



**Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры**

А. К. Кондаков

Основы инженерной психологии

Учебное пособие

ТОМСК 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра конструирования и производства
радиоаппаратуры

А. К. Кондаков

Основы инженерной психологии

Учебное пособие

2012

Кондаков А.К.

Основы инженерной психологии: Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2012. – 45 с.

Данное пособие включает основные положения по инженерной психологии в технике. Изучение данного курса позволяет студентам грамотно ориентироваться в использовании и применении положений и рекомендаций инженерной психологии при выполнении проектных конструкторских работ, обеспечивая повышение потребительских качеств проектируемой техники за счет учета психофизиологических характеристик человека - оператора.

Пособие написано для студентов специальности 210303, но может быть использовано и студентами других специальностей радиотехнического профиля.

© Кондаков А.К.,

© Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012, 45 стр.

Содержание

1	Введение в инженерную психологию	5
2	Инженерная психология, её принципы и методы	7
3	Возможности и функции человека и машины	10
3.1	Распределение функций между человеком и машиной	14
4	Познавательные действия	16
5	Информационная подготовка решения.....	19
6	Исполнительные (перцептивно-моторные) действия человека.....	21
7	Факторы деятельности, вызывающие утомление	23
8	Характеристика эмоциональных состояний оператора	26
9	Деятельность оператора с информационными моделями	28
10	Пространственные характеристики зрительной информации	34
10.1	Размещение СОО в оперативных залах.....	34
10.2	Оптимальные размеры знаков и их элементов.....	35
10.3	Оптимальные характеристики компоновки знаков.....	36
10.4	Яркостные характеристики зрительной информации.....	37
10.5	Временные характеристики зрительной информации	38
10.6	Кодирование зрительной информации.....	38
11	Показатели работы оператора	39
11.1	Временные характеристики действий оператора.....	39
11.2	Точность работы оператора.....	41
11.3	Надежность работы оператора.....	43

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

1 Введение в инженерную психологию

Инженерная психология – это сравнительно молодая, бурно развивающаяся область психологии, возникшая на грани с техническими науками. Её появление принято связывать с научно – технической революцией (НТР), начавшейся в середине прошлого века.

НТР выдвинула на передний план проблему применения техники нового типа. Подобная техника – радиоэлектронные средства (РЭС), электронно-вычислительные машины (ЭВМ), автоматизированные системы управления (АСУ) – в наше время проникли в самые разнообразные области хозяйства, производства, армии и науки. От эффекта ее практического использования и применения стали непосредственно зависеть успехи в развитии многих важнейших областей. Следует отметить, что развитие техники шло не только по пути ее усложнения, но также и в направлении повышения ее качества и надежности работы.

Однако конструкторы и другие специалисты, занимающиеся практическим использованием сложной техники, неожиданно столкнулись с явлением, когда весьма совершенные с точки зрения техники устройства при их применении на производстве, в военном деле и т.п., не давали ожидаемого эффекта. И непосредственной причиной этого было большое количество ошибок, которые допускали люди, управляющие такой техникой. Все те преимущества, которые были достигнуты благодаря техническому усовершенствованию машин, практически часто сводились на нет неточными, несвоевременными действиями человека.

Первой реакцией на такое несоответствие была попытка исключить ошибки человека за счет еще большей автоматизации и усложнения техники и замены в ней человека. Это период становления кибернетики, вера в неограниченные возможности этой новой области науки породила иллюзии, будто бы техника, доведенная до совершенства, сможет решать любые задачи, которые до этого решал человек. Однако практика показала, что техника способна замещать далеко не все функции человека; даже там, где можно полностью заменить человека автоматом, делать это не всегда целесообразно.

Другим путем разрешения названной проблемы был анализ причин столь большого числа ошибочных действий человека при управлении новой техникой. Изучение таких причин позволило вскрыть чрезвычайно важную особенность новой техники: эта техника делала возможным решение принципиально новых и сложных задач, но при этом создавала для взаимодействующего с ней человека и принципиально новые условия труда.

Присущие новой технике сложные быстротечные процессы с большим числом меняющихся параметров, которые нужно было контролировать и учитывать в ходе управления, требовали от человека такой скорости восприятия и переработки текущей информации, которая иногда превышала

его пропускную способность, т.е. он просто физически не мог справиться со всеми возникающими перед ним задачами. А если учесть, что подобные задачи приходилось решать в необычных условиях жизнедеятельности (к примеру на самолете), в условиях высокой ответственности за успех работы, высокой цены ошибки, то станет очевидным, сколь существенно изменились условия деятельности человека в новых системах управления.

Правда, человеку и ранее, при работе со старой, более простой техникой приходилось сталкиваться с большим потоком информации, с ограничениями во времени, с необычными условиями жизнедеятельности. Однако благодаря большим приспособительным и творческим возможностям ему иногда удавалось успешно справляться со сложными ситуациями.

Но когда появились технические устройства, в которых требования задач управления стали превосходить возможности человека, это несоответствие стало обнаруживаться в большом числе ошибок.

Таким образом, с появлением новых, современных технических систем возникли условия, при которых человек, даже при мобилизации всех своих компенсаторных возможностей не мог успешно решать возложенные на него задачи. Однако следовал важный вывод, что причиной низкой эффективности новой техники являлся не человек, а сама техника, которая была создана без учета психофизиологических возможностей управляющего ею человека. Так возникла необходимость в специальном изучении психофизиологических особенностей деятельности человека с новыми сложными техническими системами, изучения его возможностей с целью учета этих данных при проектировании и конструировании таких систем и подготовке операторов для управления ими.

Так на грани психологической науки и техники возник целый комплекс специальных теоретических и прикладных проблем, для решения которых сформировалось новое научное направление – инженерная психология – область психологической науки, изучающая деятельность человека в системах управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем.

Основной задачей инженерной психологии является выявление психических закономерностей деятельности человека в указанных системах с целью их учета при конструировании оборудования таких систем, подготовке людей для их управления и обеспечения наиболее эффективного их применения.

В инженерной психологии изучается система «человек – машина» как сложная система, которая в отличие от обычной, несложной системы, отличается двумя признаками. Во-первых, в такой системе человек контролирует состояние управляемого объекта и воздействует на него дистанционно. Поэтому его информация об объекте и способы воздействия на него оказываются более ограниченными, чем при непосредственном взаимодействии с объектом. Во-вторых, в сложной системе у человека – оператора, как правило, нет заранее заданной жесткой программы действий,

поскольку ему нельзя предвидеть, какие возникнут задачи, и нет однозначных способов их разрешения.

В развитии инженерной психологии исследования были направлены главным образом на анализ психофизиологических особенностей восприятия индикаторов, моторных действий, а также на выявление конструктивных ошибок в согласовании оборудования действующих систем с возможностями человека. Попутно решались проблемы коллективной деятельности малых групп людей, осуществляющих совместное управление сложной системой, и учета их взаимодействия при проектировании системы, проблемы получения обобщенных оценок функционирования систем «человек – машина», определения степени эффективности их работы.

2 Инженерная психология, её принципы и методы

Объектом инженерной психологии является человек – оператор, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с машиной, предметом труда и внешней средой посредством дистанционного управления.

Инженерная психология - отрасль науки, изучающая психическое состояние и психические свойства человека – оператора, изучающая деятельность человека в системе управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем, главным образом с точки зрения их влияния на рабочий процесс и результаты его деятельности.

Объектом изучения инженерной психологии, в частности, являются сенсорный вход (органы чувств), моторный выход (двигательный аппарат) человека-оператора, процессы переработки информации в нормальных и критических условиях его жизнедеятельности.

Исследования инженерной психологии ограничены не только определенным кругом видов деятельности, но и определенной категорией людей: в установленном диапазоне возрастов, здоровых, достаточно обученных, т.е. отвечающих требованиям пригодности к операторской деятельности.

Методы исследования в инженерной психологии, как и в эргономике – это лабораторный и естественный эксперимент, изучение результатов деятельности операторов, моделирование деятельности оператора и всей системы «человек – машина», а также методы наблюдения, методы бесед с операторами, методы экспертных оценок.

Инженерная психология непосредственно связана с эргономикой – наукой о законах труда. Хотя психологическая сторона и оказывается весьма важной в трудовой деятельности человека, на процесс и результат труда влияют также физиологические, гигиенические, эстетические и многие другие факторы. Поэтому, чтобы обеспечить эффективную деятельность человека в процессе труда, необходимо создавать такие конструкции систем, инструментов, машин, такие условия деятельности, при которых возможно

было бы учитывать и психологические, и физиологические, и гигиенические, и антропометрические, и эстетические и прочие особенности человека в труде.

Иначе говоря, для создания достаточно сложных, совершенных инструментов, машин и систем, позволяющих человеку эффективно трудиться, наряду с инженерными и психологическими знаниями, должны использоваться также знания из области физиологии, гигиены труда, динамической антропологии, технической эстетики и других наук, изучающих человека в труде.

Из сопоставления целей и задач, стоящих перед эргономикой и инженерной психологией, следует, что инженерная психология фактически решает частные задачи эргономики применительно к сложным системам «человек – машина».

Раньше мы уже называли связь эргономики и кибернетики. Можно проследить связь кибернетики и инженерной психологии. Кибернетика - наука об управлении, связи и переработке информации. Любую кибернетическую систему схематически можно представить в виде двух блоков: управляющего и объекта управления, между которыми циркулирует информация по прямой и обратной связи. Системы, изучаемые в инженерной психологии, можно также изобразить в виде двух блоков – блока человека (субъект управления) и блока объекта управления, включающего в себя предмет труда и машину – его орудие (рис.12).

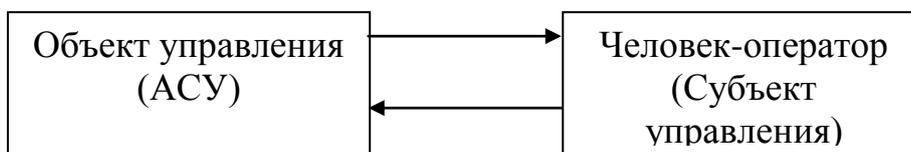


Рисунок 12 - Блок-схема системы управления АСУ

От человека к объекту управления по линии прямой связи поступает командная информация, а от блока к человеку по обратной связи - осведомительная.

Существенным в действии такой системы является тот факт, что человек здесь выступает не просто как ретранслятор информации, поступающей к нему от управляемого объекта – а выбором командного воздействия он вносит в управляемую систему свою дополнительную информацию.

Естественно предположить, что изучение предложенной сложной системы основывается на системном подходе. Сущность его заключается в следующем: путем всестороннего рассмотрения данного объекта (явления) в системах различных отношений, в которых он (оно) вступает, в его развитии представляется возможным получить полную систему знаний о данном объекте (явлении).

Продуктивность применения системного подхода к анализу деятельности человека – оператора в системе «человек – машина», и, в

частности, к оценке её результата определяется надежность его работы. Надежность работы оператора, обусловленная действием многочисленных факторов (разнородных систем), может быть выражена через два основных показателя (временных и точностных ограничений), которые позволяют одновременно учитывать психофизиологические возможности человека (вытекающие из его личных данных, профессиональных качеств, состояния, условий деятельности и пр.), технические особенности машины и решаемой посредством ее задачи. С помощью указанных показателей представляется возможным также учитывать влияние на надежность оператора его информационных процессов, эмоциональных проявлений и прочих характеристик.

Выделим основные принципы, на которых базируются исследования инженерной психологии:

1. Психика человека – оператора изучается в неразрывной связи с целями, которых он достигает в системе управления, с целями, которых он достигает посредством системы, а также в связи с условиями их достижения и ожидаемыми результатами.

2. Психика человека – оператора формируется и раскрывается в процессе его предметной деятельности, поэтому при изучении ее учитывается прошлый опыт, выполняемая деятельность и ожидаемые результаты.

