знаков. Минимально необходимое для безошибочного восприятия время экспозиции зависит от ряда факторов: яркости и контраста знаков, их угловых размеров, дистанции наблюдения.

#### **2.4.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Запустить на ЭВМ соответствующую программу.
3. Изучить правила работы с программой (справку о программе).
4. Провести тренировочную серию предъявлений для освоения навыков испытуемого.
5. Рассчитать контрольное расстояние от монитора до глаз испытуемого и установить монитор на это расстояние.
6. Получить данные зависимости времени реакции от угловых размеров знака для различных значений коэффициента контраста и различного числа измерений при постоянном (бесконечном) времени экспозиции.
7. Получить данные зависимости времени реакции от коэффициентов контраста знака для различных значений углового размера и числа измерений при постоянном (бесконечном) времени экспозиции.
8. Получить данные зависимости числа ошибок от времени экспозиции знака для различных значений коэффициента контраста и числа измерений при оптимальном угловом размере знака (30'–40').
9. Построить по полученным результатам графические зависимости, проанализировать их и сделать выводы.
10. Оформить отчет по работе.

#### **2.4.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;

- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

#### 2.4.4. Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на качество восприятия знаковой информации?
2. Что такое адаптирующая яркость?
3. Какие существуют виды контраста и чем они различаются?
4. Какова взаимосвязь между высотой, угловым размером знака и расстоянием до него?
5. Какие оптимальные требования (контраст, угловой размер, формат, толщина контура) предъявляются к знакам?

### 2.5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

*Цель работы:* теоретически и экспериментально определить время информационного поиска и сравнить полученные результаты с помощью статистических критериев.

#### 2.5.1. Теоретические сведения

Для некоторых видов деятельности человека-оператора процесс восприятия сводится к информационному поиску – нахождению на устройстве отображения информации объекта с заданными признаками. Такими признаками могут 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:

$$\tau_{\text{и.п}} = \sum_{i=1}^{nj} (t_{\text{п}_i} + t_{\text{ф}_i}), \quad (2.15)$$

где  $n$  – число шагов поиска (число фиксаций, затраченных для нахождения нужного объекта);

$t_{\text{п}_i}$  – время  $i$ -го перемещения взора;

$t_{\text{ф}_i}$  – время  $i$ -й фиксации взора.

Время перемещения определяется углом скачка взора, а время фиксации зависит от целого ряда факторов: свойств информационного поля, способа деятельности оператора, степени сложности искомых элементов. Однако в условиях конкретного информационного поля (особенно при однородности его элементов) и конкретной задачи величина  $t_{\phi_i}$  относительно постоянна и является характеристикой данных условий работы (табл. 2.1).

Так как в условиях конкретной задачи  $t_{\phi_i}$  постоянно и  $t_{\pi_i} \ll t_{\phi_i}$ , то выражение (2.15) примет вид

$$\tau_{\text{и.п}} = n \cdot t_{\phi_i}. \quad (2.16)$$

Среднее значение времени информационного поиска равно

$$\tau_{\text{и.п}} = \bar{n} \cdot t_{\phi_i}, \quad (2.17)$$

где  $\bar{n}$  – математическое ожидание числа шагов поиска (зрительных фикций, необходимых для нахождения объекта с заданными признаками).

С учетом величины  $\bar{n}$ , которую определяют при построении математической модели информационного поиска,

$$\tau_{\text{и.п}} = \bar{n} \cdot t_{\phi_i} = \frac{N}{M+1} + 1 \cdot t_{\phi_i} \quad (2.18)$$

где  $N$  – общий объем (количество элементов) информационного поля;

$a$  – объем зрительного восприятия;

$M$  – число объектов, обладающих заданным для поиска признаком.

Объем зрительного восприятия ограничен, с одной стороны, объемом оперативной памяти (4–8 элементов), а с другой – пространственными характеристиками поля зрения (размерами зоны ясного видения).

В ходе информационного поиска размеры зоны ясного видения составляют примерно  $10^\circ$ . Объемом зрительного восприятия в данном случае следует считать то количество компонентов, которое одновременно попадает в зону, ограниченную углом  $10^\circ$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях (но не более  $6 \pm 2$ ).

Если в поле зрения ( $10^\circ \times 10^\circ$ ) попадает число элементов  $a \leq 6$ , то объем зрительного восприятия следует принять равным  $a$ . Если же в поле зрения одновременно попадает более шести компонентов, то объем зрительного восприятия принимается  $a = 6$ .

На основании формулы (2.18) можно сформулировать главные требования к организации информационного поля с точки зрения минимизации времени информационного поиска:

– элементы поля следует располагать так, чтобы в поле зрения  $10^\circ \times 10^\circ$  попадало максимальное число элементов, равное  $6 \pm 2$ ;

- следует по возможности уменьшать размер поля зрения, не допуская нахождения в нем ненужных элементов;
- искомые элементы следует выделять таким образом (цветом, формой, размерами), чтобы обеспечить наименьшее время фиксации.

Таблица 2.1

Средняя длительность зрительной фиксации  
в различных задачах информационного поиска

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

Рассчитанная по формуле (2.18) величина  $\tau_{и.п}$  является теоретическим значением математического ожидания времени информационного поиска. Поэтому эта величина нуждается в экспериментальной проверке. В результате эксперимента определяется число экспериментальных значений времени информационного поиска  $N_э$  и вычисляются его среднее значение  $\bar{\tau}_э$  и дисперсия  $D_э$ . Для проверки значимости различия между теоретическим и экспериментальным значениями времени информационного поиска используется формула сравнения математических ожиданий:

$$(2.19) \quad \left| \bar{\tau}_{и.п} - \bar{\tau}_э \right| \geq t_{1-p} \cdot \sqrt{D_э \left( \frac{1}{N_T} + \frac{1}{N_э} \right)},$$

где  $\bar{\tau}_{и.п}$  – теоретическое значение математического ожидания времени информационного поиска;

$\bar{\tau}_э$  – экспериментальное значение математического ожидания времени информационного поиска;

$t_{1-p}$  – значения случайной переменной, подчиненной распределению Стьюдента с  $f = N_T + N_э - 2$  степенями свободы (табл. 2.2.);

$p$  – уровень значимости (принимается равным 0,05);

$N_T$  и  $N_э$  – количество опытов, по результатам которых определены значения  $\bar{\tau}_{и.п}$  и  $\bar{\tau}_э$  соответственно.

Величины  $\bar{\tau}_э$  и  $D_э$  находятся в результате обработки экспериментальных данных по формулам:

$$\bar{\tau}_3 = \frac{1}{N_3} \sum_{i=1}^{N_3} (\bar{\tau}_3 - \bar{\tau}_i)^2, \quad (2.20)$$

$$D_3 = \frac{1}{N_{3-1}} \sum_{i=1}^{N_3} (\bar{\tau}_3 - \bar{\tau}_i)^2, \quad (2.21)$$

где  $\tau_i$  – экспериментальное значение времени информационного поиска, полученное в  $i$ -м опыте.

Таблица 2.2

Значения случайной переменной, подчиненной распределению Стьюдента, для различных значений степеней свободы и доверительной вероятности 0,95

$f$	2	4	6	8	10	15	20	25	40	120	$\infty$
$T_{0,95}$	2,92	2,13	1,94	1,86	1,81	1,75	1,73	1,71	1,68	1,66	1,64

В расчетах по формуле (2.19) величина  $N_3$  равна числу экспериментальных измерений времени информационного поиска.

Величина  $N_T$  принимается равной  $\infty$ , поскольку предполагается, что теоретическое значение получено по результатам бесконечно большого числа опытов.

Выполнение неравенства (2.19) свидетельствует о существенном различии между теоретическими и экспериментальными данными.

Необходимо отметить, что формулой (2.19) можно пользоваться при соблюдении следующих условий:

- сравниваемые величины подчинены нормальному закону распределения;
- дисперсии сравниваемых величин несущественно различаются между собой (проверка этого условия осуществляется с помощью критерия Фишера).

При выполнении данной работы предполагается, что оба этих условия соблюдаются.

В работе исследуется возможность использования выражения (2.18) в качестве модели для определения времени информационного поиска в конкретных условиях эксперимента для исследуемого информационного табло.

### 2.5.2. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Запустить на ЭВМ соответствующую программу.
3. Изучить правила работы с программой (справку о программе).
4. Провести тренировочную серию предъявлений для освоения навыков испытуемого.
5. Изучить предъявляемую информационную модель.
6. Для каждого типа элемента по формуле (2.18) определить теоретическое значение математического ожидания времени информационного поиска.



7. Для каждого типа компонента получить экспериментальное значение времени информационного поиска для различного числа измерений.

8. Провести сравнение теоретического и экспериментальных значений времени информационного поиска по формуле (2.18) и с использованием табл. 2.1.

9. Сделать вывод о практической значимости математической (теоретической) модели для времени информационного поиска различных видов компонентов на исследуемой модели информационного табло.

10. Оформить отчет и защитить работу.

### **2.5.3. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- исходные данные для расчетов;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, расчетных и экспериментальных результатов;
- выводы по работе.

### **2.5.4. Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой деятельность оператора в режиме информационного поиска?
2. Какие составляющие определяют время информационного поиска?
3. От каких факторов зависит время перемещения взора?
4. От каких факторов зависит время фиксации взора?
5. Как описывается модель времени информационного поиска?
6. Что такое объем зрительного восприятия и чем он определяется?
7. Как влияет задача информационного поиска на длительность фиксации взора?
8. Какие рекомендации к организации информационного поля можно дать для минимизации времени информационного поиска?

## **2.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС ЕЕ СЧИТЫВАНИЯ С ЭКРАНА ДИСПЛЕЯ**

*Цель работы:* провести экспериментальное исследование влияния способов выделения информации на экране дисплея на процесс ее считывания.

### **2.6.1. Теоретические сведения**

В настоящее время исключительно широкое распространение получили способы представления человеку-пользователю различной текстовой и изобразительной информации на экране дисплея. Восприятие знаковой информации, представленной таким способом, зависит от целого ряда субъективных и объективных факторов, поэтому способы ее компоновки должны соответствовать психологическим требованиям.

Психологические требования, предъявляемые к такой информации, должны учитывать особенности восприятия, памяти, мышления человека, работающего с дисплеем. Как правило, эти требования предъявляются в общем виде, рассчитанном на средние показатели человеческой психики. Так, скорость передачи информации человеку не должна превышать его пропускной способности, т. е. максимальной скорости переработки информации. Объем информации, предъявляемой на экране одномоментно, должен соответствовать объему оперативной памяти человека. Объем оперативной памяти можно повысить пространственным, временным, а также смысловым структурированием подаваемой информации. Особенности восприятия человека необходимо учитывать при расположении информации на экране, выделении ее отдельных фрагментов, выборе способов кодирования.

### **2.6.2. Порядок выполнения работы**

Работа выполняется на персональном компьютере с использованием специальной программы. Студенты, выполняющие работу, поочередно являются испытуемыми. На экране дисплея испытуемому последовательно на короткое время появляются группы слов, не связанные по смыслу, но наиболее употребительные в русском языке. При этом слова равномерно распределены по плоскости экрана таким образом, что в каждый квадрант (четвертую часть этой плоскости) всегда попадает одинаковое количество слов. Представленные в группах слова не повторяются.

Задача испытуемого: запомнить максимальное количество предъявленных слов, затем набрать их, используя клавиатуру, и ввести в память компьютера. Представленные и запомненные слова сохраняются в специальном файле, который используется при обработке результатов эксперимента.

Перед началом основного эксперимента каждый испытуемый выполняет тренировочную серию, цель которой – освоение навыка работы в данном эксперименте.

### **2.6.3. Обработка результатов**

1. По полученным экспериментальным данным подсчитывается количество воспроизведенных слов, расположенных в каждом квадранте.

2. Рассчитывается среднее арифметическое, дисперсия и среднее квадратическое отклонение количества воспроизведенных слов.

3. По  $t$ -критерию Стьюдента проверяется достоверность различий средних значений количества воспроизведенных слов для каждого квадранта.

4. Результаты расчетов сводятся в таблицу.

5. Строится столбиковая диаграмма распределения воспроизведенных слов по исследуемым зонам плоскости экрана дисплея.

На основании обработанных результатов необходимо проанализировать влияние места расположения информации на экране дисплея на ее запоминание и воспроизведение и сделать выводы.

#### **2.6.4. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

#### **2.6.5. Контрольные вопросы**

1. Какие субъективные факторы влияют на процесс считывания знаковой информации с экрана дисплея?
2. Какие объективные факторы влияют на процесс считывания знаковой информации с экрана дисплея?
3. Как влияет на процесс считывания информации место ее расположения на экране дисплея?
4. Какие отличительные признаки текстовой информации в наибольшей степени влияют на ее восприятие?

### **2.7. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ НАГЛЯДНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА**

*Цель работы:* провести сравнительную оценку переработки человеком-оператором наглядной визуальной информации в зависимости от системы отсчета методом экспериментального исследования.

### 2.7.1. Теоретические сведения

В ходе технического прогресса управление объектами самого различного класса и назначения становится все более сложным. Это вызвано, во-первых, увеличением числа индикаторов, дающих показания о различных параметрах протекающего процесса; во-вторых, все большим удалением оператора непосредственно от объекта управления.

Во многих случаях у операторов возникает необходимость оценить возникающую ситуацию качественно, т. е. без точного считывания показаний индикаторов. Анализ изменившихся параметров протекает как последовательная совокупность этапов приема, переработки информации и выработки решения по воздействию на органы управления.

Современные панели информации отличаются насыщенностью приборами, дающими показания в абстрактно-условной форме (различные стрелочные и цифровые индикаторы). В связи с этим перед оператором встает задача декодирования показаний и их интерпретации, т. е. выявления смысла сигнала.

Под *смысловой читаемостью* понимается совокупность свойств индикационной части прибора, способствующих пониманию смысла сигнала. Она в наибольшей мере определяет работу функциональных механизмов извлечения из памяти тех данных о состоянии той или иной из переменных системы, которым соответствует показание прибора.

При качественном анализе информации процесс ее декодирования можно облегчить введением наглядной опоры в форме картинного изображения на экранном индикаторе. Изображения можно подразделить на объективные, символические и абстрактные.

*Объективное* изображение показывает видимую реальность (фотография, видеосюжет, телевизионный кадр).

*Символическое* изображение характеризуется тем, что в нем идея берется из реальной действительности, но отображаются лишь некоторые видимые характеристики объектов, необходимые для их опознания. Символ может быть ассоциативным, своей формой напоминая форму объекта, или условным, обладающим независимой от объекта формой, значение которой определяется по соглашению.