3. Взаимодействие человека и машины изучается с позиции системного подхода – на основе анализа разнообразных связей, существующих между компонентами системы, а также взаимодействия этих компонентов и самой системы с другими системами.

4. Изучение работы системы «человек – машина» осуществляется на основе анализа информационного взаимодействия ее компонентов; синтез таких систем осуществляется посредством оптимизации циркулирующих в них информационных потоков.

5. Результаты инженерно – психологических исследований должны по возможности доводиться до соответствующего уровня формализации, позволяющего использовать их для проектирования или оценки работы системы.

Методы исследования инженерной психологии с учетом специфических задач в большей мере направлены на выявление количественных показателей деятельности оператора, на возможность ее моделирования и использования всех этих данных в ЭВМ.

Количественные показатели деятельности оператора в системе управления нужны еще и потому, что они позволяют выразить «человеческий фактор» в тех же показателях, в каких выражается работа машинного компонента и всей системы в целом. При этом открываются возможности для использования обычных процедур технического проектирования при разработке систем «человек – машина», для анализа и расчетов ее результирующих показателей.

В операторской деятельности человек решает довольно ограниченный круг технических задач, а его действия оказываются жестко детерминированными извне и техническими условиями.

В то же время для операторской деятельности отбирается определенный круг людей, психофизиологические показатели которых отвечают соответствующим требованиям.

Эти обстоятельства способствуют ограничению числа существующих психологических переменных, определяющих поведение оператора, и уменьшению различий в их поведении.

А это, в свою очередь, дает большее основание для формализованного описания психических закономерностей деятельности человека – оператора, а на их основании составлять план подготовки и обучения операторов, алгоритм их трудовой деятельности в системе управления сложными объектами.

3 Возможности и функции человека и машины

При анализе работы сложных систем «человек – машина» большой интерес представляет вопрос, насколько целесообразно организовано в них взаимодействие человека с техническими компонентами. В качестве технических компонентов таких систем в настоящее время выступают весьма совершенные автоматы и вычислительные устройства, способные разрешать сложные задачи, возникающие в системе, и выполнять разнообразные управляющие функции. Подобные устройства могут во многих случаях успешно замещать человека, выполняя за него функции восприятия информации, ее хранения и переработки, функции принятия решения, управления и пр.. Таким образом, возможности технических устройств современной системы «человек – машина» по некоторым показателям существенно приблизились к возможностям человека, действующего в этой системе, а по некоторым даже превзошли его.

Сложилось такое положение, когда многие функции в системе «человек – машина» может успешно выполнять как человек, так и техническое устройство. Отсюда вытекает принципиальная проблема: какую функцию в системе управления поручить человеку, а какую – машине, чтобы обеспечить их целесообразное взаимодействие и эффективную работу системы?

Целесообразность организации той или иной действующей системы «человек – машина» сейчас оценивается по тому, насколько выполняемые в ней человеком и машиной функции соответствуют возможностям того и другого компонента. Однако наибольшее значение проблема распределения функций между человеком и машиной приобретает при проектировании новых систем «человек – машина».

Прежде чем рассматривать подходы к разрешению проблемы распределения функций и критерии распределения, остановимся на оценках

и сопоставлении возможностей, которыми располагает человек и современное техническое устройство.

1. По скорости, точности и объему восприятия отдельных сигналов современная ЭВМ в значительной мере превосходит возможности человека. Если нервной клетке для восприятия единицы информации требуется 10^{-2} с, то элемент ЭВМ выполняет это действие за 10^{-7} с и менее. Однако способность человеческого мозга к параллельной обработке информации в значительной мере компенсирует это отставание и даже обеспечивает человеку превосходство в восприятии сложных комплексов сигналов и образов.

Термин «восприятие» в том смысле, в каком он используется в психологии, к ЭВМ не совсем применим. Под восприятием в психологии понимается отражение предметов и явлений в совокупности их свойств. В ЭВМ же отражаются главным образом лишь отдельные свойства явлений и предметов, причем обычно вне их взаимосвязи. Ограниченные возможности машины по объединению и обобщению принятых сигналов фактически сводят на нет все ее большие потенциальные возможности к восприятию.

Из множества свойств, характеризующих явление или предмет, ЭВМ воспринимает очень немногие – только те, на которые она настроена. Узкая избирательность «входа» является существенным недостатком машины.

Сенсорный же «вход» человека весьма широк: человек способен мгновенно воспринимать целые комплексы самых разнообразных признаков предмета, представленных сигналами различных модальностей (зрительный, слуховой, тактильный и пр.), а значительные способности человека к обобщениям открывают перед ним неограниченные возможности выявления множества новых признаков и связей, существующих между сигналами.

Процесс восприятия (вначале как физическое раздражение, затем формирование перцептивного образа отражаемого объекта, его трансформация с позиции задачи) позволяет человеку приспособляться в процессе восприятия отдельно на каждый признак, что обеспечивает его гибкую адаптацию к полному отражению объекта. К тому же человек способен оценивать и тенденции изменения состояния объекта, воспринимать его по косвенным признакам. Он может легко преодолеть трудности при восприятии неопределенной информации, может успешно оценивать показатели вероятностного порядка.

Человеку присуща константность восприятия (размеры, форма, цвет), позволяющая ему, независимо от условий предъявления объекта (его удаление, расположение в поле зрения, освещения), узнавать данный объект. Машина на такое восприятие не способна.

2. Общий объем человеческой памяти исчисляется в сотнях миллионов единиц информации. Память современных ЭВМ по своему объему в общем уже приближается к предельным возможностям человека. ЭВМ способна сохранять такое количество однотипных данных о работе системы, какое не способен запомнить человек. В то же время в памяти человека каждый показатель работы системы включен в такое число различных связей, какое

пока не способна учитывать ни одна машина. Преимущества машинной памяти проявляются лишь при хранении однотипных данных, на которые рассчитана машина, преимущества же человеческой памяти – в хранении большого числа связей.

Следы в машинной памяти можно стирать, а из памяти человека даже уже не нужные данные убрать невозможно. В то же время человек способен забывать необходимые для управления сведения, а машина сохраняет в памяти всю введенную информацию.

3. Сопоставляя возможности мышления человека с некоторым аналогом этого процесса в машине, следует учитывать условность применения термина «мышление» к машине. Психический процесс мышления у человека заключается в субъективном отражении предметов и явлений в их существенных признаках и взаимосвязях.

Низкие интегральные возможности восприятия и памяти машин, их недостаточная гибкость и пластичность в этих процессах определяют и низкие способности машин к воспроизведению процессов мышления. Машина не может располагать таким количеством различных программ преобразования и объединения информации, какими располагает человек, она не способна решать задачи высокой неопределенности, с какой справляется человек. Однако при решении отдельных задач с большим числом однородно и сложно взаимосвязанных данных машина значительно превосходит человека.

Поскольку в технических системах «человек – машина» возникает обычно много подобных задач, то это обстоятельство способствует широкой замене человека машиной.

4. По моторным функциям, таким как скорость, быстрдействие, точность, сила современные машины безусловно превосходят человека. Машины способны обеспечивать точное отслеживание регулируемых параметров как по величине и скорости их изменения, так и по производным высших порядков. На это в общем не способен человек. Машины располагают значительным запасом энергии. Однако моторный «выход» машины ограничен только определенным набором ответов, человек же способен использовать значительно большее число вариантов ответных действий. Таким образом, «выход» человека, как и его «вход», значительно более пластичный и гибкий, чем у машины. В зависимости от задачи человек может использовать самые разнообразные комбинации, имеющиеся в его распоряжении ответных действий, какие практически невозможно предусмотреть в машине (роботы).

5. Человек в системе управления выступает в виде компонента, способного к высокой степени самоорганизации на различных уровнях. Движимый имеющейся у него целью, он постоянно контролирует и прогнозирует ход процесса, ее достижения, реализуя свои широкие функциональные возможности и используя резервы для преодоления препятствий на этом пути.

Современные автоматические устройства в некоторой степени способны к самоорганизации и использованию накапливаемого в их памяти «опыта» для улучшения отдельных показателей своей работы. Но эти возможности у них ограничены и невысокие. В случае возникновения «трудностей» в работе технического звена (условий, при которых его работа не предусмотрена) она прекращает свою работу, либо результат ее действий оказывается бессмысленным для системы.

Человек же в подобных случаях, как правило, изыскивает пути к сохранению нормальной работы системы и к достижению цели.

6. Как человек, так и машина в системе управления подвержены многообразным воздействиям внешнего и внутреннего порядка. Однако характер этих воздействий принципиально различный. Человек быстро устает, нуждается в периодическом отдыхе, он не способен длительное время сосредоточивать внимание на определенном объекте и может отвлекаться, он чувствителен к различным стрессовым ситуациям, подвержен влиянию разнообразных субъективных факторов. Всех этих недостатков нет у машины – она терпеливо и безумно решает свои задачи. Однако у нее имеются собственные недостатки: машина чувствительна к магнитным и электрическим полям, к внешней температуре.

Человек способен противостоять большинству внутренних нарушений, возникающих в организме, и сохранять при этом требуемые показатели функционирования системы. Нарушения же в работе технических устройств, как правило, ведут к нарушению работы всей системы.

На основании проведенного сопоставления возможностей в системе управления человека и машины можно сделать следующие обобщения:

На человека в системе АСУ следует возлагать выполнение следующих функций:

- распознавание ситуаций в целом по ее многим сложно связанным характеристикам, а также при неполной информации о ней;
- интуитивное мышление, т.е. осуществление обобщений на основе отдельных фактов, особенно при неполной информации о задаче;
- решение задач, в которых отсутствует алгоритм или нет четко выраженных правил переработки информации;
- решение задач, в которых требуется гибкость и приспособляемость к изменяющимся условиям, особенно задач, которые заранее трудно предвидеть;
- решение задач высокой ответственности, в которых велика цена ошибки.

Машине целесообразно поручать следующие функции:

- выполнение всех видов математических расчетов, поскольку машина отличается быстродействием и точностью;
- выполнение однообразных, повторяющихся операций согласно заданному алгоритму;

- хранение в памяти большого объема однородной информации для использования ее при машинных расчетах и быстрой выдачи по запросу оператора;
- решение задач, требующих решений для частных случаев, полученных на основе общих правил;
- выполнение действий, требующих быстрой реакции на команду.

3.1 Распределение функций между человеком и машиной

Принцип распределения функций между человеком и машиной в системе АСУ заключается в том, чтобы распознать, в какой мере та или иная функция в АСУ является «человеческой» и в какой – «машинной». Такое распознавание осуществляется на основе специальных принципов:

Принцип преимущественных возможностей, логически вытекает из приведенного выше сравнения возможностей человека и машины: кто способен лучше выполнить данную задачу, тому и следует её поручить. Однако результаты выполнения любой задачи, возникающей в АСУ, характеризуются несколькими показателями.

Можно говорить о ряде показателей функционирования самой системы (точности, быстродействия, надежности), можно говорить и о стоимости этих результатов, и об их экономической эффективности. Причем по одним результирующим показателям преимущество может оказаться на стороне человека, а по другим – машины.

Поэтому данный принцип требует предварительного выбора определенных показателей, по которым оцениваются преимущества, - показателей, наиболее существенных при создании данной системы.

Принцип максимализации показателей всей системы «человек – машина» предусматривает такое распределение функций между человеком и машиной, при котором достигаются высокие показатели работы не отдельно человека или машины, а общего результата их совместного действия в системе. Этот принцип раскрывает как бы единый со стороны как человека так и машины подход к достижению общей цели, на разрешение единой задачи как совместные партнеры, а не соперники в системе. И здесь тоже существуют критерии предпочтения: наиболее существенными критериями чаще всего считают «достижение максимального уровня тактико – технических данных с минимальными затратами времени и средств».

Принцип оптимизации информационного обмена в системе АСУ предусматривает такое распределение функций между человеком и машиной, при котором объем информации, поступающей к человеку и к машине, а также скорость её предъявления соответствует их возможностям по её восприятию и переработке, учитывая их загрузку в данный момент в системе управления.

Данный принцип предусматривает не просто создание оптимальных условий для восприятия, переработки и дальнейшей выдачи информации отдельно для человека и отдельно для машины, а оптимизацию общего информационного потока, циркулирующего в системе управления.

Принцип взаимного дополнения и резервирования человека и машины предполагает использование для решения отдельных задач, возникающих при работе системы АСУ, их совместных возможностей, а в случае необходимости и перераспределения между ними отдельных функций по ходу работы.

Внедрение в современные системы «человек – машина» средств и систем технического контроля за показателями жизнедеятельности оператора и его действиями открывает возможности разработки систем с адаптивным приспособлением машины к возможностям и состояниям человека. Такие системы могут отфильтровывать ошибочные действия оператора, включать техническое резервирование человека в случае возникновения у него затруднений, менять форму представления информации, её содержание в зависимости от его состояния и пр.

Принцип ответственности предусматривает учет при распределении функций между человеком и машиной степени ответственности разрешаемых задач. Введение этого принципа обусловлено, с одной стороны, ограниченной надежностью технических устройств; с другой – широтой и гибкостью приспособительных возможностей человека, его способностью находить оптимальное решение при неполноте информации и в непредвиденных ситуациях.

Основанием введения этого принципа является также способность человека к сохранению в изменяющихся условиях заданной надежности, а также его способность более надежно разрешать задачи более высокой важности и ответственности.

Исходя из этого принципа, наиболее ответственные задачи в системе АСУ следует возлагать на человека.

Принцип активности и удовлетворенности оператора исходит из положения о том, что человеку свойственно стремление к активному самопроявлению в деятельности, к самоутверждению на основе результатов своего труда. На основании этого принципа при распределении функций между человеком и машиной следует стремиться к передаче машине всех рутинных и нетворческих задач и обеспечению человека главным образом творческими задачами. Выполнение этого принципа обусловлено и реальными обстоятельствами: все однообразные, нетворческие задачи обычно легко поддаются алгоритмизации и поручаются машине; тогда как творческие задачи, требующие активности оператора, использование его резервных возможностей остаются у оператора. Приходится также учитывать, что иногда выполнение человеком управляющих функций связано с опасностью для его здоровья и жизни. В подобных случаях следует, независимо от других факторов, передавать эти функции машине.

Принцип легкости обучения оператора требует, чтобы при определении функций человека учитывался фактор затрат средств и времени, необходимых для отбора и подготовки операторов.

4 Познавательные действия

Специализация и дифференциация трудовой деятельности привели к тому, что функции работающего человека-оператора нередко ограничиваются преимущественно сферой восприятия, в результате чего процессы обнаружения, идентификации, опознания, информационного поиска, перекодировки, кратковременного хранения и передачи информации, принятия решения выступают в трудовом процессе как самостоятельные целенаправленные действия. Особенно это касается операторов АСУ.

Рассмотрим некоторые аспекты наиболее широко используемых процессов восприятия, памяти и мышления у человека. Ранее было показано большое значение образа ситуации или образа действий, руководствуясь которым человек осуществляет целенаправленные действия. Не менее важную роль понятие образа играет и при изучении восприятия, мышления и памяти.

Информационная модель реальной обстановки в системах “СЧМ” должна быть предварительно проанализирована оператором, он должен построить собственную образно-концептуальную модель (ОКМ) ситуации, принять решение и лишь затем осуществить исполнительное действие. Таким образом, целесообразное действие оператора, как правило, не осуществляется по схеме немедленного обслуживания. Оно осуществляется по схеме отсроченного обслуживания, то есть когда в интервале между воздействием и ответным действием системы “СЧМ” имеет место преобразование явлений в информационной модели, достигаемое техническими средствами, и преобразование этого явления в образно - концептуальной модели, достигаемое психологическими средствами.

Информационные образно - концептуальные модели выступают, конечно, как искусственные образования, позволяющие облегчить решение задачи управления сложными явлениями, процессами и т.п. Для понимания процессов формирования образно - концептуальных моделей, а также процессов преобразования, осуществляемых оператором с целью информационной подготовки и принятия решения, следует познакомиться с отдельными психологическими действиями человека на этапах восприятия, памяти, мышления.

На информационной панели АСУ оператор воспринимает зрительный образ объекта управления, и далее, включая память и мышление соответственно, осуществляет исполнительный акт воздействия на систему управления, согласно программе задания.

Каждый человек имеет и хранит в голове множество образов самых различных пространств: комнаты, улицы города и т.д. Некоторые люди свободно ориентируются в микроскопическом пространстве, другие - в космосе и т.д. Образы внешнего окружения, как правило, включают в себя и “схему тела”. Схема тела – это обобщенное представление человека о своём теле – его контуре, габаритах, его границах, о его ориентации и состоянии движения в окружающем пространстве.

В восприятии так же, как и при регуляции движений, осознаётся в первую очередь предметное содержание, соответствующее смысловой стороне стоящей перед субъектом задачи. Для оператора это усложняется ещё и тем, что объекты, ситуации, события представлены в информационных моделях в закодированном виде (яркость, буквенно-цифровая информация, точки, линии на плоскости средств отображения). Операторы должны в этих случаях как бы восстанавливать ситуацию согласно предписанию управления – на что, естественно, уходит время, и появляются определённые трудности.

Сложность многих профессий, связанных с процессами восприятия, то есть приёмом и передачей информации, состоит в том, чтобы обнаружить в запутанной неясной картине отчётливые признаки определённых физических событий, то есть построить опять же образ этих событий, имеющих предметное значение, которое затем могло бы быть переведено в символическую или словесную форму. Согласно современным представлениям, восприятие представляет собой совокупность процессов, обеспечивающих субъективное и адекватное отражение действительности. Адекватность образа достигается благодаря тому, что при формировании образа восприятия происходит уподобление воспринимающих систем свойствам воздействия (настройка). Воспринимать – это, значит, решать задачу, создавая адекватное отражение ситуации. Восприятие – это активный, динамичный, регулируемый задачами деятельности процесс, обладающий механизмами обратной связи и предвосхищаемый особенностями обследуемого объекта.

Активность восприятия – это, прежде всего, реакция-движение рецепторных аппаратов и перемещений тела или его частей в пространстве. К рецепторным аппаратам относятся зрение, слух и т.д.

Движения (реакция) включают в себя:

Поисковые и установочные движения глаз в наиболее удобную для восприятия позицию и изменение этой позиции. Сюда же относится и движение головы, к примеру, на внезапно раздавшийся звук. Эти движения создают наиболее благоприятные условия для восприятия объекта, иногда участвуют в определении его пространственного положения.

Второй класс этих движений – собственно – гностические движения. Происходит оценка размеров, опознаются уже знакомые объекты, осуществляется сам процесс построения образа.

Важным свойством восприятия является возможность перестройки образов, возникающих в голове, и моделей внешнего мира. Один и тот же объект может быть прототипом разных моделей. Но в процессе их формирования они уточняются, из объекта извлекаются дополнительные признаки и свойства, что приводит, в конце концов, к тому, что мир воспринимается таким, как есть он на самом деле.

Важную роль в восприятии играет формирование эталонов, признаков, которые соответствуют не единичным свойствам окружающей действительности, а системам общественно выработанных сенсорных

качеств (шкала музыкальных звуков, “решётка фоном” родного языка, система геометрических фигур и т.п.)

Результат индивидуальной деятельности человека по усвоению сенсорных эталонов, носит название оперативных единиц восприятия.

Оперативные единицы восприятия представляют собой компактные целостные семантические образования, формирующиеся в результате профессионального обучения и создающие возможность практически одномоментного, целостного восприятия объектов и ситуаций независимо от числа содержащихся в них признаков.

Развитие восприятия приводит к созданию у человека достаточно ёмкого алфавита оперативных единиц восприятия, то есть определённой совокупности схем, моделей окружения окружающего мира.

Следует отметить, что зрительная система, участвующая в основном в процессе восприятия окружающего мира, обладает ярко выраженной манипулятивной способностью. Способность манипулировать образом позволяет нам воспринимать стабильными и константными предметы, видимые под различным углом, с разного расстояния, в условиях относительного перемещения в поле зрения.

Восприятие зрительного образа объекта в традиционных исследованиях выявлялось через три-четыре фазы этого процесса.

На первой фазе ответы испытуемого характеризовались так: восприятие отсутствует, диффузный фон, смутное чувство наличия формы и т.п.

На второй фазе: аморфная форма, наличие линий, отдельные детали, упрощается форма (без деталей), дополнение воспринятого и т.п.

На третьей фазе: узнавание, уверенное восприятие формы, идентификация, интерпретация.

Восприятие объектов во времени происходит примерно в следующей последовательности:

Сначала осуществляется процессы локализации объекта в трёхмерном пространстве, а также оценка его размеров. На решение этих задач уходит примерно 50 мс.

При решении на второй стадии задач восприятия происходит оценка временной последовательности событий, на что тратиться ≈ 100 мс. За это же время происходит процесс восприятия светлоты объекта и параметры его движения.

Наконец, третья стадия задач восприятия процесса - восприятие формы объекта. В течение 100...150 мс с момента предъявления стимула объект выступает в восприятии сначала как бесформенное образование. Требуется 200...300 мс, чтобы форма была воспринята как инвариантное целое, сохраняющее взаимное расположение своих частей во время разнообразных движений, наклонов, поворотов объекта в пространстве.

Таким образом, в процессе восприятия характеристик предметов отчётливо выделяются две самостоятельные стадии: на первой, более быстрой стадии происходит оценка общих очертаний, ориентация предметов

в пространстве; на второй – оценка спецификаций внутренних деталей объекта.

5 Информационная подготовка решения

Итак, после восприятия окружающей обстановки у оператора возникает задача принять верное решение на соответствующее информационное представление системы «человек – машина» (СЧМ).

Практическое поведение системы СЧМ и её функционирование протекает в условиях, когда имеется большое число динамических и взаимосвязанных факторов, создающих в своей совокупности большую неопределенность в выборе оптимального действия.

Система СЧМ, как правило, работает в режиме реального времени и всегда в условиях его дефицита. Наконец, СЧМ работает ещё и в условиях изменяющейся внешней обстановки.

Поэтому СЧМ, основным звеном которой является человек, должна быть способна учитывать происходящие во внешней обстановке изменения, устанавливать (отображать) законы протекания этих изменений с целью их прогнозирования и приспособления к ним, либо парирования их. СЧМ (вместе с оператором) должна позволять создавать модель этих условий, или модель внешней обстановки и своего собственного состояния. Поскольку внешняя обстановка и состояние системы все время меняются, система СЧМ должна непрерывно строить, изменять, уточнять эти модели, причем адекватные, соответствующие конкретным задачам, т.е. приводить информацию к виду, удобному для принятия решения и осуществления правильных исполнительных действий.

Операторы, принимающие решения в этих ситуациях – это операторы, работающие в режиме оперативного мышления. Результатом оперативного мышления или принятия решения в СЧМ является построение образа ситуации и построение последовательности действий с управляемыми объектами, посредством которых наличная ситуация переводится в желаемое (соответственно программе управления) состояние.

Оперативное мышление тесно связано с практическим мышлением – т.е. решение должно быть положительным и наилучшим в данных конкретных условиях; решение должно быть конкретным; решение должно быть ограничено во времени.

При оперативном мышлении и принятии решения большое внимание уделяется интуиции человека – способности быстро разбираться в сложных ситуациях и почти мгновенно находить правильное решение.