*Абстрактной* формой изображения можно считать такую, где идея берется из системы понятий безотносительно к каким-либо ассоциациям (математические символы, цифровая индикация).

Вид изображения на экране индикатора может определяться типом системы управления, ее назначением и задачами, стоящими перед оператором. Наиболее характерные типы автоматизированных систем управления (АСУ):

- 1) АСУ движущимся объектом;
- 2) АСУ диспетчерского типа;
- 3) АСУ средствами сбора информации (наблюдения за пространством);

- 4) АСУ энергетическими установками;
- 5) АСУ технологическими процессами.

### 2.7.2. Порядок выполнения работы

В настоящей работе используется модель системы управления самолетом. Назначение системы – обеспечение достижения объектом управления заданного пункта в течение заданного времени. Задача оператора – удерживание управляемого объекта на расчетной траектории: оператор должен выдерживать прямолинейный горизонтальный полет по показаниям индикатора. Информация представляется на экране в виде ассоциативно-символического изображения. Переменными параметрами являются курс, тангаж, крен.

*Курс* – угловая величина, определяющая отклонение продольной оси самолета от расчетной линии пути.

*Тангаж* – угловая величина, определяющая наклон продольной оси самолета к линии горизонта.

*Крен* – угловая величина, определяющая наклон поперечной оси самолета к линии горизонта.

В данной работе проводится оценка эффективности наглядного представления информации при работе оператора с АСУ движущимся в пространстве объектом. Эффективность оценивается временем безошибочного принятия решения по устранению возникшего рассогласования в направлении движения объекта; временем принятия решения при кратковременной экспозиции изображения; числом неправильно принятых решений в зависимости от реализованного в модели индикатора способа отображения пространственного положения.

Исследуются два способа отображения. В одном случае пространственное положение самолета отображается перемещением его символа на экране относительно неподвижной земли, в другом – изменением ориентации символизированной плоскости земли относительно неподвижного символа самолета. Допускается, что ускорения и перегрузки, возникающие в полете, остаются для испытуемых подпороговыми. Основная информация о пространственном положении поступает на вход зрительного анализатора от визуальных индикаторов.

Задание выполняют два человека, поочередно выступающих в роли экспериментатора и испытуемого. На экране компьютера предъявляется изображение, в котором закодировано изменение пространственного положения самолета по курсу, крену и тангажу. От предъявления к предъявлению ситуация изменяется дискретно.

При способе отображения ситуации изменением положения символа самолета крен представляется наклоном символа вправо или влево на  $20^\circ$  к линии горизонта, тангаж – смещением символа по вертикали на  $1/6$  часть высоты изображения вверх или вниз, а курс – смещением символа от центра на  $1/4$

часть ширины изображения. Испытуемый как бы со стороны наблюдает за изменением пространственного положения самолета.

При отображении ситуации изменением ориентации символизированной плоскости земли во всех кадрах положение символа самолета остается фиксированным в центре изображения. Крен представляется наклоном плоскости земли на  $20^\circ$  вправо и влево относительно линии горизонта. Тангаж имитируется изменением просвета между линией горизонта и горизонтальной линией, ограничивающей плоскость. Изменение не должно превышать  $1/6$  части высоты изображения. Отклонение по курсу достигается смещением точки схода перспективных прямых, нанесенных на плоскости, вправо и влево от центра на  $1/4$  ширины изображения.

Следует иметь в виду, что отклонение самолета по курсу вправо отображается как смещение точки схода прямых влево относительно его неподвижного символа и наоборот. Точно так же правый крен бывает представлен как наклон плоскости земли влево, а левый – как наклон земли вправо.

Выполняются две серии испытаний. В первой серии в случайном порядке предъявляются изображения, отображающие ситуацию с помощью подвижного символа самолета, во второй – отображающие ситуацию изменением ориентации поверхности земли.

Эксперимент состоит из двух опытов. В первом испытуемый работает с установкой на безошибочность решения. Он дает ответы на основе результатов оценки ситуации, выбирая их из меню. Ошибочные ответы не засчитываются.

Каждая ситуация предъявляется по 20 раз: 10 раз левый крен, 10 – правый; 10 раз отклонение от курса вправо, 10 – влево и т. д. Порядок предъявления ситуаций случайный. Замеряется время на выработку правильного решения.

Во втором опыте испытуемый работает с установкой на быстроту принятия решения. На экране компьютера предъявляются те же ситуации, что и в первом опыте, но с кратковременной экспозицией 0,3 с. Перед каждым предъявлением за 1,5–2,0 с подается предупредительный сигнал – «Внимание».

Замеряется время выработки решения по вводу ответа и число ошибочных решений.

### **2.7.3. Обработка результатов**

1. По полученным данным подсчитываются среднее арифметическое времени безошибочного решения и времени быстроты принятия решения при экспозиции 0,3 с, а также определяется число правильных решений в процентах (процент правильных решений находится следующим образом: 100 % минус процент ошибочных решений).

2. Определяются дисперсия и среднее квадратическое отклонение для каждой ситуации в каждой серии.

3. По  $t$ -критерию Стьюдента проверяется достоверность различий по средним значениям времени безошибочного решения при кратковременной экспозиции между одноименными ситуациями в каждой серии экспериментов.

4. Обработанные данные заносятся в сводную таблицу.

5. Средние значения представляются в виде столбиковой диаграммы.

На основании обработанных результатов нужно проанализировать влияние способа отображения, реализованного в модели наглядного индикатора, на скорость и точность переработки информации оператором.

Объяснить причину различий в результатах (если они существуют) при разных способах отображения пространственного положения с помощью одного и того же изображения.

Сделать выводы о предпочтительности способа отображения пространственного положения в наглядных индикаторах.

#### **2.7.4. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

#### **2.7.5. Контрольные вопросы**

1. Каковы достоинства ассоциативно-символического представления информации? В решении каких операторских задач эти достоинства наиболее сильно выявляются?

2. Назовите известные вам типы отображения информации и дайте им краткую характеристику.

3. Как влияет способ отображения информации на скорость и точность ее переработки?

4. Что такое «смысловая читаемость» индикатора?

5. Почему система отсчета влияет на процессы восприятия и переработки информации?

### **2.8. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ**

*Цель работы:* выявить изменение точности и временных затрат на принятие человеком-оператором решения в зависимости от числа одновременно изменяющихся параметров.

### 2.8.1. Теоретические сведения

В лабораторной работе 2.7 изучалось влияние способа отображения пространственного положения самолета на время и точность переработки информации оператором. Пространственное положение при этом изменялось отдельно по курсу, крену и тангажу.

В реальной действительности при движении летательного аппарата в пространстве изменение лишь одного параметра под воздействием внешних возмущений – явление редкое. Обычно изменение одного параметра влечет за собой изменение другого или (чаще всего) сразу нескольких параметров.

### 2.8.2. Порядок выполнения работы

Оборудование и процедура опыта остаются точно такими же, как в лабораторной работе 2.7. Задание выполняют два человека, поочередно выступающие в роли экспериментатора и испытуемого.

Переменными параметрами являются крен, курс и тангаж. Количественные значения этих переменных не отображаются. Изменяются попарно: крен и курс, крен и тангаж, курс и тангаж. Затем все три переменных изменяются одновременно.

Ситуация отображается как изменением положения символа самолета, так и положения символизированной плоскости земли. Порядок предъявления ситуаций – случайный. Из всех возможных положений самолета в пространстве выбирается 14 положений, возникающих при отклонении по двум или трем параметрам одновременно относительно прямолинейной горизонтальной траектории.

*По двум параметрам*

1. Вправо с правым креном.
2. Влево с левым креном.
3. Вверх с левым креном.
4. Вверх с правым креном.
5. Вниз с левым креном.
6. Вниз с правым креном.
7. Вверх и вправо.
8. Вверх и влево.
9. Вниз и вправо.
10. Вниз и влево.

*По трем параметрам*

11. Вправо и вверх с правым креном.
12. Вправо и вниз с правым креном.
13. Влево и вверх с левым креном.
14. Влево и вниз с левым креном.



Проводятся четыре серии эксперимента. В первых двух сериях определяется время безошибочного принятия решения оператором по устранению возникших рассогласований при разных способах отображения пространственного положения. Во вторых двух сериях для тех же способов отображения определяются время принятия решения при кратковременной экспозиции 0,3 с по ответной реакции и число правильных решений.

Каждая ситуация с изменением двух переменных предъявляется по четыре раза, а ситуация с изменением трех переменных – по 10 раз.

### **2.8.3. Обработка результатов**

1. По полученным экспериментальным данным подсчитываются среднее арифметическое, дисперсия и среднее квадратическое отклонение в каждой серии.

2. По  $t$ -критерию Стьюдента проверяется достоверность различий средних значений времени принятия решения по устранению рассогласования двух и трех параметров в каждой серии.

3. Результаты расчетов сводятся в таблицу.

4. Вычерчиваются кривые изменения времени безошибочного решения, времени решения при экспозиции 0,3 с и процентное изменение правильности решений в функции от числа переменных параметров для разных способов отображения. Для этого используются результаты, полученные в лабораторной работе 2.7, где происходило изменение пространственного положения самолета по одному параметру.

5. На основании обработанных результатов необходимо проанализировать изменение времени принятия решения в зависимости от числа переменных параметров пространственного положения.

6. Объяснить характер изменения кривых.

### **2.8.4. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

### **2.8.5. Контрольные вопросы**

1. Как влияют сложность оперативных задач на переработку информации оператором?

2. Какое влияние на процесс переработки информации человеком-оператором оказывают характеристики его памяти?

3. Какие виды памяти в наибольшей степени участвуют в процессе переработки информации человеком-оператором?

## **2.9. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ ВИЗУАЛЬНОГО СИГНАЛА НА ФОНЕ СТАЦИОНАРНЫХ ПОМЕХ**

*Цель работы:* провести экспериментальное исследование процесса обнаружения человеком-оператором визуального сигнала на фоне стационарных помех.

### **2.9.1. Теоретические сведения**

**Обнаружение** – это исходная фаза любого сенсорного процесса, одна из самых первых элементарных гностических операций при приеме информации человеком. Обнаружение – неперенный компонент любой деятельности человека-оператора.

Классификация видов обнаружения может осуществляться по следующим основаниям: а) модальность; б) тип сигналов; в) тип помех.

По *модальности* обнаружение может быть визуальным, акустическим, тактильным и др.

В зависимости от модальности предъявленного сигнала рассматриваются его *физические характеристики*, по которым относят сигнал к тому или иному типу.

*Помехи* по своему происхождению могут быть внешними, т. е. возникающими в окружающей среде; фоновыми, которые можно трактовать как шумы канала передачи; внешними, но неразрывно связанными с сигнальными процессами, т. к. они обусловлены самой физической природой сигнала или внутренними особенностями генератора сигналов и, наконец, внутренними, т. е. связанными со специфическими характеристиками самого человека. В свою очередь внешние помехи, обусловленные физической природой носителя сигналов, делятся на стационарные и нестационарные. *Стационарными* называют помехи, которые являются irrelevantными сигналами для данного периода наблюдения.

С точки зрения эффективности процесс обнаружения оценивается по параметрам времени и точности обнаружения.

Точность обнаружения характеризует количество и характер ошибок. Ошибки при обнаружении могут быть двух типов: пропуск сигнала и ложная тревога.

Пропуском сигнала считают такую ситуацию, когда на предъявленный сигнал поступает ответ «нет». Ложной тревогой называют ответ «да» на непредъявленный сигнал.

Эффективность обнаружения зависит от следующих характеристик сигнала:

1) временные (вероятность появления сигнала, время пребывания сигнала на экране);

2) пространственные (количество, тип и размер экрана, угловые величины сигналов, местоположение сигнала на экране);

3) информационные (способ кодирования; яркость, контраст, форма и цвет сигнала; количество предъявленных сигналов; характер и количество помех).

### 2.9.2. Порядок выполнения работы

Исследование эффективности обнаружения визуального сигнала в зависимости от количества стационарных помех и времени экспозиции сигнала эксперимент проводится с использованием персонального компьютера. Различные ситуации отображаются на экране дисплея. Помехи и сигнал представлены в виде различных по размеру окружностей малого диаметра. Сигнал имеет ту же форму и размер, как некоторые из помех. Сигнал может появиться в любом месте экрана с равной вероятностью. Количество помех во время опыта варьируется от 5 до 30 (экспериментальные точки – 5, 15, 30 помех). Расположение помех на экране равномерное. Во время опытов изменяется время экспозиции сигнала: 1-й опыт – без ограничения; 2-й опыт – 7 с; 3-й опыт – 3 с.

В начале опыта испытуемому на экране представляют ситуации с помехами для того, чтобы он запомнил их расположение. Затем предъявляют ситуации с таким же расположением и количеством помех с добавлением сигнала или без него.

Сигналы могут появляться с равной вероятностью. Задача испытуемого состоит в обнаружении вновь появившегося сигнала.

Работа включает три опыта:

1) переменным параметром является количество помех. Сигнал предъявляется на фоне 5, 15 и 30 помех, по 25 предъявлений для каждого числа помех. Время экспозиции не ограничено;

2) та же программа, но время экспозиции сигнала составляет 7 с;

3) та же программа, но время экспозиции сигнала составляет 3 с.

### Протокол эксперимента

*Тема:* Обнаружение визуального сигнала на фоне стационарных помех.

1-й опыт – время предъявления неограниченное.

Испытуемый \_\_\_\_\_ Экспериментатор \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

№ кадра	№ квадранта	Количество помех					
		$n = 5$		$n = 15$		$n = 30$	
		Время	Ответ	Время	Ответ	Время	Ответ
1							
2							
...							
25							

Образцы протоколов для второй и третьей серий аналогичны.

Во время опытов регистрируются следующие параметры:

1. Время решения задачи.

2. Тип ответа: а) «да» (обнаружено при наличии сигнала); б) «нет» (пропуск при наличии сигнала); в) ложная тревога.

Для удобства регистрации ответов испытуемого экспериментатор условно разбивает экран на четыре квадранта: верхний левый (1), верхний правый (2), нижний левый (3), нижний правый (4). Испытуемый при обнаружении сигнала должен указать номер квадранта, где обнаружен сигнал. Результаты опыта записываются в протокол.

### 2.9.3. Обработка результатов

1. Перенести в протокол эксперимента ответы испытуемого.

2. Определить среднее значение времени решения задачи при обнаружении сигнала на фоне 5 помех (M1), на фоне 15 помех (M2), на фоне 30 помех (M3) отдельно для 1-го опыта – при неограниченном времени предъявления сигнала; для 2-го опыта – при экспозиции 7 с; для 3-го опыта – при экспозиции 3 с.