Таким образом, информационная подготовка решения – это совокупность действий и операций оператора по приему и обработке информации о внешней среде, о состоянии системы управления, о ходе управляемого процесса, а также различной вспомогательной и служебной информации.

На *первом* этапе в ходе осуществления этих действий и операций, к числу которых относятся процессы информационного поиска, обнаружения, идентификации, опознания, перекодировки и трансформации всей информации, представленной на средствах отображения, оператор на первой стадии строит образную модель ситуации. Эта стадия деятельности характеризуется тем, что информация переводится на язык образов, схем, оперативных единиц восприятия информации и т.п., которыми владеет оператор.

Дальнейшая обработка информации осуществляется на языке собственной образной модели оператора.

На *второй* стадии оператор анализирует и сопоставляет ситуацию с имеющейся у него или специально представленной системой оценочных критериев и мер, которые определяют характер и направленность предпринимаемых мер по разрешению ситуации. Все это уже вполне сознательная работа.

На *третьей* стадии происходит напряженная работа над решением проблемы управления. Она протекает в виде целенаправленных действий в виде неосознанных и автоматизированных операций. На этой стадии большой вес занимают зрительно – пространственные движения и манипуляции элементами проблемной ситуации и ситуации в целом.

По мере оперирования создается в голове оператора и в реальности более полное представление о предметном содержании ситуации, возможных направлениях её развития. В результате решения могут возникать новые модели и образы решения задачи, новые визуальные формы. Часто этот тип деятельности называют визуальным мышлением. На этой стадии информационная подготовка решения переходит в процесс принятия решения.

Наконец, *четвертая* стадия – собственно принятие решения и реализация решения – стадия исполнительных действий.

В процессе решения задач информационной подготовки решения в зависимости от сложности задачи число и тип преобразований информации меняются, что явно отражается и выражается на длительности зрительных фиксаций. Это значит, что оператор при решении задач обладает способностью настраиваться на сложность информационного поля (сложные задачи, как правило, дольше решаются, разглядываются и т.д.).

Психологически перечисленные фазы информационной подготовки при решении операторских задач могут быть интерпретированы следующим образом.

На первых двух фазах осуществляются ознакомление с элементами ситуации и анализ свойств и отношений элементов. Иными словами эти фазы ответственны за построение модели проблемной ситуации.

Третья фаза может рассматриваться как фаза опознания ситуации, направленная на формирование и оценку пригодности программы действий при решении задачи.

Последняя фаза строится на основании ряда правил и способов деятельности, усвоенных в процессе обучения. На этой фазе осуществляется выбор варианта из ряда стандартных вариантов решения. Иногда в трудных случаях, на основе манипулирования и преобразования информационной модели может быть построена совершенно новая модель и новый вариант решения задачи, не предусмотренный в программе управления данной ситуацией.

6 Исполнительные (перцептивно-моторные) действия человека.

Исполнительное или управляющее действие в эргономике – это приобретённое в результате обучения и повторения умение (навык) решать трудовую задачу, оперируя орудиями труда (ручной инструмент, органы управления и т.п.) с заданной скоростью и точностью.

В зависимости от вида трудовой деятельности весомость исполнительных действий может быть весьма различна. Эти действия могут совершаться либо эпизодически, либо занимать всё рабочее время.

Для эргономического обеспечения исполнительных действий долгое время было достаточно представлений о двигательных навыках как об автоматических, стереотипных реакциях, возникающих при многократном повторении сенсомоторных и кинестетических актов.

Однако в условиях современного производства стереотипы трудовых действий постепенно уступают место выполнению целесообразных, разумных, произвольных исполнительных действий. Во многих видах трудовой деятельности всё чаще требуется защита от автоматизма, от импульсивных, рефлекторных реакций. Ошибочные действия, иногда приводящие к аварийным ситуациям, нередко происходят потому, что человек не успел, а потому он поторопился.

Это справедливо и по отношению к станочнику, и по отношению к лётчику. Современное механизированное и автоматизированное производство требует от человека выполнение не только заученных, усвоенных действий, но и действий, беспрецедентных, которых необходимо не вспоминать, а построить заново в возникшей ситуации.

Адаптация к реальным условиям особенно трудна, если выполнение действий требует совершенной сенсомоторной координации. Ярким примером подобных ситуаций может быть деятельность космонавтов. Не меньшую психическую нагрузку вызывает необходимость осуществления исполнительных действий в условиях задержанной обратной связи о результативности выполнения действия (луноход, супертанкер, роботы, технологические операции сборки интегральных микросхем и т.д.). Многие исполнительные действия операторов-манипуляторов, технологов и т.п. требуют высокой пространственной и временной точности, повышенной напряжённости, прецизионных, тонкокоординированных двигательных актов, временной интервал может достигать 60-80 мс.

Исследователи разрабатывают для сложных двигательных задач структурный, целостный подход, ориентированный не только на усвоение, но и на построение движений, действий, моторных программ и схем. Тщательный анализ рисунка даже многократно повторяющихся в одной и той же ситуации движений свидетельствует об их уникальности и своеобразии. Действительный анализ моторного акта показывает, что его динамическая ткань неповторима как отпечаток пальца. Учёными неоднократно подчёркивалась роль даже “чувствования” движения.

Анализ кинематических характеристик точных движений рук привёл к заключению, что существует фаза движений, независимая от зрительной обратной связи, фаза, определяемая первоначальной программой. Наряду с этой фазой существует и фаза, совершаемая с учётом зрительной обратной связи и обеспечивающая точностные характеристики движения.

Анализ многочисленных данных приводит к заключению, что в человеческом поведении нет моторных программ, выполняющих движения без обратной связи. Моторная программа представляет двигательным системам все детали работы, необходимые для достижения этой цели. Если же появляется необходимость изменить цель движения в связи с происшедшими изменениями в окружающей среде, то программа продолжает выполняться по-прежнему в течение некоторого времени (около 150 мс), пока движение не перестроится на достижение новой цели.

В случае быстрого движения (≈ 200 мс) двигательный акт выполняется под полным контролем так называемой “вызывающей” памяти, в которой программа заранее определяет все детали движения. В случае медленных движений движение производится сразу с использованием “вызывания” и “узнавания”. Роль вызывающей памяти здесь заключается в производстве небольших уточняющих движений; а основным фактором, определяющим точность выполнения задания, является сравнение ожидаемой и действительной обратной связи.

Таким образом, представления о моторной программе и об обратной связи являются центральными в объяснении сложных координированных движений человека; хотя современные исследователи обращают внимание ещё и на роль сенсомоторного образа, возникающего в процессе действия с предметом. Не случайно, ещё И.М.Сеченов высказывал мысли о том, что “чувствования” служат источниками движений не прямо, а через психику, то есть через “образ”, который сам является не менее динамичным, чем регулируемое им движение.

Выполнение исполнительных двигательных задач ещё и сопровождается ориентировочно-исследовательским движением глаз. Функция ориентировочно-моторного образа пространства и планирования движения руки выполняется по всему маршруту. Это возникающее по мере выработки двигательного навыка, так называемое “афферентирующее” движение глаз состоит из движения глаз, прослеживающих движение руки и далее попеременно опережающие движения руки скачка - взгляда на цель и обратно и т.д. Функция афферентирующих движений состоит в сличении,

контроле, коррекции и установлении масштабного соответствия заданной программы с реальной задачей.

7 Факторы деятельности, вызывающие утомление

В процессе производственной деятельности оператор претерпевает многочисленные как внешние воздействия, так и внутренние переживания. Основным фактором, вызывающим утомление участвующего в рабочей деятельности человека, является интегральная экстенсивностная напряженность этой деятельности (нагрузка). Помимо абсолютной величины нагрузки на степени развития утомления сказывается еще ряд факторов, среди которых необходимо выделить следующие:

- статический или динамический характер нагрузки;
- интенсивность нагрузки, т.е. ее распределение во времени;
- постоянный или ритмический характер нагрузки.

Статическая физическая нагрузка при прочих равных условиях ведет к большему развитию утомления, чем динамическая, причем субъективное ощущение усталости в этом случае выражено особенно отчетливо.

Время наступления утомления и его выраженность зависят от степени интенсивности нагрузки следующим образом: при увеличении интенсивности нагрузки утомление наступает раньше, при уменьшении интенсивности нагрузки - время наступления утомления не изменяется (в последнем случае производительность труда значительно снижается, что невыгодно). Существует определенная оптимальная интенсивность нагрузки, при которой утомление развивается медленнее всего.

Помимо величины нагрузки существует ряд дополнительных или способствующих развитию утомления факторов. Сами по себе они не ведут к развитию утомления, однако, сочетаясь с действием основного фактора, способствуют более раннему и выраженному наступлению утомления. Эти факторы можно разбить на три больших группы:

1) микроклимат; 2) использование техники; 3) нарушение режима труда и отдыха.

К первой группе относятся факторы: пониженное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе, повышенное содержание углекислого газа, высокая температура среды, повышенная влажность, изменение барометрического давления и т.п.

Наибольшим разнообразием характеризуется вторая группа. Среди причин, входящих в эту группу, следует назвать такие: изменение состава воздуха - загрязненность его различными газами (например, продуктами неполного сгорания топлива и др.); действие механических сил, ведущих к вибрации, тряске, ускорениям; воздействие электромагнитных колебаний, шумов и ультразвука; изменение освещенности; неудобство рабочей позы и многое другое.

Наконец к третьей группе относятся факторы, связанные в основном с нарушением режима труда и отдыха: недостаточность времени для

восстановления сил после утомления; неправильное использование перерывов между работой; непродуманное планирование работы и отдыха.

На развитие утомления сильно влияют эмоциональные факторы, выраженность и время наступления утомления человека, его общего и специального физического развития и т.п.

Среди видов утомления следует специально указать на один специфический вид, возникающий при отсутствии деятельности. Оно довольно часто встречается в современном производстве у специалистов, деятельность которых связана с приемом нерегулярно и неожиданно поступающей информации, т.е. работающих в режиме ожидания. Этот вид утомления занимает промежуточное место между общим и умственным утомлением. Чувство усталости у этих специалистов частично обусловлено статической рабочей позой, хотя в большинстве случаев определяется развитием сенсорной напряженности.

Сказанное позволяет считать, что описанные фазы определяются сочетанием физических и информационных характеристик работы. Но существует еще одна специфическая форма изменения функционального состояния оператора, в меньшей степени связанная с физическими характеристиками. Это так называемая реакция организма оператора на информационную структуру системы. Такая форма измененного функционального состояния называется специфической напряженностью.

Динамика работоспособности, динамика утомления являются неспецифическими проявлениями организма, общей реакцией на интенсивность и экстенсивность рабочей деятельности, в то время как состояние специфической напряженности зависит от структуры и содержания потока информации в СЧМ.

В связи с этим основным критерием оценки специфической напряженности, вернее, оценки характера реакции организма на информационную структуру рабочего процесса управления является критерий адекватности. Такие напряженные состояния оператора были условно названы состоянием адекватной мобилизации и состоянием динамического рассогласования.

Состояние адекватной мобилизации - это такое состояние оператора, которое является оптимальным или близким к оптимальному для данных условий работы человека, включенного в конкретную систему управления. Симптоматика и выраженность этого состояния зависят, прежде всего, от объема информации, ее плотности и экстенсивности, от семантической значимости информации, характера кодирования, наличия шума, требуемых программ реализации принятой информации и особенностей управляемой системы. Чем больше требуемое состояние отличается от состояния оперативного покоя, тем больше выражена активная мобилизация.

Характерной чертой адекватной мобилизации является ее линейность, т.е. наличие прямой зависимости от субъективной трудности выполняемой работы.

Первым шагом диагностики, или прогнозирования этого состояния является количественный анализ информационной модели рабочего процесса для выяснения, какой элемент этой деятельности в первую очередь определяет степень адекватной мобилизации. В большинстве случаев оперативной точкой для суждения служит положение найденных характеристик на шкале предельных возможностей человека.

Выявление ведущего элемента деятельности решает вопрос о том, какое свойство или свойства оператора определяют его выполнение, а состояние соответствующих функций и будет в первую очередь характеризовать степень адекватной мобилизации. Однако помимо этого изменяется и состояние связанных с ведущей функцией систем неспецифического обеспечения и регулирующих нервных образований. Поскольку состояние этих систем не отвлекает оператора от выполнения основных обязанностей, а сами показатели довольно тесно коррелируют с уровнем работы основной системы, то о степени напряженности судят именно по состоянию этих систем.

Состояние адекватной мобилизации характеризуется минимальным числом ошибок в работе и выбором оптимального алгоритма деятельности.

Может возникнуть вопрос: поскольку внешние признаки стадии адекватной мобилизации очень близки к той стадии работоспособности, которая была описана как фаза компенсации, то не является ли такое разделение искусственным? Конечно, эти состояния во многом сходны, однако два существенных обстоятельства позволяют их разделить. Во-первых, это связь состояния адекватной мобилизации только с информационной структурой работы: при увеличении трудности работы выраженность стадии увеличивается, при уменьшении ослабевает; фаза компенсации более устойчива и мало меняется при временных колебаниях интенсивности работы. Во-вторых, она не связана со временем работы и может быть одинаково выражена как в начале, так и в конце ее.

В тех случаях, когда предъявляемые к организму требования находятся на пределе его физиологических возможностей или превышают их, наблюдается переход состояния адекватной мобилизации в состояние динамического рассогласования. Однако динамическое рассогласование может возникнуть при небольшой информационной нагрузке, когда имеются различного рода эмоциональные сдвиги, особенно связанные с малым навыком в работе.

Состояние динамического рассогласования. При динамическом рассогласовании нарушается основная закономерность предыдущей стадии - уровень работы по восприятию информации не соответствует ожидаемому физиологическому состоянию. О таком состоянии свидетельствуют большие сдвиги вегетативных реакций, появление дополнительных реакций, в частности, потоотделения, расширение сосудов кожи, нарушение мышечного баланса и др. Это состояние чрезвычайно важно для оценки работы специалиста, поскольку оно сопровождается выраженными нарушениями работоспособности и появлением большого числа ошибок, лишними

действиями, увеличением времени работы, вплоть до отказа от работы или ее прекращения.

Обобщенный характер динамического рассогласования приводит к тому, что ошибки и неправильные действия наблюдаются даже тогда, когда оператор должен выполнять требуемые по ходу работы несложные для него действия, в ином состоянии выполняемые безотказно. На этом основании основан один из приемов оценки рассогласования, когда оператору по ходу работы предлагают выполнять ряд тестов возрастающей сложности, обычно хорошо выполняемых. Чем проще тест, при котором появилось затруднение или ошибка, тем глубже динамическое рассогласование.

Динамическое рассогласование проявлялось более устойчивым, когда операторы находились в состоянии адекватной мобилизации, им предлагался тест на предмет запоминания шести цифр. В состоянии динамического рассогласования один из них мог запомнить только четыре цифры, а другой - лишь две.

Динамическое рассогласование является более устойчивым, чем адекватная мобилизация; уменьшение интенсивности нагрузки не приводит к ликвидации этого состояния и появлению адекватной мобилизации. Должно пройти известное время, прежде чем признаки рассогласования исчезнут.

8 Характеристика эмоциональных состояний оператора

Под эмоциональными понимаются состояния, вызванные переживанием человеком его отношения к внешнему миру и к самому себе и характеризующиеся изменениями количественных и качественных параметров ответов на сигналы внешней среды. Таким образом, эмоциональное состояние тесно связано с индивидуальной семантической значимостью поступающей к человеку информации и является как бы коррекцией, вносимой человеком в ответ, определяемый только информационной структурой раздражителя. Например, можно установить закономерное усиление эмоциональных состояний по мере возрастания цены решения. Доказано, что при фиксированной цене решения имеется прямая связь степени эмоции от величины энтропии, остающейся к моменту необходимой выдачи решения (недостаточность информации как эмоциогенный фактор по П.В. Симонову).

Это положение делает понятным и ту связь эмоциональных состояний с описанными выше общими функциональными состояниями, особенно с состояниями адекватной мобилизации и динамического рассогласования и с рядом внутренних характеристик личности, например, уровнем тревожности, который сказывается на придаваемых значениях индивидуальной (субъективной) семантической значимости.

Из сказанного становится также ясно, что любой вид сознательной человеческой деятельности всегда в той или иной мере связан с развитием эмоциональных состояний.

При изучении эмоциональных реакций следует отчетливо различать две его формы: эмоциональное напряжение и эмоциональную напряженность. Эмоциональное напряжение характеризует степень мобилизации функций организма для наиболее успешного выполнения той или иной деятельности и связано с волевым актом, направленным на эту деятельность, т.е. оно характеризует ту степень эмоциональных сдвигов, которые обуславливают наиболее полное развитие состояния адекватной мобилизации.

В тех случаях, когда наступает динамическое рассогласование между объективной значимостью ситуации и ее субъективной оценкой и появляются связанные с этим отрицательные изменения в двигательных и психических функциях, наступает состояние эмоциональной напряженности. При этом наблюдается и снижение устойчивости ряда психических функций. Момент перехода эмоционального напряжения в эмоциональную напряженность определяет так называемую эмоциональную устойчивость. Чем меньше эмоциональная устойчивость, тем скорее при меньших значениях эмоционального фактора развивается состояние эмоциональной напряженности. Эмоциональная устойчивость является показателем, очень тесно связанным с таким свойством личности, как уровень тревожности, она очень низка у лиц с высоким уровнем тревожности.

Следующее качество - эмоциональная возбудимость - определяет быстроту развития того или иного эмоционального состояния, т.е. это качество очень близко к тому, которое характеризует эмоциональную устойчивость.

Факторы, определяющие развитие эмоциональных состояний. На основании данного представления о сущности эмоциональных реакций становится ясным, что их развитие определяют две группы факторов: внешние и внутренние.

Внешние эмоциогенные факторы. К ним относятся прежде всего так называемые экстремальные факторы, т.е. такие, физические или информационные характеристики которых ведут к развитию крайней степени напряжения физиологических и психологических функций с полным исчерпанием всех физиологических резервов. Чем более выражена экстремальность фактора, тем выше вероятность появления выраженных степеней эмоциональных сдвигов. Характер этих сдвигов определяется видом реакции, развивающейся в результате воздействия. В случае формирования адекватной реакции, т.е. реакции, направленной на преодоление действий фактора или на поддержание необходимого уровня деятельности при продолжении действия экстремальности, как правило, наблюдается та или иная степень эмоционального напряжения.

Развитие реакции тревоги, характеризующей тенденцию ухода от экстремального фактора, неспособность к мобилизации функций ведут к появлению различных степеней эмоциональной напряженности вплоть до появления резко выраженных отрицательных эмоций.

К этой же группе факторов относятся и те, которые характеризуются очень высокой значимостью, хотя сами по себе факторы не являются экстремальными. Знак возникающей эмоциональной реакции и сила ее развития в этом случае, как правило, определяется сочетанием ряда внутренних по отношению к человеку факторов.

Внутренние эмоциогенные факторы. Сами по себе эти факторы не являются эмоциогенными, они лишь придают тому или иному внешнему фактору необходимую степень эмоциональности. К этим факторам относятся такие, как характеристики нервной деятельности, темперамент, уровень тревожности, фригидность личности, и т.п. - они, как правило, определяют уровень реакции.

Управление эмоциональными состояниями - одна из задач эргономики. Можно активно управлять поведением человека - оператора, вводя те или иные эмоциогенные факторы. Например, для поддержания высокого уровня бдительности при монотонной работе операторов наблюдения и контроля воздействие на эмоциогенную сферу является наиболее эффективным.

Если мы имеем дело с эмоциональной напряженностью, то здесь позиция становится иной, это состояние явно неблагоприятное, и все усилия должны быть направлены на перевод этого состояния в состояние эмоционального напряжения.

9 Деятельность оператора с информационными моделями

В ряде случаев существует большое число ситуаций, когда требуемая точность непосредственного наблюдения и оценки деятельности человек-оператор непосредственно при восприятии предмета труда или рабочего процесса, превосходит разрешающую способность органов чувств человека.

Для повышения точности непосредственного наблюдения стали использовать различные датчики, информация с которых поступает в аналоговой или дискретной форме, через, как правило, преобразователи (различные усилители, АЦП и т. п.) на пульт индикации. Приборная информация предъявляется оператору в более удобной для восприятия форме, однако человек начинает иметь дело не столько с непосредственно наблюдаемым (рабочим) явлением, сколько с инструментально измеренными свойствами предмета труда. По мере того как человек все больше удаляется от предмета труда в силу невозможности или опасности его непосредственного наблюдения, все шире стали использовать разнообразные средства дистанционного контроля и управления (СДУ), специальные средства отображения информации (СОИ). Эти средства отображения информации предназначены для представления оператору состояния объекта управления или его параметров, ход технологического процесса, наличие энергоресурсов, состояние средств автоматизации, каналов связи и пр. Эти данные предъявляются человеку в количественной, качественной, и в том числе картинной форме. Внедрение систем дистанционного контроля и управления привело к тому, что средства

отображения информации (СОИ) стали в ряде случаев единственным источником информации об управляемом объекте, рабочем процессе и о состоянии самой СДУ или СЧМ.

Операторы таких систем действуют не с реальными объектами, а с имитирующими их образами, т. е. с информационными моделями (ИМ) реальных объектов.

Информационная модель есть организованная в соответствии с определенной системой правил совокупность информации о состоянии и функционировании объекта управления с внешней средой. Она для оператора является своеобразным имитатором, отражающим все существенно важные для управления свойства реальных объектов, т. е. источником информации, на основе которой он формирует образ реальной обстановки, производит анализ и оценку сложившейся ситуации, планирует управляющие воздействия, принимает решения, обеспечивающие правильную работу системы и выполнение возложенных на неё задач, а также наблюдает и оценивает результаты их реализаций.

Существует общепринятое положение о том, что слишком абстрактная модель бесплодна (бесполезна), а слишком детальная вводит в заблуждение. Объем информации, включенный в модель, и правила её организации должны соответствовать задачам и способам управления. Физически информационная модель реализуется с помощью разнообразных средств отображения информации (СОИ).

Наиболее существенной особенностью деятельности человека с информационной моделью является необходимость соотнесения сведений, получаемых посредством наблюдения приборов, экранов, мнемосхем, табло и т. п. как между собой, так и с реальными управляемыми объектами. Собственно, на процедурах соотнесения этих сведений строится вся деятельность оператора.

Отсюда понятно, что построение адекватной информационной модели является одной из важнейших эргономических и инженерно-психологических задач конструирования системы управления в целом.

В работе по созданию информационных моделей, предшествующей выбору технических средств её реализации, т. е. СОИ, необходимо руководствоваться следующими эргономическими требованиями:

- по содержанию: информационные модели должны адекватно отображать объекты управления, рабочие процессы, окружающую среду и состояние самой системы управления;

- по количеству информации: информационные модели должны обеспечивать оптимальный информационный баланс и не приводить к нежелательным явлениям, как дефицит или избыток информации;

- по форме и композиции: информационные модели должны соответствовать задачам по приему и анализу управляющих воздействий.

Всесторонний учет этих требований в процессе проектирования обеспечивает необходимую оперативность и точность трудовой

деятельности человека, и эффективное выполнение функций системой “С-Ч-М”.