3. Определить вероятность обнаружения сигнала в зависимости от количества помех на экране отдельно для каждого опыта: 1-й опыт – при неограниченном времени предъявления сигнала; 2-й опыт – при экспозиции 7 с; 3-й опыт – при экспозиции 3 с.

Вероятность обнаружения сигнала определять по формуле

$$P = m/n,$$

где  $m$  – количество обнаруженных сигналов;

$n$  – количество предъявленных сигналов.

4. Проанализировать характер ошибок (например «пропуск сигнала», «ложная тревога»). Ложной тревогой считается неправильно названный квадрант (местоположение сигнала) или ложное обнаружение сигнала при отсутствии его на экране.

5. Построить график зависимости времени обнаружения сигнала от количества помех на экране при различной экспозиции сигнала. По оси абсцисс – количество помех  $n$ , по оси ординат – время обнаружения  $t$ . Нанести три кривые: 1 –  $t$  не ограничено; 2 –  $t = 7$  с; 3 –  $t = 3$  с.

6. Построить график зависимости вероятности обнаружения сигнала от количества помех на экране при различной экспозиции сигнала – также три кривых. По оси абсцисс – количество помех  $n$ , по оси ординат – вероятность обнаружения  $P$ .

7. Построить график зависимости ошибок (пропуски и ложные тревоги) от местоположения сигнала на экране. Ось абсцисс – номера квадрантов (1, 2, 3, 4); ось ординат – общее количество ошибок по трем сериям (две кривые: 1 – пропуски сигнала; 2 – ложные тревоги).

8. Построить кривую рабочей характеристики приемника (РХП), показывающей зависимость вероятности обнаружения сигнала от вероятности ложной

тревоги. Если построение РХП невозможно, объяснить причину.

#### **2.9.4. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы;
- полученные экспериментальные данные, графические зависимости и результаты их анализа;
- выводы по работе.

#### **2.9.5. Контрольные вопросы**

1. Что такое обнаружение?
2. Какие виды помех вы знаете?
3. По каким параметрам оценивается эффективность процесса обнаружения?
4. От каких характеристик зависит эффективность обнаружения?

### **2.10. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРА**

*Цель работы:* провести экспериментальное исследование влияния количества объектов на эффективность деятельности оператора-диспетчера на этапе принятия решения.

#### **2.10.1. Теоретические сведения**

В связи с характерной для современного производства автоматизацией труда одним из важнейших направлений инженерной психологии является исследование мыслительных процессов. Проблема принятия решений человеком в исследовании мыслительных процессов занимает центральное место, так как этап принятия решения присутствует практически в любой деятельности, а для некоторых типов деятельности (например для диспетчерской) является основным.

Специфика диспетчерской деятельности заключается в наличии в ней различного рода экстремальных ситуаций, необходимости в короткие промежутки времени оценивать возникающие ситуации, подготавливать, принимать и реализовывать решения. Все это делает особо значимой проблему исследования факторов, влияющих на эффективность деятельности оператора-диспетчера в процессе принятия решения.

Такие факторы могут быть как внешними (вид представляемой информации, количество объектов, дефицит времени и т. д.), так и внутренними (характеристики познавательной, эмоциональной и волевой сферы личности).

### **2.10.2. Порядок выполнения работы**

Работа реализована на персональном компьютере, используемая программа позволяет моделировать деятельность оператора-диспетчера при решении оперативных задач с объектами, движущимися по экрану дисплея.

#### *Инструкция испытуемому*

Вы являетесь оператором-диспетчером по управлению воздушным движением. Движущиеся объекты, которыми вы управляете, обозначены на экране дисплея точками, справа от которых находится цифровой формуляр. Первая цифра формуляра – номер объекта, вторая – его высота, третья – курсовое расстояние до объекта, четвертая – тип объекта. Количество объектов на экране может быть любым – от двух до десяти. Необходимо:

1) определить наиболее значимый объект из движущихся по экрану. Чем меньше высота и курсовое расстояние и чем больше тип объекта, тем он значимее, причем все параметры объекта равнозначны, т. е. одна условная единица высоты соответствует одной условной единице курсового расстояния и одной условной единице типа;

2) после определения наиболее значимого объекта нажать на соответствующую клавишу на клавиатуре. При правильном решении данный объект исчезнет с экрана;

3) определить объект, наиболее значимый из оставшихся на экране, нажать на соответствующую клавишу на клавиатуре и т. д. до исчезновения с экрана всех объектов;

4) после решения всей задачи дать краткий отчет об используемой стратегии решения.

#### *Процедура эксперимента*

Испытуемому дается инструкция и 5 раз подряд предъявляются на экране дисплея по два различных объекта для ознакомления с формулярами, временными условиями деятельности и т. д. (тренировочная серия).

Затем по сигналу «Внимание» предъявляется некоторое количество движущихся объектов (от двух до десяти) в случайном порядке, и начинается отсчет времени. Испытуемый должен в соответствии с инструкцией определить первоочередной объект и обозначить его нажатием на клавишу с номером объекта. При правильном решении соответствующий объект исчезает с экрана.

В процессе решения измеряется время, затраченное на «обработку» каждого объекта, и фиксируются все действия испытуемого. Кроме этого, регистрируется правильность или неправильность решения задачи и берется краткий отчет у испытуемого о способе решения данной задачи. В протоколе экспери-

мента должны быть отмечены порядковый номер задачи, количество предъявленных объектов, правильное решение, решение испытуемого, время «обработки» каждого объекта и словесный отчет испытуемого.

### 2.10.3. Обработка результатов

1. Определить среднее значение общего времени решения  $T$  каждого типа предъявляемых задач (тип задач определяется количеством объектов в одном направлении).

2. Определить среднее значение времени  $t$  на «обработку» одного объекта:

$$t = T/n,$$

где  $n$  – количество целей в задаче данного типа.

3. Определить среднее значение времени подготовки решения  $t_j$  по каждому (по первому, второму и т. д.) объекту для каждого типа задач.

4. Определить безошибочность решения каждого типа задач:

$$P = m/N,$$

где  $m$  – число правильно решенных задач данного типа;

$N$  – число решений задач данного типа.

5. Построить графики:

а) изменения  $T$  от количества объектов в задаче;

б) изменения  $t$  от количества объектов в задаче;

в) изменения  $t_j$  от количества объектов в задаче;

г) изменения  $P$  от количества объектов в задаче.

На основе графиков сделать содержательный анализ влияния количества объектов на время и безошибочность принятия решений.

6. Определить количество используемых стратегий по каждому типу задач и сделать попытку их классификации.

7. Определить частоту использования каждой стратегии для каждого типа задач.

8. Сделать качественный анализ влияния количества объектов в задаче на выбор стратегии решения.

### 2.10.4. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

– цель работы;

– краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;

– описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;

– выводы по работе.

## 2.10.5. Контрольные вопросы

1. В чем заключается специфика деятельности оператора-диспетчера?
2. Какие помехи считаются стационарными?
3. Назовите и охарактеризуйте основные этапы деятельности оператора-диспетчера.
4. Объясните значение этапа принятия решения в деятельности оператора-диспетчера.
5. Перечислите основные факторы, влияющие на эффективность деятельности оператора-диспетчера.

## 2.11. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТРАТЕГИЙ РЕШЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

*Цель работы:* провести экспериментальное исследование эволюции и трансформации стратегий решения оперативных задач в процессе обучения.

### 2.11.1. Теоретическая часть

Современный уровень развития техники и технологии, широкое использование информационной и вычислительной аппаратуры в сфере управления производством накладывают существенный отпечаток на содержание и структуру многих видов профессиональной деятельности, в которой все больший удельный вес приобретают мыслительные компоненты. Именно поэтому проблема профессиональной подготовки в настоящее время нередко выступает в виде проблемы формирования мышления и обучения решению задач различных классов. Один из путей ее решения состоит в исследовании стратегий решения задач как одного из механизмов мыслительной деятельности человека.

Особый интерес при этом представляет исследование динамики стратегий решения в процессе обучения.

Изучение стратегий решения задач на индивидуальном уровне анализа данных о ходе обучения позволило показать, что формирование эффективной стратегии определяется процессами эволюции и трансформации стратегий.

При этом под стратегией понимается внутренний план или программа действий, направленных на решение задачи.

Установлено, что формирование эффективной стратегии решения оперативных задач предполагает усвоение обучаемым некоторой системы понятий, относящихся к конкретному виду деятельности и определяемых наличием существенных связей у объекта управления, познаваемого в ходе обучения.

В общем случае усвоение данной системы понятий происходит не одновременно, существует некоторая последовательность их формирования.

Это обуславливает и внутреннюю неоднородность процесса формирования эффективной стратегии решения, которая характеризуется наличием этапов



эволюции и трансформации стратегий решения. При этом процесс трансформации стратегии решения определяется формированием у обучаемого некоторого понятия (или группы понятий) из данной системы, а продвижение в уровнях функционирования понятия (группы понятий) представляет собой психологическое содержание процессов эволюции стратегий решения.

Кроме системы понятий, необходимых для формирования эффективной стратегии решения, обучаемый в ходе последовательного решения учебных задач может усвоить и другие понятия, определяемые некоторыми другими связями объекта управления, что, в конечном итоге, приведет к различиям в характере процессов эволюции и трансформации стратегий решения. При этом может измениться продолжительность этапов эволюции и число трансформаций стратегий решения.

Такие различия в характере динамики стратегий решения позволяют предположить возможность управления данным процессом путем создания условий, определяющих различный характер процессов эволюции и трансформации.

### **2.11.2. Порядок выполнения работы**

Экспериментальная часть работы выполняется на персональном компьютере. Специально разработанная программа позволяет моделировать основные моменты деятельности оператора, который оценивает текущее состояние управляемого объекта и принимает решение о приведении его в требуемое исходное состояние. Предъявляемая оператору информационная панель содержит два ряда лампочек по девять штук в каждом. Панель органов управления по компоновке схожа с информационной панелью, она также содержит два ряда тумблеров по девять штук в каждом ряду. Между тумблерами и лампочками существуют различные связи, понимание которых позволяет реализовывать разные стратегии решения.

Испытуемому последовательно предъявляются различные ситуации, в которых оказывается горящим некоторое количество лампочек. Задача испытуемого – погасить все горящие лампочки, используя для этого минимальное количество тумблеров. В каждом решении испытуемый реализует ту или иную стратегию. Эти стратегии характеризуются различной эффективностью, которая оценивается количеством тумблеров, использованных для решения задачи.

В ходе эксперимента испытуемый последовательно решает предлагаемые задачи-ситуации. При этом он постепенно приходит к пониманию внутренних связей между лампочками и тумблерами, что позволяет ему изменять стратегии решения. Иными словами, в ходе последовательного процесса решения задач происходит его обучение. В результате такого обучения наблюдается эволюция и трансформация стратегий решения, которая в конечном итоге приводит к формированию эффективной стратегии решения.

Работу выполняют два студента, один из которых выступает в роли испытуемого, а другой – в роли экспериментатора. Экспериментатор наблюдает за процессом решения, фиксирует алгоритм решения, берет у испытуемого само-

отчет об использованной стратегии решения. Решение задач испытуемым осуществляется до момента формирования у него эффективной стратегии решения.

### **2.11.3. Обработка результатов**

1. Составляется таблица, в которой указывается номер решенной задачи и реализованный алгоритм решения.
2. Для каждой решенной задачи определяется стратегия решения.
3. Для каждой десятки решенных последовательно задач определяется число различных реализованных стратегий.
4. Строится диаграмма, показывающая количество реализаций каждой из стратегий при последовательном решении предложенных десятки задач.
5. На основе построенной диаграммы определяются моменты трансформации стратегий. При этом моментом трансформации считается формирование того понятия, которое позволяет сознательно использовать ту или иную конкретную стратегию.

### **2.11.4. Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, и содержать:

- цель работы;
- краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения и защиты работы;
- описание порядка выполнения работы с приведением исходных данных, экспериментальных результатов, графических зависимостей и результатов их анализа;
- выводы по работе.

### **2.11.5. Контрольные вопросы**

1. Что такое «стратегия решения задачи»?
2. В чем заключается процесс эволюции стратегии решения?
3. Что представляет собой процесс трансформации стратегии решения?
4. Какие факторы влияют на протекание процесса эволюции стратегии?
5. При каких условиях происходит процесс трансформации стратегии?

### **3. ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»**

#### **3.1. ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»**

Одной из важнейших задач, решаемых при создании систем «человек – машина», является задача инженерно-психологического проектирования средств информационного взаимодействия человека-оператора и машины. Успешное и грамотное ее решение во многом определяет качество и эффективность функционирования систем «человек – машина», снижает вероятность ошибок в работе оператора, улучшает условия его деятельности.

В настоящее время большинство литературных источников содержит много информации об инженерно-психологических требованиях к рабочему месту человека-оператора, а также к конкретным техническим средствам его деятельности – индикаторам и органам управления, однако в них практически нет сведений о конкретных методиках проектирования.

Методика инженерно-психологического проектирования средств информационного взаимодействия для систем «человек – машина», описанная в данном издании, разработана профессором А. И. Галактионовым [6].

Материал, излагаемый в данном пособии, предполагает достижения следующих целей учебных занятий.

1. Ознакомиться с содержанием основных задач инженерно-психологического проектирования систем «человек – машина» (СЧМ).

2. Изучить инженерную методику определения объема и состава информации, предъявляемой человеку-оператору для решения задач контроля и управления технологическим оборудованием.

3. Ознакомиться с принципами выбора средств отображения информации и органов управления для проектируемой системы «человек – машина».

4. Ознакомиться с общими эргономическими требованиями к рабочим местам операторов СЧМ и техническим средствам их деятельности.

##### **3.1.1. Общие вопросы инженерно-психологического проектирования**

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) представляют собой системы «человек – машина», реализованные на базе высокоэффективной управляющей вычислительной техники и обеспечивающие управление технологическими процессами или комплексами производственного оборудования (КПО) на основе централизованно обработанной информации по заданным технологическим и технико-экономическим критериям. При этом все функции по контролю и управлению технологическим процессом и КПО в АСУ ТП разделяются между человеком-оператором (или группой людей) и различными автоматическими устройствами (включая и современные ЭВМ).

Для того чтобы управлять технологическим объектом, необходимо непрерывно или эпизодически получать информацию о значениях качественных и количественных характеристик продуктов, получаемых в результате осуществления технологических операций (сырья, полуфабрикатов и т. д.), а также о разнообразных технологических и производственных параметрах (температуре, давлении, напряжении, токе, скорости и т. п.). Текущая информация сравнивается с заданными (допустимыми) значениями параметров и характеристик с целью выявления отклонений, нарушений или неисправностей в протекании технологического процесса или работе оборудования.