Информационные модели современных СЧМ в большинстве случаев адекватно отражают объекты управления и состояние системы управления. Тем не менее работа оператора с ними часто не удовлетворяет требованиям оперативности и точности.

Операторы часто сталкиваются с трудностями, которые являются результатом того, что конструктор исходил из неправильных или неполных представлений о возможностях человека по приему и переработке информации. С этим связаны такие просчеты, как неудачный выбор системы кодирования, предъявление слишком больших объемов информации или слишком быстрая её смена, иногда игнорируются элементарные психофизиологические требования.

Главная причина этого заключается в том, что основу информационной модели нередко составляет система взаимосвязей реального объекта, не учитывающая специфических особенностей психологической структуры работы человека с этим объектом.

Предметное содержание деятельности оператора весьма многообразно. Это разнообразие мы уже отмечали в классификации АСУ.

К содержанию деятельности оператора следует лишь добавить саму систему управления и её элементы, которые выступают в качестве особого предметного содержания деятельности операторов, занятых функциональным контролем и обслуживанием средств автоматизации. В описание предметного содержания объектов управления обязательно должны входить пространственно-временные и динамические параметры их существования, функционирования и взаимодействия.

Анализ предметного содержания деятельности оператора является исходным и необходимым условием решения любых эргономических задач. Детальная характеристика предметного содержания деятельности особенно необходима на стадиях разработки информационных моделей и для обучения операторов.

Эргономика и инженерная психология изучают и проектируют именно психологическое содержание деятельности оператора с информационными (и исполнительными) моделями. В инженерной психологии часто употребляют термин ”взаимодействие” человека с АСУ. Это как раз то информационное взаимодействие, информационный обмен, когда речь идет о диалоге человека и машины. Надо предполагать, что в диалоговом взаимоотношении человека и машины в АСУ оператор имеет значительно большую свободу оперирования с информационной моделью и принятием решения.

Проблематика психологического анализа и содержания деятельности оператора связана с содержанием, формой постоянных и оперативных образно-концептуальных моделей (ОКМ), реальной и прогнозируемой обстановки, самой системой АСУ, проблемных ситуаций, возникающих в процессе деятельности, включает в себя также систему оценки ценностей, оперативные способности, общее представление о времени и пространстве и

определенный индивидуальный способ взаимодействия оператора с внешним миром.

Сложность рационального определения (и проектирования) деятельности оператора в системе "Ч-М" состоит в том, что его включают, как правило, в систему АСУ для выполнения таких функций, применительно к которым часто невозможны четкие и однозначные инструкции и правила. При этом оператору поручается выполнение и контроль наиболее важных и ответственных функций в системе. От оператора требуются разумные действия в непредвиденных обстоятельствах, зачастую в условиях недостаточной информации. Работа оператора, как и системы АСУ в целом, протекает в реальном масштабе времени, что налагает особые требования к её скорости и точности.

Проблемы оптимизации проектирования деятельности операторов с информационными моделями, разработка требований к информационным моделям, пути формирования постоянных и оперативных образно-концептуальных моделей (ОКМ) ситуаций все время находятся в центре внимания специалистов в области эргономики, инженерной психологии, техники отображения информации.

Значительное усовершенствование качества предъявления информации, достигнутое за последние пятнадцать лет, привело к уменьшению отдельных исследований (к примеру, восприятия знаковой и буквенно-цифровой информации); однако актуальность самого существа деятельности операторов АСУ ещё более возросла, т. к. это связано с постоянно растущей сложностью и многообразием отображаемой в моделях реальности. Учёт указанных обстоятельств, в которых протекает реальная деятельность оператора, требует ещё более интенсивного изучения мотивационных, целевых, личностных аспектов, перцептивной и мыслительной деятельности человека.

Именно поэтому деятельность оператора нередко называют творческой, и поэтому сложна оценка эффективности деятельности операторов СЧМ, сложно решение задач оптимизации и проектирования деятельности операторов.

Опыт разработки и эксплуатации информационных моделей (ИМ), а также специальный анализ деятельности операторов с ИМ позволяет сформулировать ряд важнейших характеристик информационных моделей.

1. В информационных моделях (ИМ) представлены лишь те свойства, отношения, связи управляемых объектов, которые существенны, имеют определенное значение. В этом смысле ИМ воспроизводит действительность в упрощенной форме. Степень и характер такого упрощения могут быть определены на основе анализа задач СЧМ в целом и анализ задач операторов СЧМ.

2. Модель должна быть наглядной, т. е. оператор должен иметь возможность воспринимать сведения быстро и без кропотливого анализа, тогда ему не потребуется много времени на информационную подготовку решения, включающую стадии формирования ОКМ и формирования в

некоторых случаях проблемной ситуации. ИМ может быть наглядной в разных смыслах: в одном случае дает наглядное представление о таких свойствах управляемых объектов как расстояние между ними, или принадлежность к какой-либо территориальной группе; в другом случае другие свойства отображает, например, принадлежность к одному и тому же типу или состоянию.

Наглядность ИМ для оператора не всегда достижима, т.к. некоторые объекты управления, их свойства и взаимосвязи сами по себе не обладают наглядными признаками. В этих случаях приходится решать задачи визуализации понятий.

3. Одним из важных средств достижения легкой воспринимаемости, «читаемости» ИМ является правильная организация её структуры. Это означает, что в ИМ должны быть представлены не коллекция или набор сведений, так или иначе упорядоченных, а они должны быть и находиться в определённом и очевидном взаимодействии.

При «хорошей» структуре (или гештальте) ИМ оператор быстро и правильно воспринимает ситуацию в целом. Отклонения от неё воспринимаются оператором как дополнительные проблемы, конфликты и заставляют его производить детальный анализ ситуации на ИМ с целью обнаружения источника конфликта и поиска путей его устранения.

Одним из средств достижения хорошей структуры ИМ является правильная компоновка ИМ, когда она не перегружена деталями, нарушающими целостное восприятие ИМ. Тут важно проектировщику ИМ обеспечить отбор того существенного и тех информативных данных, которые должны быть предъявлены оператору об управляемом объекте в целом и правильно.

4. Восприятие ситуации на ИМ облегчается, если в ИМ предусмотрено:

- отображение конкретных изменений свойств элементов ситуации, которые происходят при их взаимодействия. В этих случаях изменение свойств отдельных элементов воспринимаются не изолированно, а в контексте ситуации в целом, позволяют прогнозировать дальнейшее поведения АСУ;

- отображение динамических отношений управляемых объектов. При этом связи и взаимодействия ИМ должны отображаться в развитии. Допустимо отображение тенденции развития элементов ситуации, связей или ситуации в целом;

- отображение конфликтных отношений, в которые вступают элементы ситуации.

5. Информация об объектах управления в АСУ предъявляется оператору не в натуральном, а в закодированном виде. При этом особенно важно подобрать язык представления информации, который был бы понятен человеку и, позволяющий согласовать «входы» и «выходы» человека и машины. То есть, при построении ИМ надо найти наиболее эффективный код, т.е. ту систему символов (алфавит), с помощью которого предъявляются сведения об управляемых объектах. Этот выбор кодирования тесно связан с

возможностью быстрого осмысливания предъявляемой оператору информации.

6. Объем информации, предъявляемой оператору, чтобы он его хорошо усвоил, не может быть задан произвольно. Он должен быть определён для данных условий работы, или на основе имеющихся количественных оценок работы оператора, или путем эксперимента. Этот объем информации вместе с избранной системой кодирования помогает составить проектировщику ИМ представление о степени сложности ИМ, которая допустима в данных условиях. Степень сложности ИМ обусловлена главным образом требованиями оперативности.

Перечисленные характеристики свойств ИМ в процессе конкретного проектирования могут учитываться не в одинаковой степени, а в зависимости от доминирующей функции оператора (обнаружение, поиск, решение задач, исполнение и т.д.).

Таким образом, при построении ИМ для АСУ необходимо учитывать очень многое. Все требования указать практически невозможно, но можно предложить следующий порядок работы по построению ИМ:

- определение задач системы АСУ и очередности их решения;
- определение источников информации, методов решения задач, времени на их решения, требуемой точности;
- составление перечня типов объектов управления, определение их количества и других параметров работы системы АСУ, которые необходимо учитывать при решении задач;
- составление перечня признаков объекта управления разных типов, учет которых необходим при решении;
- распределение объектов и признаков по степени важности, выбор критичных объектов и признаков, учет которых необходим в первую очередь;
- распределение функций между автоматикой и оператором, в частности, определение:
 - числа уровней управления и степени сложности каждого из них с целью не превышения пропускной способности оператора;
 - типов информационных моделей на каждом уровне;
 - автоматического оборудования, необходимого при намеченной структуре системы.

Эти названные этапы процесса проектирования системы АСУ должны быть проделаны несколько раз, чтобы найти оптимальное решение.

Затем можно перейти к следующим этапам:

- выбор системы кодирования объектов управления, их состояний и признаков для ИМ различных уровней управления, оптимальной с точки зрения функции возможностей операторов;
- разработка общей композиции ИМ, обеспечивающей преимущественное выделение наиболее важных объектов и критических для работы системы АСУ состояний и признаков;

- определение системы исполнительных действий операторов, которые необходимо осуществлять в процессе решения задач АСУ (запрос информации, передача сообщений и т. д.);

- создание макета, моделирующего ситуацию и проверка на нем степени эффективности избранных вариантов ИМ и системы кодирования информации. Критерием эффективности при работе на макете служат время и точность работы оператора, которые должны соответствовать условиям усиленной работы системы в целом;

- изменение по результатам экспериментов композиции ИМ и систем кодирования и проверка эффективности каждого нового варианта;

- определение на макете требуемой степени подготовки операторов, способов обучения и оптимального режима работы операторов в системе АСУ в соответствии с требованиями к скорости и точности работы операторов;

- составление инструкции по работе оператора в данной системе управления.

После выбора оптимального варианта ИМ и системы кодирования информации можно начинать работу по инженерному проектированию средств отображения, позволяющих предъявлять оператору информацию в требуемой форме.

На всех этапах работы над конструированием ИМ должны совместно работать специалисты, связанные с созданием систем управления (АСУ): системотехники, математики, разработчики средств отображения, инженеры - психологи, эргономисты и т.д.

10 Пространственные характеристики зрительной информации

При проектировании и эксплуатации систем отображения информации (СОИ) с учетом рекомендаций эргономики и инженерной психологии рассматриваются три группы факторов:

1. Размещение СОИ на рабочем месте и в оперативных залах.
2. Оптимальные размеры знаков и их элементов в разных СОИ.
3. Оптимальная компоновка знаков на СОИ.

10.1 Размещение СОИ в оперативных залах.

Размещение СОИ в поле зрения оператора должно производиться с учетом оптимальных углов обзора и зон наблюдения.

При рассмотрении объектов сложной конфигурации оптимальный угол обзора в горизонтальной плоскости должен составлять $30...40^{\circ}$. Для надежного восприятия изображений со сравнительно простой конфигурацией знаковых индикаторов угол обзора может составлять $50...60^{\circ}$ и включать зону неясного различения формы (в пределах этого угла оператор замечает изменения на панели периферическим зрением, а для точного рассмотрения объекта переводит на него взгляд).

Предельный угол обзора при одновременном движении глаз и головы составляет 180° .

В вертикальной плоскости оптимальный угол обзора составляет $0 \dots 30^{\circ}$ (15° вверх и 15° вниз от линии взора). Максимальный угол обзора в вертикальной плоскости при повороте только глаз составляет 70° , при одновременном движении глаз и головы 90° вверх и 55° вниз от горизонтали.

В соответствии с ними проектируются высота и ширина индикаторных устройств, их пропорции, расположение оператора, углы наклона индикаторных устройств, взаимное расположение индикаторных средств на рабочих местах и СОИ коллективного пользования в оперативном помещении.

Общие требования к организации оптимальных зон наблюдения применимы и при размещении индикаторов на пультах. При одновременном наблюдении коллективных СОИ и индикаторов на рабочих местах, расположение телевизоров, дисплеев для сидящих операторов должно быть ниже линии взора. Для оптимальных условий наблюдения плоскость лицевых панелей индикаторов должно приближаться к перпендикулярному расположению по отношению к линии взора. Это достигается наклоном лицевых панелей. Пространственное размещение индикаторов невозможно без учета светотехнических характеристик индикаторов, и, прежде всего, коэффициента яркости, определяющего видимую яркость изображения.

10.2 Оптимальные размеры знаков и их элементов.

Оптимальные размеры знаков соответствуют понятию оперативных порогов восприятия, при которых обеспечивается максимальная точность и скорость восприятия и опознания человеком поступающей информации.

Оптимальный размер знака, предъявляемый на СОИ, рассчитывается с учетом яркости знака, величины контраста, вида контраста, сложности графического начертания знака, используемого цвета.

Допустимый размер букв и цифр с учетом только точности считывания на фоне других знаков составляет $35' \dots 40'$.

Для читаемости цифр необходимо выдерживать оптимальное соотношение основных параметров знака: высоты, ширины, толщины обводки.

Толщина линий знаков, в свою очередь, связана с использованием цвета как оптимального кода при отображении информации. Правильная идентификация цвета возможна только при размерах цветовых полей не меньше критических, за которыми происходит искажение цвета.

Размер знака в $35' \dots 40'$ и при коэффициенте контрастности $K > 60\%$ обеспечивает хорошую читаемость и различимость с введением основных кодовых цветов.

Взаимное расположение линий, образующих знак, в соответствии с показателями остроты зрения, влияет на читаемость знаков. Лучшими из начертаний цифр считается шрифт Макворта и шрифт Бергера.

Для алфавита условных знаков оптимальная величина знака, обеспечивающая наиболее быстрое и точное восприятие, зависит от сложности их конфигурации.

Для отображения знаковой информации часто используются электронно - лучевые трубки (ЭЛТ) специального назначения. Отображаемые знаки на ЭЛТ komponуются из дискретных светящихся элементов, либо способом точечных матриц или строчного изображения. Число точек и линий минимально равно 10.

10.3 Оптимальные характеристики компоновки знаков

В процессе обработки сигналов глаз совершает движения от объекта к объекту с их последующей фиксацией.

Содержательная обработка информации осуществляется в момент фиксации, движение же глаз обеспечивает последовательность обработки воспринимаемой информации. В соответствии с закономерностями этих двух этапов «поведения глаза» формулируется требование к компоновке знаков и их взаимному расположению в контролируемом пространстве.

Требования к компоновке знаков определяются величиной оперативного поля зрения и разрешающей способностью двигательной системы глаза.

Величина оперативного поля зрения ограничивает количество объектов для одномоментной (200...300 мс) переработки зрительной информации.

Разрешающая же способность глаза определяет плотность расположения объектов.

В практике отображения возможны два способа представления информации: организованное и хаотическое.

К организованному относят формулярный и табличный способы организации знаковой информации.

Формуляр – это объединенные в компактную группу буквы, цифры, условные знаки, кодирующие данные о контролируемом параметре объекта.

Количество знаков в строке формуляра не должно превышать 4...5. Общее число знакомест в формуляре оптимально составляет 12. Существует требование и к расстоянию между элементами в формуляре, интервалам между элементами и т.д.

Табличный способ представления информации заключается в распределении знаков по столбцам и строчкам, имеющим самостоятельное значение. Считывание нужных данных обеспечивается безошибочным определением координат информации, извлекаемой из таблицы.

Точное и безошибочное считывание информации с таблицы осуществляется при её оптимальной организации, учитывающей общий размер таблицы (в угловых величинах), число столбцов и строк, общее число знаков в таблице, плотность знаков по вертикали и горизонтали, степень однородности таблицы.

Соответствие размерам оперативного поля зрения достигается делением общего поля таблицы разграничительными линиями, уменьшающими её однородность.

10.4 Яркостные характеристики зрительной информации

В оценку оптимального яркостного режима включается уровень яркости и его перепадов в поле зрения наблюдателя для достижения заданных показателей эффективности обработки зрительной информации.

Для оценки качества изображения на индикаторных устройствах нормируются значения контраста и интервала яркостей, необходимых для передачи заданного числа градаций яркости и обеспечения четкости изображения, а также уровень и интервал яркости для правильной передачи в изображении светлотных характеристик отображаемых объектов.

Иногда яркость изображения используется в качестве кода.

Оптимальной *яркостью* считаются те её значения, при которых обеспечивается максимальное проявление контрастной чувствительности – ведущей функции глаза. Показателем максимального проявления функции – являются минимальные значения порогового контраста, когда обеспечивается наивысшая контрастная чувствительность глаза.

При оптимальной яркости объекта обеспечивается устойчивость эффективности его обнаружения и различения на уровне помех. Приведенные рекомендации оптимальной яркости относятся к операциям обнаружения объектов простой конфигурации. Острота различения для объектов по яркости зависит от прямого или обратного контраста, используемого для формирования объекта восприятия.

При установлении оптимального диапазона яркостей, одновременно находящихся в поле зрения оператора, необходимо исключить зону слепящей яркости и зону неразлично–черного. Максимально допустимый перепад яркостей для оператора не должен превышать 1 : 100. Оптимальное соотношение яркостей в поле зрения оператора, обеспечивающее высокий уровень контрастной чувствительности и быстроту различения, составляет 40 : 1 между самым светлым и самым темным участком изображения.

Градации яркости и качество изображения.

Для передачи изображения алфавита знаков, условной картинной обстановки и передачи реальных объектов (телевидение, кино) важной характеристикой является число элементов или признаков, необходимых для опознания объекта разных классов.

Для опознания алфавита буквенно – цифровых знаков это число составляет 4...10. Для сложных изображений – 12...17.

В зависимости от типа изображений эти опознавательные элементы передаются разным числом градаций яркости. Минимальное число при передаче изображения равно двум. Таким числом градаций высвечиваются знаковые, символические сообщения – темные знаки на светлом фоне (прямой контраст) и наоборот светлые знаки на темном (обратный контраст). Качество изображения оценивается величиной контраста (К), вычисляемого как отношение разности яркостей объекта и фона к большей яркости.

Контраст 20% - малый, 50% -средний, свыше 50% - высокий. Рекомендуемая зона величины контраста составляет 65...90%.

При отображении реальных объектов средствами телевидения и кино важно точно передать соотношение яркостей деталей объектов пропорционально их коэффициентам отражения. Обычно это 15...40 градаций.

Обеспечение заданного числа градаций яркости возможно лишь при достаточном уровне контрастности изображения т.е. при интервале яркостей, внутри которого распределены эти градации.

Минимально допустимое значение контрастности, создающее удовлетворительное изображение, создается в интервале 1 : 10.

Требуемая контрастность изображения зависит от содержания отображаемой информации и вида контраста. Сложные полутоновые изображения с сохранением деталей - контрастность составляет 1 :100. Печатные изображения, или изображения, образуемые штриховыми линиями, требуют контрастности 1 : 25.

Контрастность изображения снижается при внешнем освещении. Уровень внешней засветки не должен превышать 3...10% яркости экрана.

10.5 Временные характеристики зрительной информации

Основная особенность зрительного анализатора – наличие инерционности в работе глаза. Это связано со временем экспозиции зрительного сигнала для неизменности воспринимаемой интенсивности сигнала, определением временных интервалов для ощущения раздельности сигналов, следующих друг за другом и оптимального восприятия каждого из них, или, наоборот, определением временных интервалов для ощущения слитности последовательно предъявляемых сигналов. Субъективной характеристикой глаза, учитывающей эти факторы, является время зрительной инерции.

Время инерции определяется, прежде всего, яркостью фона. Для яркостей свыше 100 кд/м^2 время инерции составляет 50 мс. Для уровня яркостей, с которыми работает оператор на многих видах СВИ, время экспозиции для восприятия неизменной интенсивности сигнала должно быть $> 50 \text{ мс}$.

Для восприятия мелькающих сигналов слитными следует обеспечивать величину мелькания, большей критической частоты мелькания ($K_{\text{чм}}$).

Величину частоты мелькания необходимо учитывать и для создания качественного изображения на различных устройствах СВИ, основанных на технике дискретных сигналов (ТВ, ЭЛТ, кино). Мелькание утомляет зрение и отрицательно влияет на качество работы операторов. Для удовлетворительного восприятия таких сигналов $K_{\text{чм}}$ должен быть не менее 40 Гц. Величина $K_{\text{чм}}$ определяется не размерами отдельных знаков, а общей площадью изображения.

10.6 Кодирование зрительной информации

Под кодом понимают систему условных знаков (символов) для передачи, обработки и хранения различной информации.

При построении системы кодирования объекты и их характеристики делят на классификационные группы. Для этого устанавливают сходства и различия объектов, распределяют их по значимости.

Вид алфавита кода выбирают с учетом характера передаваемой информации и задач, решаемых оператором. Это могут быть: форма, размер, пространственная ориентация, длина и ориентация линий, количество точек, буквы, цифры, яркость, цвет, частота мелькания и т.п.

При передаче информации о нескольких признаках объекта используют многомерное кодирование. Это могут быть сочетания различных видов алфавита: форма и цвет, форма и пространственная ориентация и т.п.

При группировке знаков в кодовые обозначения (формуляры) следует отдавать предпочтение смешанным алфавитам кода. Предпочтительно, чтобы крайние знаки кодового обозначения передавали наиболее важную информацию. Оптимальное число знаков кодового обозначения – 8.

При конструировании кодовых знаков основной классификационный признак объекта должен кодироваться контуром.

В алфавитах кода следует использовать знаки симметричной формы с единообразием ориентации (предпочтение горизонтали и вертикали).

Кодирование размером используют для передачи информации, устанавливая соответствие между площадью или линейными размерами знака и характеристиками объекта (размеры, удаленность, высота и т.д.).

Пространственную ориентацию используют для передачи информации о направлении движения объекта, отклонения от курса и т.п.

Длину и ориентацию линий используют для передачи информации о скорости и направлении движения.

Буквенно - цифровой алфавит используют для передачи информации о дискретно изменяющихся количественных параметрах объектов.

Цветовой алфавит используют для передачи информации о состоянии и значимости объектов.

Частота мелькания может быть использована для привлечения внимания оператора: предупредительная сигнализация – 0,5...1 Гц; аварийная – 5...6 Гц.

Число одновременно мелькающих символов не должно превышать 3.

В цветовом алфавите следует отдавать предпочтение зеленому, красному, голубому, желтому и фиолетовому цветам.

Допустимая минимальная яркость цветных знаков – 10.

11 Показатели работы оператора

11.1 Временные характеристики действий оператора

Одной из наиболее показательных характеристик, отражающих психическую деятельность человека, является время его реагирования на внешний стимул. Интервал времени между моментом предъявления стимула и моментом ответа на него, отражающий скорость протекания

психофизиологических процессов, стал одним из основных количественных показателей, используемых в инженерной психологии.

В трудовой деятельности показатель времени выступает в качестве главного критерия производительности и эффективности.

Ограничения, наложенные на систему, налагают в свою очередь, соответствующие ограничения на работу ее компонентов, в том числе и на человека. Поэтому, чтобы система выполняла возложенные на неё функции, выходные показатели деятельности человека должны также укладываться в пределах соответствующих норм. Все разнообразие ограничений в принципе можно свести к двум категориям: действия человека должны укладываться в технические нормы по своевременности и точности.

Таким образом, фактор времени – время реагирования, является количественным показателем скорости, с которой протекают у данного человека нервные процессы при решении конкретной задачи.