Нарушения в работе объекта управления могут произойти по различным причинам, требующим для их устранения разных управляющих воздействий на объект. Для их выявления необходимо провести анализ причин, т. е. решить задачу технической диагностики с привлечением взаимосвязанных параметров, влияющих на данное нарушение.

После установления действительной причины нарушения (первопричины) принимается решение о наиболее целесообразном пути ее устранения, т. е. приведении основного параметра, характеризующего нарушение, в допустимые границы. Далее определяется алгоритм принятого решения и осуществляется его реализация путем подачи управляющих воздействий на исполнительные устройства (заслонки, клапаны, регуляторы и т. д.) В заключение контролируется эффективность принятых действий по соответствию контролируемых параметров заданным значениям.

Человек-оператор, выступающий в роли звена АСУ ТП, осуществляет процесс решения задач технической диагностики, выбирает и реализует управляющие воздействия и контролирует их результаты. При этом он работает за пультом, который может быть достаточно удален от объекта управления, и решает все задачи управления, опираясь на информационную модель объекта, т. е. совокупность данных об его характеристиках и параметрах, представленную на средствах отображения информации (индикаторах). Поэтому эффективность работы человека-оператора, а соответственно и всей АСУ ТП существенно зависит от того, насколько правильно и обоснованно выбран необходимый и достаточный состав и объем предъявляемой ему информации.

В общем случае инженерно-психологическое проектирование систем «человек – машина» сводится к решению следующих задач:

1. Выявление набора задач, стоящих перед системой управления, возможных нарушений и неисправностей, причин их возникновения, управляющих воздействий, целесообразных в каждой конкретной ситуации.

2. Определение величин, которые целесообразно измерять, чтобы решить основные задачи контроля и управления, а также требования к точности и частоте их измерения.

3. Выбор формы отображения и принципов кодирования информации, предъявляемой человеку-оператору, и определение эргономических характеристик конкретных средств отображения информации (СОИ).

4. Выбор средств для осуществления управляющих воздействий и определения характеристик конкретных органов управления (ОУ).

5. Компоновка СОИ и ОУ на пульте управления.

Четкая, полная и однозначная проработка всех перечисленных задач инженерно-психологического проектирования СМЧ обеспечивает функциональную эффективность и надежность. В качестве исходной информации для инженерно-психологического проектирования обычно используется технологическая схема объекта управления и описание его работы.

### **3.1.2. Выявление полного объема и состава задач контроля и управления**

Полный объем и состав задач контроля и управления конкретным технологическим объектом представляет собой перечень всех нарушений в технологическом процессе, неисправностей в работе основного и вспомогательного оборудования, их причин и целесообразных управляющих воздействий по их устранению. Эта задача решается на основе тщательного изучения объекта и проведения инженерно-логического анализа по выявлению всех возможных нарушений в технологическом процессе и в работе производственного оборудования, их возможных причин и требуемых управляющих воздействий.

Решение данной задачи может осуществляться на основе метода «диагональных матриц событий». Метод диагональных матриц событий рассмотрим на примере, где анализируемым объектом является система маслосмазки подшипника редуктора (рис. 3.1).

Вращающийся агрегат 1 приводится в действие электродвигателем 9 через трехосный редуктор 2. Для того чтобы не допустить перегрев подшипников 3, 4, 5, 6, 7, 8 выше 75 °С, имеется вспомогательная система маслосмазки. Она состоит из двух подсистем: системы циркуляции масла (СЦМ) и системы терморулирования масла (СТРМ). СЦМ обеспечивает заданную скорость циркуляции масла, протекающего через редуктор и подшипники, которая обеспечивается маслонасосом 18, вращаемым электродвигателем 19, подключенным через электромагнитную муфту 28.

Масло из редуктора поступает естественным стоком через фильтр 10 и задвижку 31 в маслобак 30, в котором поддерживается определенная температура, обеспечивающая требуемую вязкость масла. Задвижки 12 и 17 служат для долива масла в маслобак и слива из него. Далее масло перекачивается насосом 18 через входную 16 и выходную 32 задвижки к редуктору и подшипникам.

СТРМ предназначена для поддержания температуры масла в пределах от 10 до 15 °С. Превышение температуры масла приводит к перегреву подшипников. Переохлаждение масла приводит к увеличению его вязкости, снижению скорости циркуляции и в конечном итоге также к перегреву подшипников.

СТРМ состоит из двух подсистем: системы подогрева масла и системы его охлаждения. Система подогрева включает электроподогреватель 13, управляемый регулятором Р1. Регулятор настроен на допустимые значения температуры

масла, отключая электроподогреватель при 150 °С и включая его при температуре масла 10 °С. В случае неисправности Р1 можно управлять электроподогревателем вручную.

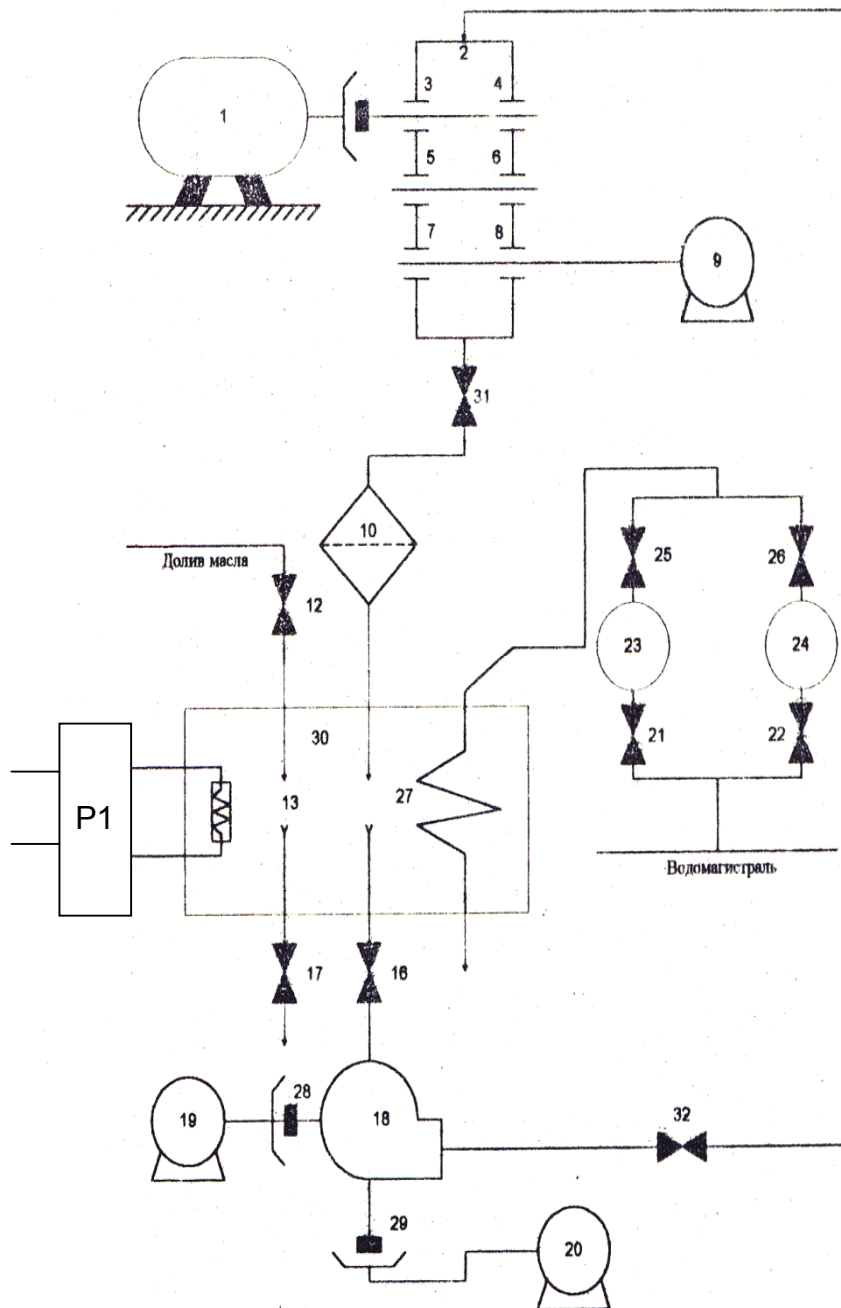


Рис. 3.1. Технологическая схема системы маслосмазки подшипников редуктора

Система охлаждения состоит из змеевика 27, размещенного в маслобаке 30, по которому циркулирует охлаждающая вода, подаваемая с помощью основного насоса 23 с входной 21 и выходной 25 задвижками или резервного водонасоса 24 с входной 22 и выходной 26 задвижками.

Вначале выявляются возможные события, связанные с целевым назначением анализируемой системы. В рассмотренном примере целевое назначение системы маслосмазки – не допустить перегрева подшипников редуктора выше заданного значения (75 °С). Поэтому здесь возможно всего одно основное событие – перегрев подшипников редуктора выше 75 °С.

Далее для каждого выявленного основного события строится своя диагональная матрица событий (рис. 3.2), т. е. таблица, включающая четыре графы: номер события, название события, диагональная матрица событий, целесообразное управляющее воздействие.

При этом в каждой строке диагональной матрицы записывается одно отдельное событие.

В третьей графе таблицы проведена диагональ, на которую наносятся *промежуточные* события, являющиеся следствием различных причин, требующих разных управляющих воздействий, напротив них в графе 4 ничего не записывается.

Построение матрицы идет сверху вниз, т. е. от *основного* события, записанного под номером 1. Оно отмечается на диагонали кружком, от которого вниз проводится вертикальная линия первого уровня диагностики. На ней отмечаются кружочками и соответственно записываются в последующих строках графы 2 наиболее серьезные причины нарушений. При этом учитывается декомпозиция, т. е. разбиение системы на отдельные подсистемы. В рассматриваемом примере такими причинами (событиями) могут быть либо неисправности системы циркуляции масла, либо неисправность системы терморегуляции масла, либо неисправность самих подшипников (поломка, засорение, что приводит к сильному трению и перегреву).

После этого проводится анализ выявленных причин с целью выявления промежуточных и первопричинных событий. *Первопричинным* называется событие, которое можно однозначно устранить одним управляющим воздействием с помощью имеющихся в объекте исполнительных механизмов. Для первопричинных событий в графе 4 записывается однозначное управляющее воздействие. Такое событие отмечается штриховкой соответствующего ему кружочка на вертикальной линии уровня диагностики. Промежуточные события обозначаются незаштрихованными кружочками, которые переносятся на диагональ матрицы, и от них проводятся линии последующих уровней диагностики.

Такая процедура повторяется до тех пор, пока все события не будут первопричинными.

При построении диагональной матрицы событий следует учитывать следующие рекомендации.

1. Крайние управляющие воздействия, такие, как выключение (останов) системы, нужно использовать в исключительных случаях, когда действительно никакими другими воздействиями нельзя вернуть систему в заданный режим нормального функционирования.

2. События-причины, на одном уровне диагностики требующие одного управляющего воздействия, следует объединять в одно событие (записывать в одной строке диагональной матрицы).



№	Название события	Диагональная матрица событий	Целесообразное управляющее воздействие	
1	Перегрев подшипника			
2	Неисправна СЦМ			
3	Неисправна СТМ			
4	Неисправен подшипник			Останов системы
5	Нет масла в системе			
6	Загустение масла (переохлаждение)			Выключить охлаждение
7	Неисправен маслопровод			
8	Разрыв маслобака			Останов системы
9	Открыта задвижка З <sub>17</sub>			Закреть З <sub>17</sub>
10	Прикрыта З <sub>31</sub>			Открыть З <sub>31</sub>
11	Прикрыта З <sub>16</sub>			Открыть З <sub>16</sub>
12	Прикрыта З <sub>32</sub>			Открыть З <sub>32</sub>
13	Останов насоса 18			Останов системы
14	Засорение фильтра			Останов системы
15	Неисправен насос			Переключить на резервный
16	Неисправен эл. двигатель			
17	Расцепилась муфта			Включить муфту 28, переключить на резервный
18	Неисправна система эл. подогрева			
19	Неисправна система охлаждения			
20	Неисправен регулятор Р1			Переход к ручному управлению
21	Сбита установка VI регулятора Р1			Отрегулировать VI
22	Обрыв эл. цепи датчика			Останов системы
23	Прикрыта З <sub>21</sub>			Открыть З <sub>21</sub>
24	Прикрыта З <sub>25</sub>			Открыть З <sub>25</sub>
25	Останов насоса			Перекл. на резервный
26	Перегрев воды, засорение водопровода, нет воды в системе			Останов системы

Рис. 3.2. Диагональная матрица событий

3. Для уточнения того, действительно ли событие является первопричинным, можно провести еще один уровень диагностики. Если все эти причины можно устранить только тем же управляющим воздействием, что и проверяемое событие, то последнее является первопричинным.

4. На каждом уровне диагностики должно быть всегда более одного причинного события. В противном случае первопричинным является предшествующее событие; требуется лишь уточнить его название.

5. Для получения однозначных результатов решения по выявлению задач контроля и управления, возлагаемых на проектируемую АСУ ТП, целесообразно несколько раз уточнять правильность выявления событий на каждом отдельном этапе.



### 3.1.3. Определение необходимого и достаточного объема и состава информации о состоянии управляемого объекта для решения всех задач контроля и управления

На данном этапе необходимо выбрать минимальный объем и состав контролируемых параметров, с помощью которых можно обнаружить любое событие, записанное в диагональной матрице событий, а также выбрать тип и место установки датчиков и определить информационные единицы, т. е. те значения параметров, которые характеризуют момент наступления соответствующих событий.

В качестве метода решения на данном можно использовать *метод преобразования диагональной матрицы событий в графе контроля событий*.

Граф контроля событий представляет собой направленный граф без циклов (граф-дерево) с расставленными на нем контролируруемыми параметрами (рис. 3.3).

Процедура преобразования диагональной матрицы событий в граф контроля событий состоит в том, что за вершины элементарных графов графа-дерева принимаются события, лежащие на диагонали матрицы, а события, лежащие на вертикальных линиях соответствующих уровней диагностики, будут в графе-дерево ветвями, исходящими из этих вершин. Например, событие 1 лежит на диагонали, поэтому оно выступает в качестве вершины элементарного графа, ветвями которого будут события 2, 3 и 4, лежащие на вертикальной линии первого уровня диагностики.

В свою очередь события 2 и 3 снесены на диагональ, т. е. они тоже являются вершинами своих элементарных графов, ветвями которых являются события 5, 6 и 7 и 18, 19 и 26 соответственно. Таким образом строится граф-дерево для всей диагональной матрицы событий.

Следующим этапом анализа является *выбор контролируемых параметров*. Он осуществляется на основе использования графа контроля событий с учетом следующих рекомендации:

- выбор параметров для обеспечения возможности определения событий начинается с вершинного события 1 и производится по элементарным графам (уровням иерархии), начиная с верхнего;

- с целью минимизации числа измеряемых события (параметров) в каждом элементарном графе, содержащем  $n$  событий, можно  $(n - 1)$  событие сделать измеряемыми, а одно оставшееся определять методом исключения;

- к событиям, определяемым методом исключения, целесообразно отнести трудноизменяемые параметры и события, которые невозможно проконтролировать измерением параметров.

Рассмотрим процесс анализа на данном примере, при этом примем следующую систему кодирования:

- контролируемые параметры обозначены начальной буквой (температура – Т, давление – Д; уровень, установка регулятора – У; ток нагрузки – Н; конечные положения задвижек (клапанов) – З и К соответственно );



систему охлаждения), после чего, вновь подключив регулируемый элемент (электроподогреватель) к регулятору Р1, наблюдает за изменением температуры. Если  $T_{30}$  начнет возвращаться в исходное положение с заданной скоростью, то Р1 считается исправным.

### 3.1.4. Разработка и запись алгоритмов контроля сложных событий

Результаты инженерно-логического анализа объекта целесообразно представлять в наглядной сжатой форме или в формализованном виде. При этом алгоритмы контроля событий удобно записывать в виде логического выражения с помощью символов алгебры логики: конъюнкции («и» обозначается символом  $\wedge$ ), дизъюнкции («или» обозначается символом  $\vee$ ) и инверсии (отрицание «не» обозначается чертой над или под символом).

Например, для событий Т и Д инверсии будут обозначены  $\overline{T}$  и  $\overline{D}$  соответственно.

Символы  $\wedge$  и  $\vee$  пишутся между признаками сложного события, например, для события 1, состоящего из шести простых событий (признаков), алгоритм будет выглядеть так:

$$\Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta \\ T_3 \vee T_4 \vee T_5 \vee T_6 \vee T_7 \vee T_8.$$

Алгоритмы других сложных событий можно записать и при помощи последовательности признаков всех событий, начинающихся событием 1 и заканчивающихся этим событием, расположенным на данной ветви графа контроля. Однако такая форма записи алгоритмов контроля слишком избыточна и не всегда возможна из-за наличия неизменяемых событий. Поэтому для включения в алгоритм контроля событий только необходимого и достаточного числа и состава признаков необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Для «измеряемых» событий в *алгоритм контроля* включаются признаки только двух событий: вершинного события 1 графа контроля (информация о нарушении) и данного измеряемого события. Например, алгоритм контроля события 2 будет записан, как

$$\Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta \\ (T_3 \vee T_4 \vee \dots T_8) \wedge D_2.$$

2. Для событий, определяемых *методом исключения*, в алгоритм контроля включаются алгоритм вершинного события элементарного графа, из которого ветвью выходит данное событие, и признаки инверсий остальных измеряемых событий, выходящих из вершины этого элементарного графа. Например, алгоритм контроля события 4 будет записан в виде

$$\Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta \\ (T_3 \vee T_4 \vee \dots T_8) \wedge \overline{D}_2 \wedge T_{30} \\ \nabla$$

3. Если событие определяется *методом активного контроля*, то в алгоритм контроля включается, кроме признаков данного события, алгоритм вершинного события данного элементарного графа, из которого выходит данное событие. Так, для события 20 алгоритм контроля будет записан в виде

$$\begin{array}{c} \Delta \quad \Delta \quad \Delta \\ (T_3 \vee T_4 \vee \dots \vee T_8) \wedge H_{13} \wedge \alpha P1. \\ \nabla \end{array}$$

### 3.1.5. Разработка алгоритмов управления

Для каждого управляющего воздействия, записанного в диагональной матрице событий, должны быть составлены инструкции по их реализации путем ряда последовательно осуществляемых операций управления с помощью имеющихся в данном участке технологического объекта управления исполнительных механизмов.

Такая инструкция включает последовательность необходимых управляющих операций, записанных в словесной форме, сигналы начала каждой операции и сигналы исполнения управляющих воздействий. Например, для события 25 – останов насоса 23 – управляющее воздействие будет выглядеть как последовательность операций (табл. 3.1).

Инструкция может быть записана в виде алгоритма управления в условной форме с помощью следующих обозначений управляющих воздействий:  $\alpha$  – открыть, включить;  $\beta$  – выключить, закрыть;  $\delta$  – переключить в новое положение;  $\gamma$  – проверить положение исполнительного механизма;  $\chi$  – сделать то-то и т. д.

При этом алгоритм каждой управляющей операции записывается в следующем виде: в квадратных скобках записывается обозначение управляющего воздействия и номер агрегата, к которому оно прикладывается, справа от скобки записывается сигнал исполнения операции, а слева – сигнал начала. Если сигнал начала последующей операции совпадает с сигналом исполнения предыдущей, то он обычно не записывается. Алгоритмы управляющих операций соединяются между собой стрелками, направленными в соответствии с последовательностью управляющих операций. Так, алгоритм управления для события 25 будет записан в виде, представленном в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Алгоритмы управления

Управляющее воздействие	Инструкция	Алгоритм
Переключить на резервный	1. Выключить неисправный водонасос 23	$[\beta_{23}] H_{23}$ $\downarrow \nabla$
	2. Закрыть задвижку 25	$[\beta_{25}] Z_{25}$ $\downarrow \nabla$
	3. Открыть задвижку 26	$\Delta$ $[\alpha_{26}] Z_{26}$
	4. Открыть задвижку 22	$\downarrow \Delta$ $[\alpha_{23}] Z_{23}$
	5. Включить водонасос 24	$\downarrow \Delta$ $[\alpha_{24}] H_{24}$

### 3.1.6. Выбор средств отображения информации

Информация, представляемая человеку-оператору с помощью средств отображения, должна иметь состав и форму, необходимую и достаточную для решения всех задач контроля и управления. Она может быть представлена или в виде сигналов об отклонениях параметров от нормы, или отображения конкретных их значений. Выбор формы представления информации определяет сложность разработки алгоритмов и программ контроля и управления, сложность технической части интерфейса «человек – машина» и эффективность работы человека-оператора.

Эта задача может быть решена на основе анализа графа контроля, в котором указаны все требующиеся для контроля отдельных событий параметры и их значения, означающие наступление событий. Результаты анализа целесообразно оформлять в виде таблицы (табл. 3.2).

Таблица 3.2

#### Средства отображения информации

Параметр	Значение параметра по графу контроля	Форма отображения	Средства отображения
T <sub>3</sub> – T <sub>8</sub>	Верхнее допустимое	Сигнализация световая	Световоды

При выборе конкретных видов СОИ и ОУ целесообразно пользоваться специальной справочной и нормативно-технической литературой.

### 3.1.7. Выбор органов управления

Управление технологическим объектом предполагает не только прием информации о его состоянии и выявление причин возникновения нарушений в его функционировании, но и осуществление управляющих воздействий, позволяющих устранить эти нарушения. Такие управляющие воздействия представляют собой введение человеком-оператором необходимой командной информации, т. е. реализацию алгоритмов управления. Они осуществляются путем манипуляции соответствующими органами управления (кнопками, тумблерами, ручкам управления и т. д.).

Поэтому следующей задачей процесса проектирования средств информационного взаимодействия является выбор органов управления, позволяющих реализовать все алгоритмы управления.

Эта задача решается путем анализа алгоритмов контроля. При определении необходимого количества органов управления следует учитывать, что они должны обеспечивать не только реализацию всех алгоритмов управления, но и осуществление операций *активного контроля* или перехода к ручному управлению.

Результаты анализа и выборы органов управления целесообразно оформлять в виде таблицы (табл. 3.3).

## Органы управления

Вид и номер управляемого агрегата	Осуществляемое управляющее воздействие	Вид органа управления
Водонасос 23	Включение – выключение	Тумблер двухпозиционный

При выборе конкретных видов органов управления необходимо пользоваться специальной справочной и нормативно-технической литературой.

### 3.1.8. Проектирование рабочего места человека-оператора

После того как решены задачи определения количества видов СОИ ОУ, обеспечивающих решение всех задач контроля и управления, осуществляется проектирование рабочего места человека-оператора.

При организации и конструировании рабочего места осуществляется выбор целесообразной рабочей позы, определяются форма и размеры основного функционального элемента автоматизированных рабочих мест человека-оператора – пульта управления, выбираются формы и размеры индикаторов и органов управления, а затем осуществляется компоновка СОИ и ОУ, принимаются решения по их обозначению, форме и цветовому решению.

При проектировании рабочего места человека-оператора должны быть учтены общие и конкретные эргономические требования, изложенные в справочной и нормативно-технической литературе [13, 17].

Результатами работы на данном этапе являются эскизы рабочего места (пульта управления, панелей индикаторов и органов управления), а также обоснование всех принятых решений, обеспечивающих учет эргономических требований.

## 3.2. ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

Неотъемлемой частью любого технического средства (телевизор, СВЧ-печь, стиральная машина, копировальный аппарат, автомобиль, самолет и т. п.) является панель управления (ПУ). ПУ является главным средством коммуникативной связи между человеком (оператором) и техническим средством в системе «человек – машина». Эффективность работы системы «человек – машина», а в ряде случаев и безопасность ее функционирования во многом определяются тем, насколько характеристики ПУ соответствуют требованиям инженерной психологии и эргономики. Поэтому при проектировании любых технических средств, которые при эксплуатации станут компонентами системы «человек – машина», необходимо уделять серьезное внимание инженерно-психологическому анализу технических элементов их пользовательского интерфейса, иными словами проводить инженерно-психологический и эргономический анализ ПУ.

Для проведения полного анализа ПУ на соответствие инженерно-психологическим и эргономическим требованиям необходимо провести ряд расчетов:

- расчет размеров ПУ;
- расчет размеров компонентов ПУ;
- расчет светотехнических характеристик компонентов ПУ;
- расчет эргономических характеристик органов управления ПУ;
- расчет времени информационного поиска;
- расчет алгоритма работы оператора.

На основании полученных результатов расчетов делается заключение о соответствии характеристик ПУ РЭС инженерно-психологическим и эргономическим требованиям.

### **3.2.1. Общие методические указания по проведению инженерно-психологического анализа панелей управления**

Панель управления, являясь средством коммуникативной связи, представляет собой несущую конструкцию, на которой расположены органы индикации, управления, коммутации, надписи и другие компоненты, предназначенные для выполнения соответствующих им функций и несущие оператору необходимую информацию.

При разработке ПУ любого технического средства предусматривается, что прием информации и управление будут осуществляться с определенного расстояния. Поэтому размеры ПУ (ее площадь), с одной стороны, не должны выходить за оперативное поле зрения оператора, определяемое соответствующими значениями горизонтального и вертикального углов зрения (максимальный размер ПУ), а с другой стороны, не должны быть меньше размера, определяемого числом компонентов на ПУ и возможностями оператора по восприятию информации (минимальный размер ПУ).

Размеры отдельного компонента ПУ (его высота и ширина) не должны быть меньше допустимых, определяемых остротой зрения оператора и расстоянием до ПУ. Зная минимальные размеры компонента (знака), можно определить минимальные размеры многокомпонентного индикаторного устройства с учетом количества знаков по горизонтали и вертикали и расстояний между знаками. При этом набор кнопок или клавиш с соответствующими знаками также можно рассматривать как своего рода некоторое индикаторное устройство.

При определении минимальных размеров компонентов необходимо иметь в виду, что в случае наклона ПУ по отношению к взгляду оператора минимальные размеры необходимо увеличить с учетом угла наклона, так как явление параллакса приводит к зрительному уменьшению истинных размеров.

Осуществляя расчеты размеров ПУ и компонентов необходимо учитывать и тот факт, что при работе с некоторыми видами оборудования считывание информации может осуществляться с различных расстояний. Например, информация с электронных часов (индикатора) должна хорошо восприниматься с

расстояния нескольких метров, а их настройка (работа с органами управления) должна проводиться с расстояния нескольких десятков сантиметров. Поэтому при расчетах размеров соответствующих компонентов должны учитываться и соответствующие для них расстояния.

Таким образом, расчет допустимых размеров ПУ и компонентов и проверка соответствия имеющихся размеров требуемым являются важным условием обеспечения правильного восприятия информации и осуществления управления оборудованием.

Кроме этого, для правильного восприятия информации органы индикации, управления, коммутации и другие компоненты ПУ должны иметь соответствующий контраст или, другими словами, соответствующие светотехнические характеристики, обеспечивающие этот контраст.

К органам индикации относятся стрелочные, цифровые, светодиодные, дисплейные и другие виды индикаторных устройств (индикаторов), предназначенные для представления информации оператору о текущем состоянии управляемого средства. Индикаторы могут быть пассивными и активными.

Пассивные индикаторы не излучают свет и воспринимаются оператором только за счет отраженного света. Очевидно, что их яркость и контраст относительно фона, на котором они находятся, будут определяться интенсивностью внешнего освещения и коэффициентом отражения поверхности индикатора. Пояснительные надписи в некотором смысле могут быть также отнесены к пассивным индикаторам, информация на которых не меняется.

Активные индикаторы излучают свет и воспринимаются оператором в первую очередь за счет их собственной яркости, которая, как правило, превышает яркость отражения в пассивном режиме. Следует иметь в виду, что на ПУ могут быть индикаторы, совмещенные с органами управления, например, кнопки или клавиши с надписями, которые при нажатии излучают свет. В этом случае необходимо рассчитать контраст кнопки относительно фона и контраст надписи относительно кнопки в пассивном и активном режимах. Таким образом, расчет светотехнических характеристик активных органов индикации необходимо всегда проводить для пассивного и активного режимов работы.

Проверка соответствия рассчитанных контрастов требуемым критериям является необходимым, но еще недостаточным условием. Необходимо проверить также условие соответствия пороговому контрасту, который зависит от яркости фона и угловых размеров соответствующего компонента (знака). Очевидно, что из двух компонентов, имеющих одинаковый контраст, будет лучше восприниматься тот из них, который имеет больший размер при одинаковом расстоянии их наблюдения.