Вместе с тем, поскольку скорость реагирования зависит от физического и психического состояния человека, то она может служить также и показателем этих состояний.

Таким образом элементарной разновидностью реакции оператора является простая сенсомоторная реакция: человек с максимальной скоростью выполняет заданное ему движение (нажимает на кнопку, перемещает рычаг и т.п.) в ответ на заранее известный, но внезапно появляющийся сигнал. Время задержки с ответом складывается в этом случае из скрытого латентного периода (от момента появления сигнала до начала ответного движения) и времени моторного периода (длительность ответного действия), куда входит и время прохождения команды на моторный ответ по нервным путям (из центральной нервной системы к мышцам). Такие реакции принято называть реакции типа А.

Другим типом сенсомоторной реакции является реакция типа В, в которой осуществляется предельно быстрое различение поступившего сигнала среди ряда возможных и выбор из имеющихся способов ответных действий такого, который соответствует этому сигналу.

Третий тип сенсомоторной реакции – тип С – возникает в тех случаях, когда испытуемому предъявляют два или несколько сигналов и ему следует реагировать на какой – либо из них, оставляя без внимания остальные.

Практически в большинстве задач, прежде чем реагировать на сигнал, оператору приходится оценивать текущую ситуацию, на фоне которой возник данный сигнал; следует также добавить, что в большинстве задач, возникающих у оператора, не требуется отвечать на сигнал с максимальной скоростью (правда ответная реакция должна быть стабильной по времени на одинаковые внешние стимулы). Часто ошибочной реакцией оператора является не то, что оператор опоздал с ответным действием, а то, что он поторопился.

Чтобы отреагировать на сигнальный раздражитель, оператор должен прежде всего его воспринять. Органы чувств человека, как известно, воспринимают только те раздражители, которые лежат в пределах диапазона,

ограниченного их чувствительностью, они способны дифференцировать сигналы тогда, когда различие между ними достигает определенного уровня.

Все эти данные о возможностях и особенностях восприятия оператором различных сигналов в значительной мере определяют временные характеристики действий оператора и системы.

Время реакции существенно зависит от модальности сигнала и может управляться посредством подбора модальностей (тактильный, слуховой, зрительный, температурный, болевой и т.д.).

Для сигналов любой модальности время реакции зависит от интенсивности действующего раздражителя и чем сильнее сигнал, тем короче латентная и моторная составляющие времени реакции.

Экспериментально было доказано, что на время реакции влияют не столько сами абсолютные характеристики раздражителя (интенсивность, размер), сколько их отношение к окружающему фону. С увеличением контрастности раздражителя по отношению к фону время реакции на него сокращается.

Было также обнаружено, что в случае особой значимости для оператора слабого раздражителя (аварийный сигнал) время реакции на него может быть короче, чем на более сильный, но менее значимый сигнал.

11.2 Точность работы оператора

Для выполнения оператором возложенных на него функций необходимо, чтобы его действия отвечали установленным требованиям не только по времени, но и по точности. Поэтому характеристики точности работы оператора и вопросы их обеспечения оказываются в инженерной психологии столь же важными, как и проблемы времени реагирования.

Точность работы оператора – это показатель соответствия его действий заданной программе. Программа работы может задаваться оператору как в виде последовательности действий, которые нужно выполнять в установленном порядке, так и в виде некоторого результата, который должен быть достигнут.

Однако оператору наряду с заданием, приходится руководствоваться многочисленными правилами, указаниями, инструкциями, которые дополняют и уточняют программу деятельности. Благодаря этому у оператора складываются достаточно конкретные представления о показателях работы системы, которые должны быть достигнуты при выполнении отдельных действий, а также о тех изменениях, которые должны произойти в системе для получения требуемого результата.

Такие представления и являются теми образцами – эталонами, относительно которых оператор организывает свою деятельность и поддерживает ее точность в процессе реализации программы.

Таким образом, точность может служить показателем качества практической деятельности оператора, т.е. показывать, в какой мере ему удается выдерживать параметры работы системы в соответствии с заданной программой.

В инженерной психологии характеристика точности используется также как инструмент исследования психической деятельности оператора. Точность, как и время реагирования, весьма доступна для измерения показателя деятельности, позволяющая количественно оценить ход и результаты психических процессов.

Точность работы может также служить показателем индивидуальных различий операторов, индикатором их психических и физических состояний, показателем влияния различных внешних факторов (в том числе и технических) на их деятельность.

Характеристика точности, как и времени реагирования, выступает в качестве сугубо инженерно – психологического показателя, отражающего степень согласованности техники с психофизиологическими возможностями человека – оператора.

Проблема точности одинаково актуальна и для деятельности человека, и для работы техники, и при обеспечении их взаимодействия. В реальном процессе управления, как бы идеально он ни был организован, результаты действия человека, а также показатели работы техники будут иметь некоторые отклонения от заданных программных значений, которые принято называть погрешностями.

Пока погрешности находятся в допустимых пределах (а они задаются в программе, уточняются инструкциями, правилами), это является нормальным явлением. Когда же погрешность в работе оператора превышает установленное предельное значение, это событие уже нарушает нормальную работу системы и квалифицируется как ошибка оператора.

В тех случаях, когда погрешность в работе оператора достигает значения, при котором становится невозможным дальнейшее выполнение оператором его функций, такое событие определяется как отказ человека - оператора.

Чем уже пределы, в которых находится погрешность оператора или системы, тем выше точность их работы. При совместной работе человека – оператора и техники наблюдается возможность у оператора уменьшить или увеличить погрешности техники, и, наоборот, техника может компенсировать либо усугубить погрешности оператора. Управляя системой, оператор воздействует обычно на целый комплекс параметров, допуская при регулировании каждого из них определенную погрешность. Общая погрешность системы складывается из погрешности ее отдельных звеньев. Если звенья системы имеют различие в своей физической природе и измеряются в разных единицах, то погрешности определенных звеньев удобно расценивать не по их абсолютным значениям, а по тому удельному весу, который принадлежит каждой из них в общей результирующей системе.

При таком исходе имеется возможность оценивать роль отдельных звеньев системы в формировании ее результирующей погрешности, оценивать процесс накопления погрешностей в различных частях системы.

Опыт практического применения систем «человек – машина» показывает, что чаще всего погрешности превышают допустимые нормы в

звене «человек». Так, в США публикуют данные, что вариации ошибки летчика обуславливают 50 % происшествий; выводят из строя 20...35% исправной ракетной техники.

Итак, проблема точности работы системы «человек – машина» оказывается весьма сложной. Если точность работы технических звеньев системы – чисто техническая задача, определяемая в процессе проектирования, конструирования и эксплуатации, то вопросы точности работы человека уже определяются точностями представляемой ему для переработки информацией и, главное, психическими процессами восприятия этой информации.

11.3 Надежность работы оператора

Показатели своевременности и точности работы характеризуют лишь её как отдельный результат, но еще не полностью отражают, как действует человек – оператор в целом. Более полно деятельность оператора определяется степенью стабильности, с которой выдерживаются эти показатели в различных видах и условиях деятельности, - характеристикой, которую принято называть надежностью работы оператора.

Надежность была перенесена в инженерную психологию из техники, где она используется для определения способности устройства сохранять требуемое качество в установленных условиях работы. Это определение вполне применимо и для оценки деятельности оператора и работы системы «человек – машина».

От надежности работы техники, выступающей в системе как орудие труда человека, в значительной степени зависят результаты его труда. неполадки и отказы в работе технических звеньев системы не только непосредственно нарушают работу системы, но и создают дополнительные трудности в целенаправленной деятельности оператора, влияют на него психологически, ухудшая тем самым и показатели работы человеческого компонента системы. Поэтому вопросы технической надежности уже сами по себе являются важными и представляют интерес для инженерной психологии.

Проблема надежности человека давно изучается в экспериментальной психологии. В опытах по исследованию времени реакции, измерению объема памяти, работоспособности человека и пр., наряду с другими показателями оценивались и характеристики стабильности получаемых результатов во времени, т.е. фактически надежность выполнения испытуемыми заданных функций.

О целесообразности создания некоторой обобщенной характеристики надежности работы человека – оператора, которая распространялась бы на всю его деятельность, говорили с самого начала появления человеко - машинных систем.

Было предложено оценивать надежность оператора по комплексу его внутренних свойств, обуславливающих способность оператора сохранять на

заданном уровне показатели труда и поддерживать требуемые рабочие качества в условиях существенного усложнения деятельности.

Считается, что надежность человека – оператора в общем случае обусловлена тремя основными факторами:

- степенью инженерно – психологической согласованности техники с психофизиологическими возможностями оператора для решения возникающих у него задач;

- уровнем обученности и тренированности оператора при выполнении этих задач;

- его физиологическими данными, в частности, особенностями нервной системы, состоянием здоровья, порогами чувствительности, а также психологическими особенностями его личности.

Таким образом, надежность оператора рассматривается не только как функция его индивидуальных физиологических и психологических качеств, но и как функция возникающих у него задач и технических условий, в которых они разрешаются.

В основе теории технической надежности лежат методы оценки случайных процессов, нарушающих работу технических устройств. Подобный подход применим и к оценке деятельности оператора, поскольку она особенно подвержена воздействию множества случайных факторов, которые влияют также на работу машины и на взаимодействие с ней оператора.

Однако имеется ряд факторов, препятствующих простому переносу на человека положений теории технической надежности.

Выделим некоторые из них:

Во-первых, в теории надежности исходят из предпосылки, что машина состоит из дискретных элементов, каждый из которых может находиться в рабочем состоянии, либо в состоянии отказа. Выделить такие элементы в непрерывной психофизиологической деятельности человека невозможно.

Во-вторых, теория надежности предполагает, что элементы системы работают и отказывают независимо друг от друга. В человеческом же организме подобные элементы находятся в тесной взаимосвязи и под центральным управлением.

В-третьих, человек в процессе деятельности выступает как самоорганизующая и саморегулирующая система, способная решать сложные задачи так же хорошо, как и простые. В технических же устройствах с усложнением задачи в ее решении участвует большее число элементов, связей, что, конечно, понижает ее надежность.

По аналогии с определением отказа в технических устройствах в инженерной психологии отказ человека – оператора рассматривается как невыполнение им предписанных действий или снижение качества их выполнения за пределы, необходимые для достижения цели.

Если отказ технических устройств квалифицируется по отклонению его выходных параметров за установленные границы, то отказ оператора связан с

отклонением за допустимые пределы выходных характеристик системы, - характеристик, за которые он ответственен.

Теперь можно дать следующее окончательное определение надежности человека – оператора – свойство, характеризующее его способность безотказно действовать в течение определенного интервала времени при заданных условиях.

Для оценки и прогнозирования надежности оператора используют показатели интенсивности (λ_i) отказов и вероятность безотказной работы $p(t)$, определяемые по формуле

$$\lambda(t) = \Delta n(t) / N_0(t) \cdot \Delta t, \quad p(t) = e^{-\lambda(t)};$$

где $\lambda(t)$ - интенсивность отказов; $\Delta n(t)$ число отказов оператора, проявляющееся в N_0 опытах за время t .

В качестве показателя надежности оператора, выполняющего действия, используется характеристика среднего времени безотказной работы (T_p). Если одновременно работают (m) операторов и оператор (i) за время (t_i) допускает (k_i) отказов, то средняя статистическая частота его отказов $f_i(t)$ составит

$$f_i(t) = k_i / t_i.$$

Среднее время (Δt_i) между отказами оператора i будет равно

$$\Delta t_i = 1 / f_i(t),$$

а среднее время безотказной работы для всех (m) операторов определится по формуле

$$T_p = \sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{f_i(t)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{k_i}.$$

В настоящее время разработан ряд конкретных практических методов прогнозирования прагматической надежности работы оператора в системе управления.