К органам управления и коммутации относятся кнопки, клавиши, тумблеры, поворотные переключатели, ручки плавной регулировки, гнезда, клеммы и другие компоненты, предназначенные для управления техническим средством. Органы управления и коммутации могут иметь различную форму, цвет, усилия переключения, специфические признаки распознавания (визуальные и тактильные). На них или рядом с ними могут находиться пояснительные надписи, циф-



ры, условные обозначения. Таким образом, органы управления и коммутации с соответствующими надписями также являются для оператора источниками информации. Однако в отличие от органов индикации, которые представляют информацию оператору о текущем состоянии оборудования, органы управления и коммутации представляют информацию, необходимую для осуществления управляющих воздействий. Поэтому для них также необходимо провести расчет светотехнических характеристик, как и для органов индикации, т. е. рассматривать органы управления и коммутации, а также надписи как индикаторы, работающие в пассивном режиме.

При проведении расчетов светотехнических характеристик необходимо иметь в виду, что уровень внешней освещенности при работе с конкретным оборудованием может меняться. Поэтому соответствующие расчеты необходимо проводить для минимальной и максимальной освещенности, кроме случаев, когда условиями работы предусмотрено постоянное значение внешней освещенности.

Расчет эргономических характеристик органов управления предполагает определение допустимых размеров их приводных элементов (ручек, кнопок, клавиш).

При проведении расчета времени информационного поиска необходимо понимать, что поиск любого элемента ведется оператором по определенным для него признакам. Это может быть цвет, форма, расположение элемента (горизонтальное или вертикальное), надпись на, над или под элементом, яркость и частота мигания светящегося компонента и т. п. При этом среди группы одинаковых признаков каждый элемент в конечном итоге имеет свой уникальный признак, по которому он и идентифицируется оператором. Поэтому теоретически количество признаков для данного элемента всегда равно единице, если только он не дублируется на ПУ (например клавиша Ctrl на клавиатуре компьютера). Однако практически в силу структурности восприятия информации человеком поиск необходимого компонента ведется по группе признаков, а затем в рамках этой группы по индивидуальному признаку.

В каждой группе признаков могут быть также свои подгруппы признаков. Например, среди различных форм клавиш могут быть клавиши квадратной формы, среди которых есть клавиши серого цвета, среди которых есть клавиши с цифрами, среди которых есть искомая клавиша с конкретной цифрой. Поэтому расчеты времени информационного поиска органов индикации и управления необходимо проводить для различных признаков, присущих данному компоненту. При наличии большого числа компонентов на ПУ допускается проводить расчеты только для наиболее важных и часто используемых.

Завершающим расчетом является расчет алгоритма работы оператора. Прежде чем начинать расчет алгоритма работы оператора, необходимо выбрать какой-либо режим его работы с оборудованием. Это может быть режим настройки, режим передачи сообщения (для мобильного телефона), режим расчета по формуле (для калькулятора), режим поиска и настройки параметров телевизионной программы (для телевизора) и т. п. На основании описания порядка

работы с оборудованием составляется алгоритм работы оператора в виде условных обозначений или структурной схемы. При этом общее число составляющих алгоритма должно быть несколько десятков. Затем, используя логическую форму записи алгоритма, проводят расчет коэффициентов стереотипности и логической сложности, на основании которых делается заключение о соответствии алгоритма требованиям инженерной психологии.

После завершения каждого расчета по полученным результатам необходимо сделать заключение о соответствии или не соответствии требуемым критериям исходных инженерно-психологических характеристик ПУ оборудованием.

Если проводятся все расчеты, то в конце необходимо сделать полное (развернутое) экспертное заключение о соответствии ПУ оборудованием инженерно-психологическим требованиям.

### **3.2.2. Подготовка и анализ исходных данных**

Началу анализа ПУ оборудованием предшествует подготовка и анализ исходных данных, в результате которого уточняются и корректируются (при необходимости) исходные данные, определяются их размерности, количественные значения, которые будут необходимы для дальнейших расчетов.

Для определения номенклатуры исходных данных необходимо проанализировать все формулы, которые будут использоваться при расчетах, и составить перечень всех входящих в них величин с соответствующими их размерностями.

Исходные данные условно можно разделить на три группы:

– данные, определяемые возможностями самого оператора по приему и переработке информации;

– данные, определяемые условиями работы оператора с конкретным оборудованием;

– данные, относящиеся к самому оборудованию.

К первой группе исходных данных относятся:

– угловые размеры соответствующих зон обзора оператора;

– угол зрения оператора;

– объем зрительного восприятия;

– пределы контраста;

– допустимые усилия;

– время фиксации и др.

Ко второй группе исходных данных относятся:

– расстояние до ПУ;

– сила света источника освещения рабочего места оператора;

– расстояние от источника света до рабочего места оператора;

– угол, под которым освещается рабочее место оператора источником освещения;

– минимальная и максимальная освещенности рабочего места оператора;

– факторы, влияющие на работу оператора (шум, вибрации, влажность, температура, давление, электромагнитные и ионизирующие излучения, примеси в атмосфере) и др.

К третьей группе исходных данных относятся:

- размеры ПУ;
- размеры элементов ПУ;
- количество элементов на ПУ;
- цветовые характеристики компонентов ПУ (коэффициенты отражения);
- количество знакомест индикаторов;
- яркость индикаторов;
- усилия переключения органов управления;
- порядок работы с оборудованием и др.

Исходные данные рекомендуется представлять в виде таблиц, которые удобно использовать в дальнейшем при сопоставлении расчетных значений с исходными данными технического оборудования. При этом в таблицы, например, могут быть занесены следующие характеристики компонентов ПУ:

- номер по порядку;
- название;
- условное обозначение;
- назначение;
- габаритные размеры (высота, ширина, диаметр);
- установочная площадь;
- цвет;
- коэффициент отражения поверхности;
- сила света или яркость (для индикаторов);
- сопротивление перемещению или вращающий момент на оси (для органов управления);
- другие характеристики, которые могут быть полезны для дальнейших расчетов.

В заключение следует отметить, что некоторые исходные данные могут быть представлены в неявном виде или вообще отсутствовать. В этом случае для их получения необходимо использовать дополнительную нормативно-техническую и справочную информацию, которая может быть найдена, например, в литературе [13, 17]. Часть такой информации приведена в приложениях к данному пособию, однако эта информация может использоваться только для учебных целей. Для проведения профессиональных расчетов необходимо пользоваться соответствующей справочной литературой.

### **3.2.3. Определение размеров панелей управления**

Размеры (площадь) ПУ определяются не только конструкторскими требованиями (суммарной площадью компонентов, которые необходимо установить на панели с учетом коэффициента заполнения панели), но и требованиями инженерной психологии.

Максимально допустимый размер ПУ определяется исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния до ПУ (рис. 3.4).

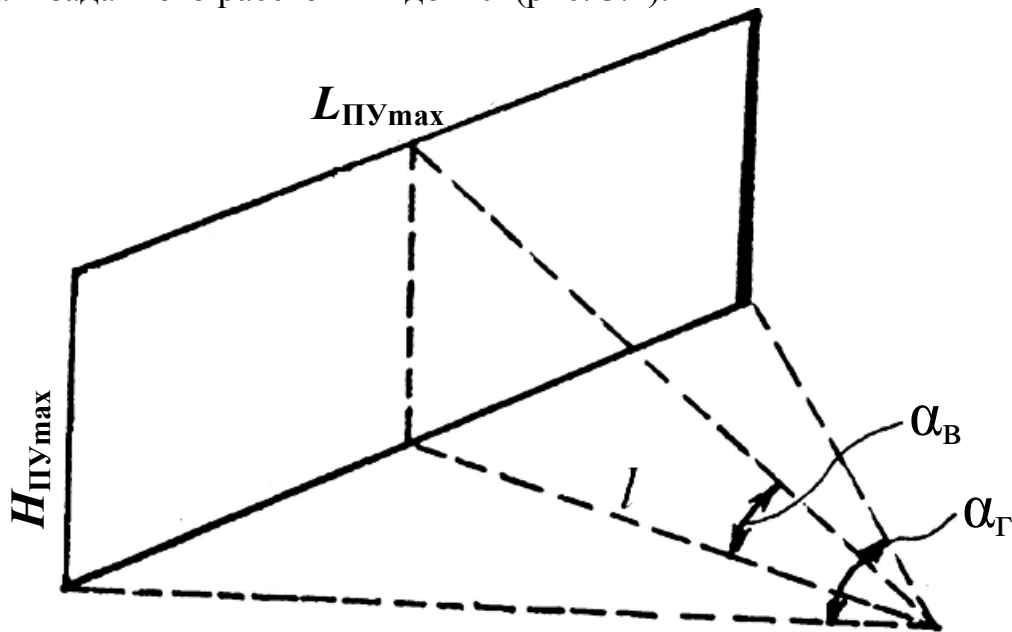


Рис. 3.4. Определение максимально допустимых размеров панели управления

Тогда максимальная длина, высота и площадь ПУ соответственно равны

$$L_{\text{ПУmax}} = 2l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2}, \quad (3.1)$$

$$H_{\text{ПУmax}} = 2l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{В}}}{2}, \quad (3.2)$$

$$S_{\text{ПУmax}} = L_{\text{max}} \cdot H_{\text{max}}, \quad (3.3)$$

где  $l$  – расстояние до ПУ;

$\alpha_{\Gamma}$  – горизонтальный угол периферического зрения;

$\alpha_{\text{В}}$  – вертикальный угол периферического зрения.

Для зоны периферического зрения оператора принимают  $\alpha_{\Gamma} = 90$ ,  $\alpha_{\text{В}} = 75$ , если нет ограничений по условиям работы оператора.

Расстояние до ПУ определяется зонами досягаемости рук оператора или реальным рабочим расстоянием, с которого ведется управление прибором или считывание информации [13, 17] (рис. П.1.1, П.1.2 прил. 1).

Минимально допустимые размеры ПУ определяются исходя из объема оперативной памяти и оперативного (центрального) поля зрения оператора. В соответствии с требованиями инженерной психологии в поле зрения оператора, ограниченным углом оперативного поля зрения  $\alpha_{\text{п.з}}$ , должно попадать  $6 \pm 2$  компонента ПУ (рис. 3.5).

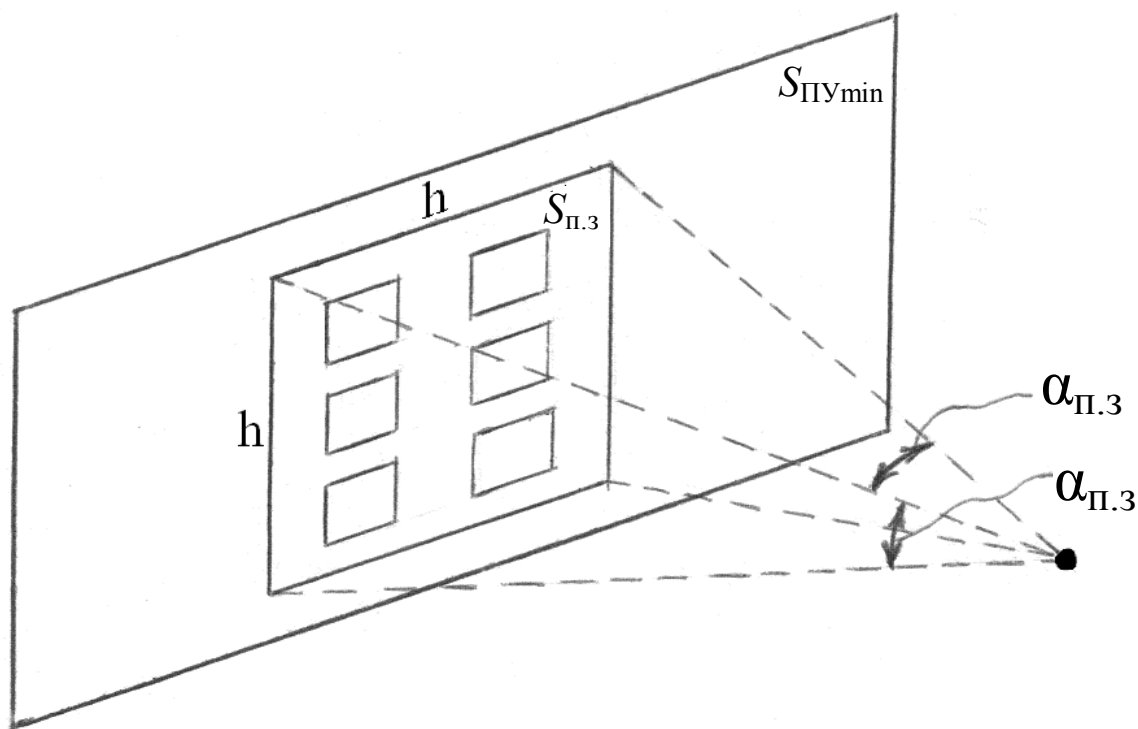


Рис. 3.5. Определение минимально допустимых размеров панели управления

Тогда площадь оперативного поля зрения определяется как

$$S_{п.з} = h \cdot h = \left( 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{п.з}}{2} \right)^2, \quad (3.4)$$

где  $h$  и  $\alpha_{п.з}$  – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения. А минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, вычисляется как

$$S_{ПУmax} = \frac{N}{6 \mp 2} \cdot S_{п.з}, \quad (3.5)$$

где  $N$  – количество компонентов, расположенных на ПУ.

Величина угла оперативного (центрального) поля зрения принимается равной  $\alpha_{п.з} = 4 \dots 10^\circ$  [13].

Фактическая площадь ПУ  $S_{ПУф}$  должна лежать в пределах

$$S_{ПУmin} \leq S_{ПУф} \leq S_{ПУmax}.$$

### 3.2.4. Определение размеров компонентов панели управления

Размеры компонентов ПУ, высота надписей, символов, знаков на ПУ и на компонентах (органах управления и индикации) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния оператор мог надежно их распознавать и безошибочно считывать информацию с индикаторов и надписей. Требуемая высота знака зависит как от расстояния до него, так и от освещенности [13] (табл. П.2.1, П.2.2 прил. 2).

Минимально допустимая высота знака может быть определена как

$$H_{3 \min} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}, \quad (3.6)$$

где  $l$  – расстояние до ПУ;

$\alpha_3$  – допустимый (минимальный) угловой размер знака.

Для простых знаков  $\alpha_3 = 15'$ , для сложных знаков  $\alpha_3 = 30 \dots 40'$  (для справки:  $\operatorname{tg} 15'/2 = 0,0022$ ;  $\operatorname{tg} 30'/2 = 0,0044$ ).

Минимально допустимая ширина знака определяется по формуле

$$B_{3 \min} = F \cdot H_{3 \min}, \quad (3.7)$$

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

Расстояние между знаками по горизонтали принимается равным половине ширины, а расстояние между знаками по вертикали – половине высоты знака. Минимальное расстояние от краев индикаторного устройства до ближайшего знака, отображаемого на нем, должна быть равна ширине (высоте) знака. Тогда минимальные размеры (высота и ширина) многоэлементного индикаторного устройства могут быть определены по формулам:

$$H_{и \min} = 1,5 (N_{в} + 1) H_{3 \min}, \quad (3.8)$$

$$B_{и \min} = 1,5 (N_{г} + 1) B_{3 \min}, \quad (3.9)$$

где  $N_{в}$  и  $N_{г}$  – число знаков индикаторного устройства, расположенных соответственно по вертикали и горизонтали.

Определив минимально допустимые размеры знаков и индикаторных многоэлементных устройств, проводят сравнение фактических размеров компонентов ПУ, которые должны быть больше минимальных.

### 3.2.5. Расчет светотехнических характеристик элементов панели управления

Все компоненты ПУ должны иметь не только соответствующие размеры, определенные в п. 3.2.4, но и хорошо выделяться на окружающем их фоне при соответствующей (заданной) внешней освещенности, т. е. они должны иметь необходимый контраст по отношению к фону.

В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального восприятия компонента (предмета) на некотором фоне необходимо обеспечить контрастность в пределах [13]

$$0,6 \leq K \leq 0,95, \quad (3.10)$$

где  $K$  – коэффициент контраста.

При этом различают прямой контраст, когда предмет темнее фона, и обратный контраст, когда предмет светлее фона.

Для прямого и обратного контраста коэффициент контраста определяется по формулам:

$$K_{\text{п}} = (B_{\text{ф}} - B_{\text{п}}) / B_{\text{ф}}, \quad (3.11)$$

$$K_{\text{о}} = (B_{\text{п}} - B_{\text{ф}}) / B_{\text{п}}, \quad (3.12)$$

где  $B_{\text{ф}}$  – яркость фона;

$B_{\text{п}}$  – яркость предмета (компонента, надписи, индикатора).

Размерность яркости – кандела на метр квадратный, кд/м<sup>2</sup>.

В общем случае яркость предмета или фона может состоять из двух составляющих – яркости отражения  $B_{\text{о}}$  и яркости излучения  $B_{\text{и}}$ :

$$B_{\text{п(ф)}} = B_{\text{о}} + B_{\text{и}}. \quad (3.13)$$

Для пассивных (несветящихся) компонентов  $B_{\text{п}} = B_{\text{о}}$ , для активных (светящихся) компонентов  $B_{\text{п}} = B_{\text{о}} + B_{\text{и}}$ .

Яркость отражения  $B_{\text{о}}$  определяется уровнем внешней освещенности данной поверхности и ее отражающими свойствами:

$$B_{\text{о}} = \frac{E \cdot \rho}{\pi}, \quad (3.14)$$

где  $E$  – освещенность поверхности;

$\rho$  – коэффициент отражения поверхности;

$\pi = 3,14159$ .

Размерности освещенности – люмен на метр квадратный (лм/м<sup>2</sup>), люкс (лк), (1 лм/м<sup>2</sup> = 1 лк). По размерности 1лк = 1кд/м<sup>2</sup>. Нормы освещенности приведены в табл. П.3.1, П.3.2 прил. 3.

Если известна сила источника внешнего освещения, то освещенность поверхности на некотором расстоянии от него определяется по формуле

$$E = \frac{I}{R^2} \cdot \cos \beta, \quad (3.15)$$

где  $I$  – сила света источника;

$R$  – расстояние от источника до освещаемой поверхности;

$\beta$  – угол между направлением распространения света и нормалью к освещаемой поверхности.

Сила света измеряется в канделах, а расстояние – в метрах. Сила света источников освещения приводится в соответствующих справочниках, проспектах или технических условиях на конкретный вид источника освещения.

Коэффициент отражения зависит от цвета поверхности и качества ее обработки. Так, для полированных или глянцевых поверхностей коэффициент отражения будет зависеть от угла падающего и отраженного света. Коэффициент отражения показывает, какая часть падающего на поверхность светового потока отражается ею. Приблизительные значения коэффициентов отражения поверхностей различного цвета приведены в табл. П.4.1 прил. 4. Более точные значения коэффициентов могут быть найдены в справочной литературе, атла-

сах стандартных образцов цвета, а также путем сопоставления отражательных характеристик данной поверхности с эталонным образцом.

Яркость излучения  $B_n$  определяется силой света источника излучения и величиной площади светящейся поверхности:

$$B_n = \frac{I}{S \cdot \cos\beta}, \quad (3.16)$$

где  $I$  – сила света источника в рассматриваемом направлении;

$S$  – площадь светящейся поверхности в рассматриваемом направлении;

$\beta$  – угол, под которым видна светящаяся поверхность наблюдателю (угол между нормалью к светящейся поверхности и рассматриваемым направлением).

Размерность силы света – кандела (кд). Размерность площади – мер квадратный ( $m^2$ ). Сила света или яркость источника (индикатора) указываются в технических условиях, соответствующих проспектах и в справочниках, например [13].

Формулой (3.16) необходимо пользоваться тогда, когда в справочнике на соответствующий индикатор вместо его яркости дается сила света. Однако следует иметь в виду, что сила света дается в направлении нормами к поверхности индикатора, то есть для  $\beta = 0$ . А чтобы определить силу света в рассматриваемом направлении для  $\beta \neq 0$ , необходимы дополнительные данные для индикатора в виде диаграммы направленности, по которой и определяется сила света в этом направлении. Однако не во всех справочниках могут приводиться диаграммы направленности. Поэтому необходимо пользоваться дополнительными источниками информации для конкретного индикатора. Ориентировочные значения яркости некоторых типов индикаторов приведены в табл. П.5.1 прил. 5.

Условие формулы (3.10) для любых пассивных компонентов ПУ (в том числе и активных, но не светящихся в данный момент), обладающих как прямым, так и обратным контрастом, является необходимым, но еще недостаточным для оптимального восприятия их оператором.

Как видно из формулы (3.6), оптимальное восприятие зависит и от углового размера компонента, который вместе с освещенностью определяет уровень порогового контраста  $K_{пор}$ .

Пороговый контраст характеризует предельно возможное для глаза различие между яркостями предмета и фона для данной освещенности и размера (высоты) предмета. Оперативный порог должен быть в 10 – 15 раз больше предельно возможного, т. е.

$$K_n, K_o \geq (10 - 15) K_{пор}. \quad (3.17)$$

Величина порогового контраста  $K_{пор}$  определяется по графику (рис. 3.6) для соответствующих значений яркости фона  $B_f$ , рассчитанных по формулам (3.11) и (3.12), и угловых размеров компонентов (знаков), рассчитанных по формуле



$$a_3 = 2 \arctg \frac{H_3}{2l}, \quad (3.18)$$

где  $H_3$  – высота компонента ПУ (знака, символа, ручки, кнопки, светодиода);  
 $l$  – расстояние до ПУ.

Если условие формулы (3.17) не выполняется, то необходимо увеличить размер (высоту) компонентов ПУ или повесить внешнюю освещенность, если это допускается по условиям эксплуатации или техническим требованиям. На графике (см. рис. 3.6) приведены зависимости для четырех угловых размеров знаков и яркостей от 1 до 1000 кд/м<sup>2</sup>. При необходимости использования других данных необходимо провести экстраполяцию графика.

В заключение следует отметить, что в поле зрения оператора могут попадать сигналы с разной яркостью. При этом сигналы с большей яркостью могут вызвать ослепление оператора. Слепящая яркость определяется эмпирической формулой

$$B_c = B_a + 840 \cdot \frac{\sqrt[3]{B_a}}{\sqrt[4]{W}}, \quad (3.19)$$

где  $B_a$  – яркость поля адаптации (в большинстве случаев – яркость фона);

$W$  – телесный угол, под которым оператору видна светящаяся поверхность (в стерadianах).

Следовательно, для создания оптимальных условий зрительного восприятия необходимо не только обеспечить требуемую яркость и контраст сигналов, но также и равномерность распределения яркостей в поле зрения оператора. В случаях, когда невозможно использовать для расчетов формулу (3.19), необходимо обеспечивать перепады яркостей не более 1: 30 [13].

### **3.2.6. Определение эргономических характеристик органов управления**

К органам управления относятся тумблеры, переключатели (кнопочные, поворотные), компоненты аппаратуры с переменными параметрами (переменные резисторы, конденсаторы и др.). Они состоят из самого компонента, выполняющего функцию управления, и приводного элемента (ПЭ) (ручки, кнопки). При этом на оси органа управления могут быть установлены ПЭ различной формы и размеров. Это позволяет, не меняя типа органа управления, обеспечивать соответствие эргономическим требованиям.

Для определения требуемых размеров ПЭ необходимо знать величину усилия для переключения органа управления (сопротивление перемещению на его оси), диаметр оси и допустимое усилие, развиваемое на ПЭ рукой оператора. Размер ПЭ должен быть во столько раз больше размера оси, во сколько раз допустимое усилие меньше сопротивления перемещению. Тогда для ПЭ поворотного действия (ручек управления) их диаметр может быть определен как

$$D_{\text{ПЭ}} \geq \frac{F_c}{F_d} \cdot D_o, \quad (3.20)$$

где  $F_c$  – сопротивление перемещению на оси органа управления;

$F_d$  – допустимое усилие;

$D_o$  – диаметр оси органа управления.

Сопротивление перемещению на оси  $F_c$  и диаметр оси  $D_o$  задаются в технических условиях на ПЭ или указываются в справочной литературе. Величина допустимого усилия в соответствии с эргономическими требованиями для ПЭ поворотного действия должна лежать в пределах  $F_d = 5...50$  Н. Иногда вместо величины  $F_c$  задается величина крутящего момента  $M = (D_o / 2) \cdot F_c$ . Тогда диаметр ПЭ определяется как

$$D_{\text{ПЭ}} \geq \frac{2M}{F_d}. \quad (3.21)$$

Для ПЭ нажимного действия (кнопки управления) их размер (площадь) может быть определен как

$$S_{\text{ПЭ}} \geq \frac{F_c}{F_d} \cdot S_o, \quad (3.22)$$

где  $F_c$  – сопротивление нажатию на оси органа управления;

$S_o$  – площадь оси органа управления.

Величина допустимого усилия для ПЭ нажимного действия должна лежать в пределах  $F_d = 1,4...6$  Н.

Рекомендуемые допустимые усилия кнопок, тумблеров, переключателей «легкого типа» должны лежать в пределах 1,4...1,6 Н, «тяжелого типа» – в пределах 6...12 Н (табл. П.6.1, П.6.2 прил. 6).

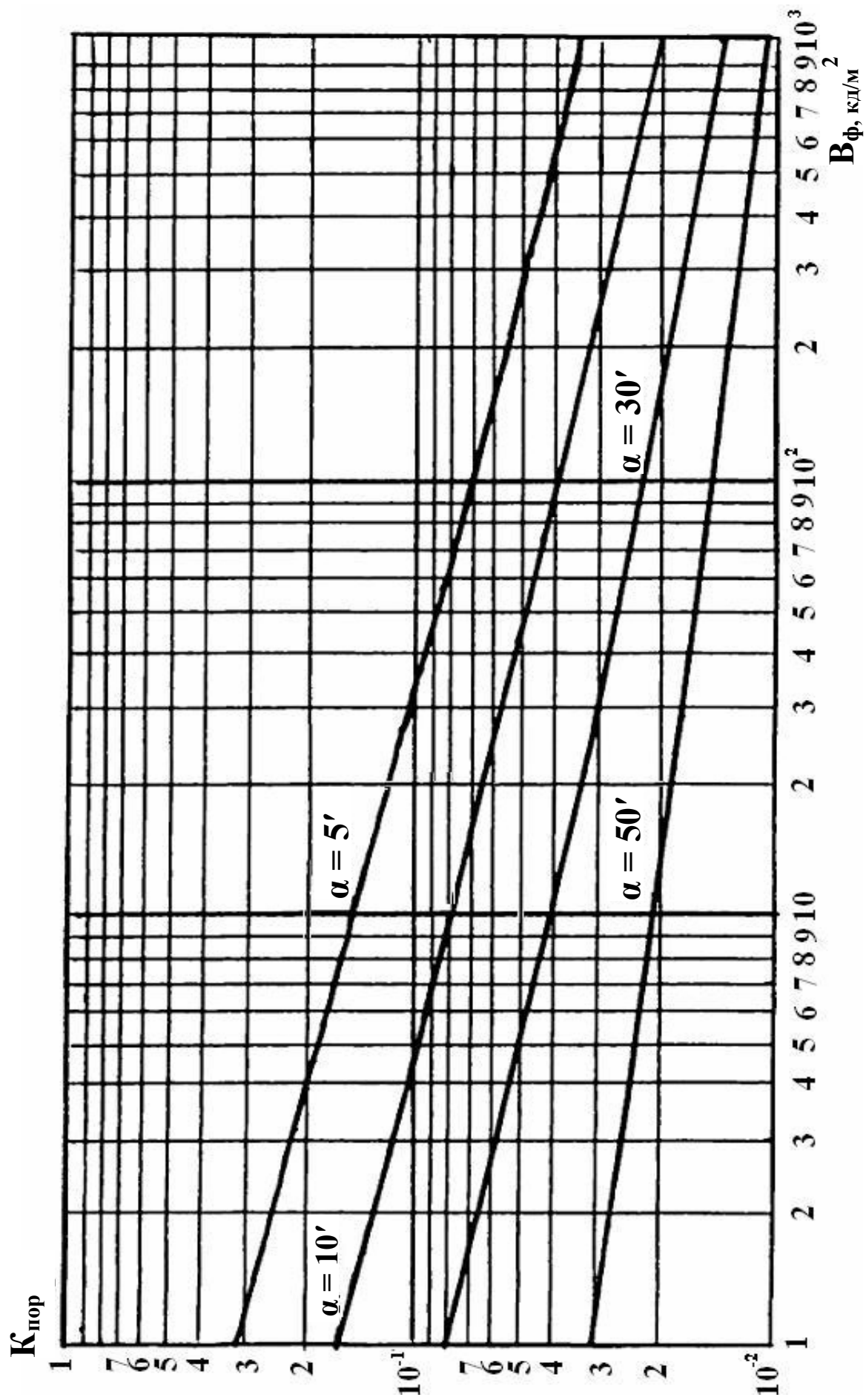


Рис. 3.6. Зависимость порогового контраста от яркости фона (адаптации) и угловых размеров компонента

Зоны досягаемости рук оператора до ПУ

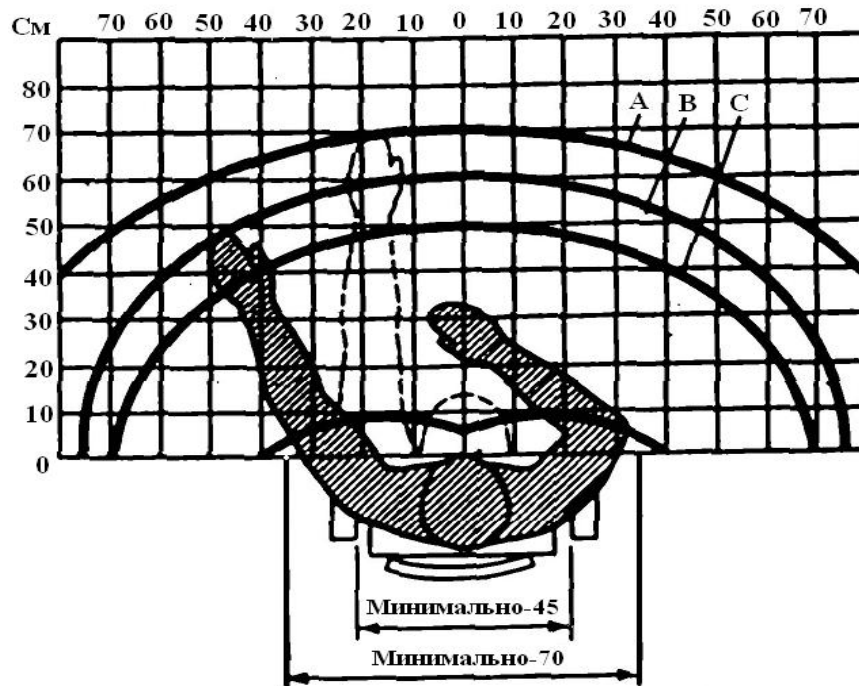


Рис. П.1.1. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:  
 А – максимальная; В – допустимая; С – оптимальная

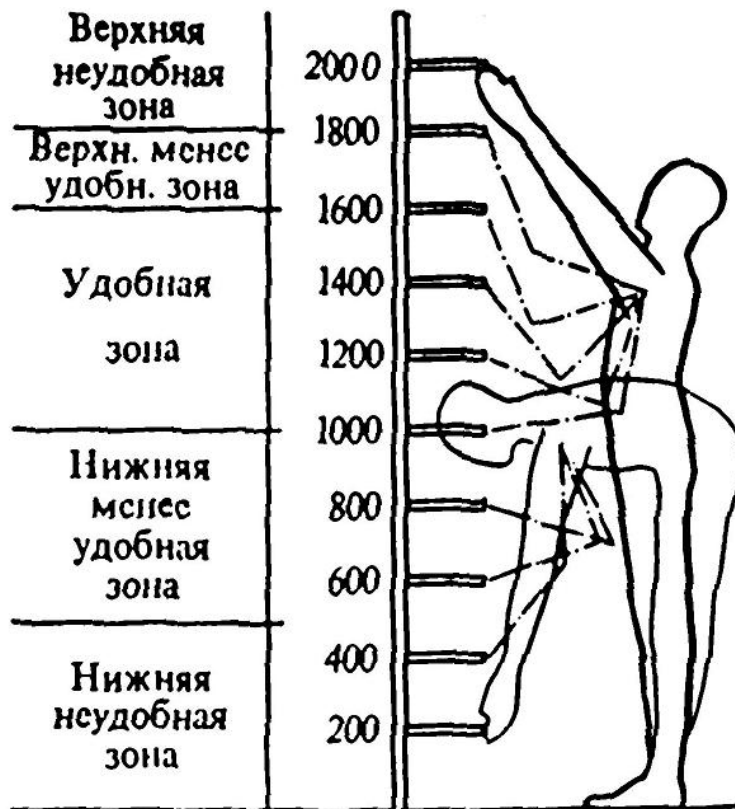


Рис. П.1.2. Зоны досягаемости рук в вертикальной плоскости

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Требования к надписям на ПУ

Таблица П.2.1

#### Рекомендуемая высота знаков в надписях

Расстояние до лицевой панели, м	При освещенности 200...500 лк		При освещенности свыше 500 лк	
	важные надписи, мм	обычные надписи, мм	важные надписи, мм	обычные надписи, мм
0,7	4...8	2,5...5	2,5...5	1,2...4
1,0	5...10	3,3...6,6	3,3...6,6	1,5...4,5
2,0	10...20	6,6...12	6,6...12	3,3...10
5,0	33...65	22...43	22...43	11...33

Таблица П.2.2

#### Яркостные характеристики знаков в надписях

Характеристика знаков	Размеры знаков, угл. мин			
	10...25		25...40	
Яркость фона, кд/м <sup>2</sup>	≥ 30	≥ 30	≥ 10	≥ 10
Коэффициент отражения фона	> 0,4	0,2...0,4	> 0,4	0,2...0,4
Освещенность надписи, лк	200...400	> 400	100...200	> 200
Контраст надписи с фоном	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65

**Нормы освещенности поверхности ПУ**

Таблица П.3.1

**Показатели минимальной освещенности**

Требуемая освещенность	Общее освещение, лк	Местное освещение, лк	Дополнительное общее освещение, лк
Очень слабая	30	–	–
Слабая	60	–	–
Средняя	100	250	20
Сильная	250	500	40
Очень сильная	600	1000	20
Исключительно сильная	–	4000	300

Таблица П. 3.2

**Нормы освещенности на рабочих местах оператора**

Тип рабочего места или характер выполняемой работы	Рекомендуемые значения, лк	Минимальные значения, лк
Периферийные устройства ЭВМ. Офисное оборудование	1000	500
Измерительные приборы. Испытания и проверка РЭС. Простые задачи наблюдения	500	300
Ремонтные работы: общие	500	300
приборные	2000	1000
Выполнение записей	700	500

**Коэффициенты отражения поверхностей**

Таблица П.4.1

Приблизительные 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	–

**Характеристики индикаторов**

Инженерно-психологические характеристики индикаторов

Тип индикатора	Высота знака, мм	Цвет свечения	Яркость свечения, Кд/м <sup>2</sup>	Угол обзора, град.	Индیکیруемые символы
Электронно-лучевые трубки	–	Многоцветный	50...300	120	Цифры, буквы, знаки
Электрорлюминесцентные	20 и более	Зеленый, голубой, желтый, красный	20...50 для зеленого, 6...40 для остальных цветов	160	Цифры, буквы, знаки
Вакуумные накаливаемые	10...20	Соломенно-желтый	1700...10000	140	Цифры, буквы, знаки
Вакуумные люминесцентные	5...25	Зеленый	250...1 000	140	Цифры, буквы, Знаки
Тиратроны тлеющего разряда	7...13	Красный, желтый, зеленый	40...70	100	Цифры
Газоразрядные	До 20	Красный	50...200	90	Цифры, буквы, знаки
Светоизлучающие знако-синтезирующие диоды	5...10	Красный, зеленый, желтый	50...350	120	Цифры, буквы, знаки
Светоизлучающие точечные диоды	–	Красный, оранжево-красный, желтый, Зеленый	5...350 20...400 10...80 60...450	25...60 25...60 25...60 25...60	– – – –
Жидкокристаллические	1...15	Темный	Не излучает, контраст 0,8...0,9	120	Цифры и буквы



Характеристики органов управления

Таблица П.6.1

Характеристики тумблеров

Сопротивление перемещению приводного элемента, <i>H</i>	Длина приводного элемента, мм	Минимальный диаметр приводного элемента, мм	Дополнительное усилие для перемещения приводного элемента, <i>H</i>	Назначение и частота переключений <i>n</i> , раз./мин
до 2,0	10	3...8	2,0	Для широкого применения, $n \leq 10$ . Для спец. применения, $n \leq 1$
2,0...3,0	10...15	3...8	3,0...2,0	
3,0...5,0	15...20	3...8	3,3...2,5	
5,0...7,0	20...25	3...8	3,5...2,8	
7,0...10,0	25...30	8...15	4,0...3,3	
10,0...15,0	30...35	8...15	5,0...4,2	
15,0...20,0	35...40	8...15	5,7...5,0	
20,0...25,0	40...45	8...15	6,2...5,0	

Таблица П.6.2

Характеристики кнопочных переключателей

Сопротивление нажатию на оси переключателя, <i>H</i>	Минимальные размеры приводного элемента, мм		Назначение и частота нажатий <i>n</i> , раз/мин
	ширина для квадратного	диаметр для круглого	
до 1	10	3...5	Микроэлектронная аппаратура, $n \leq 2$ . Панели и пульты РЭС, $n \leq 1$
1...2	12	10	
2...4	18	12	Кнопки сброса, аварийные кнопки, $n \leq 5$ . Панели и пульты РЭС, $n \leq 1$
4...8	20	15	
8...20	—	30	
20...35	—	30	
4...6	18	—	
6...16	18...20	—	

Таблица П. 6.3

## Характеристики поворотных переключателей

Сопротивление перемещению на оси переключателя, $H$	Размеры приводного элемента, мм							Дополнительное усилие для перемещения приводного элемента, $H$
	тип I			тип II		тип III		
	L	B	H	D	H	d	h	
—	—	—	—	—	—	6	12	1,6
до 0,5	—	—	—	—	—	10	13	2,0
0,5...1,0	—	—	—	—	—	15	13	2,0
1,0...1,5	—	—	—	—	—	20	15	2,0
1,5...2,0	—	—	—	50	38	—	—	1,6
4,5...5,0	—	—	—	60	40	—	—	3,3
5,0...10,0	—	—	—	70	45	—	—	4,2
10,0...15,0	—	—	—	75	45	—	—	5,3
15,0...20,0	20	2-3	10	—	—	—	—	2,0
до 2,0	25	3-4	12	—	—	—	—	2,4
2,0...3,0	30	3-5	12	—	—	—	—	3,3
3,0...5,0	35	3-5	15	—	—	—	—	5,7
5,0...10,0	—	—	—	—	—	—	—	—

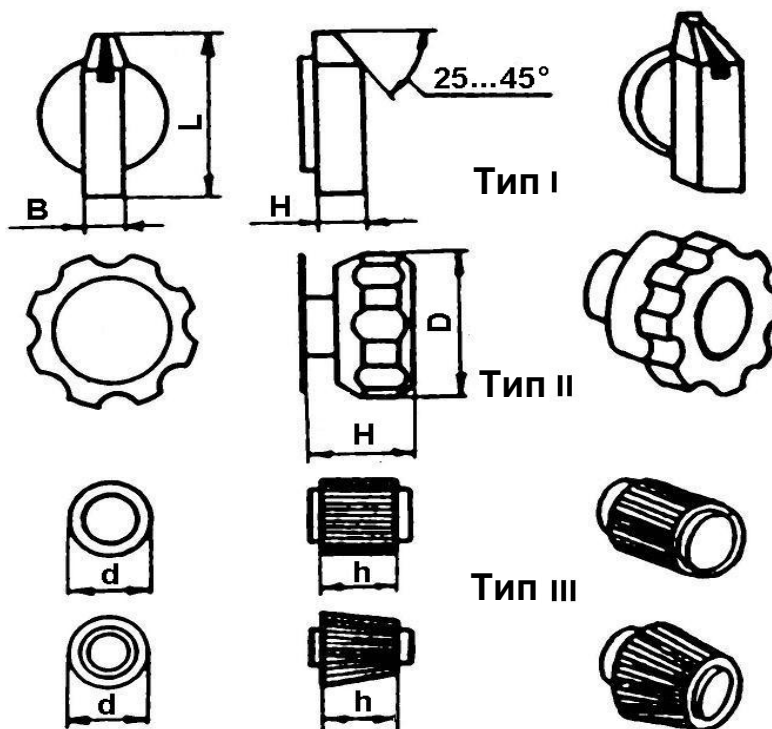


Рис. П.6.1. Типы поворотных переключателей

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алефиренко, В. М. Инженерная психология : практикум по дисц. «Инженерная психология» / В. М. Алефиренко, Ю. В. Шамгин. – Минск : БГУИР, 2005. – 36 с.
2. Алефиренко, В. М. Инженерно-психологический анализ панелей управления РЭС : метод. пособие по учеб. дисц. «Инженерная психология» / В. М. Алефиренко, С. М. Боровиков. – Минск : БГУИР, 2007. – 32 с.
3. Анастаси, А. Психологическое тестирование / А. Анастаси, С. Дурбина. – СПб. : Питер, 2001. – 687 с.
4. Бодалев, А. А. Общая психодиагностика / А. А. Бодалев, В. В. Столин. – СПб. : Питер, 2002. – 440 с.
5. Бурлачук, Л. Ф. Психодиагностика / Л. Ф. Бурлачук. – СПб. : Питер, 2002. – 352 с.
6. Галактионов, А. И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП / А. И. Галактионов. – М : Энергия, 1978. – 236 с.
7. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – М : Академический проект ; Екатеринбург : Деловая книга, 2002. – 576 с.
8. Зараковский, Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности / Г. М. Зараковский. – М : Наука, 1967. – 114 с.
9. Зинченко, В. П. Основы эргономики / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – М : Изд-во МГУ, 1979. – 344 с.
10. Зинченко, Т. П. Методы эргономического обеспечения проектирования / Т. П. Зинченко, А. А. Фрумкин. – СПб. : Изд. СПб унив., 1991. – 124 с.
11. Практикум по инженерной психологии / под ред. А. А. Крылова, В. А. Ганзена. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1978. – 168 с.
12. Смирнов, Б. А. Методы инженерной психологии / Б. А. Смирнов, А. М. Тиньков. – Харьков : Изд-во «Гуманитарный центр», 2008. – 528 с.
13. Справочник по инженерной психологии / под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
14. Столяренко, Л. Д. Основы психологии : практикум / Л. Д. Столяренко. – Ростов н/Д. : Феникс, 2000. – 567 с.
15. Шупейко, И. Г. Инженерно-психологическое проектирование средств информационного взаимодействия для систем «человек – машина» / И. Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 1998. – 59 с.
16. Шадриков, В. Д. Введение в психологию способностей человека / В. Д. Шадриков. – М. : Логос, 2002. – 160 с.
17. Эргономика: принципы и рекомендации / под ред. В. М. Мунипова. – М. : ВНИИТЭ, 1981. – 272 с.

Учебное издание

**Шупейко** Игорь Георгиевич

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА  
ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРТИЗЫ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. В. Гриневич*  
Корректор *Л. А. Шичко*  
Компьютерная верстка *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Times».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. 7,5. Тираж 100 экз. Заказ 270.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ № 02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП № 02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6.