**Российская академия образования**

**Институт информатизации образования**

Нестационарные алгоритмы реализации приближенных методов решения дифференциальных уравнений для описания действий оператора ПЭВМ в человеко-машинных системах

### Методическое пособие для системы повышения квалификации и переподготовки руководителей и преподавателей вузов

**Промежуточный отчет по теме**

**«Исследование и разработка алгоритмов и математических моделей оператора в человеко-машинных нестационарных системах удаленного управления дифференцированным обучением пользователей ПЭВМ»**

(**01200116499)**

(*Комплексная программа «Информационные и коммуникационные технологии в общем, профессиональном и дополнительном образовании»*

*Плана важнейших исследований РАО на 2006 год*)

Москва 2006

**Аннотация**

Рассмотрены вопросы исследования и разработки нестационарных алгоритмов действий оператора ПЭВМ в эргатических системах с использованием приближенных методов решения дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами *n*-го порядка. Работа оператора ПЭВМ рассматривается как частный случай систем «человек–машина». Приведены особенности содержания и структуры человеко-машинных нестационарных систем (ЧМНС) для различного класса систем «человек–машина». Человеко-машинные системы (ЧМС) ряд авторов рассматривают как эргатические системы, однако это не отражается на математическом описании и моделировании динамических процессов в этих системах.

Проведено исследование возможностей автоматизированного проектирования эргатических систем, рассмотрены особенности индивидуальных психофизиологических и динамических характеристик оператора ПЭВМ, выполнен анализ возможностей рассмотрения человека как кибернетической системы, проведено предварительное исследование некоторых нестационарных явлений в звене «человек–машина», рассмотрена возможность применения приближенного метода решения дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами применительно к эргатическим системам удаленного управления, рассмотрены некоторые алгоритмы описания действий оператора при управлении различными объектами.

Информационные и автоматизированные системы удаленного управления с использованием сети Интернет, имеющие в своем составе операторов и группы операторов, относятся к классу систем автоматизированного проектирования эргатических систем (САПРЭС). В настоящее время практически отсутствуют методы и средства для построения класса САПРЭС, для исследования которых проведено исследование и выполнена разработка алгоритмов и моделей деятельности человека. Для анализа работы оператора индивидуальные психофизиологические характеристики определяются в результате тестирования. По результатам тестирования определяется психофизиологический портрет, который можно рассматривать как набор статических характеристик.

Человека можно представить как кибернетическую систему [48], структура которой показана на рис. 0.1.



Рис. 0.1. Структура кибернетической системы

Смысл функционирования системы состоит в осуществлении такого кругооборота информации и с таким ритмом, которые необходимы для нормального действия объекта: управляющие воздействия выдаются на объект управления по каналу прямой связи, результаты зтого воздействия воспринимаются специальной системой датчиков и передаются в управляющую систему по каналу обратной связи, переданные данные вместе с ранее накопленной информацией преобразуются управляющей системой в новые управляющие воздействия, после чего процесс обмена инфopмaцией продолжается.

Динамические характеристики человека определяются путем составления и решения дифференциальных уравнений и последующего анализа качества переходных процессов.

Результат исследования имеет практическое применение в виде методических рекомендации для пользователей эргатических систем, которые включают некоторые модели работы оператора и технологию исследования характеристик человека.

Некоторые результаты исследования использовались в техническом университете преподавателями при составлении технических заданий и выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Системное программирование», «Базы данных», «Распределенные системы обработки информации», «Информатика», а также при выполнении дипломных проектов бакалавров, магистров, инженеров и при руководстве ими со стороны преподавателей.

На основании полученных результатов студентами старших курсов выполнялись исследования по программам НИРС с использованием WEB-технологий и сайта для дистанционного управления ЧМС.

*Автором отчета является* ***Л.Н. Пученков***, *к.т.н., доцент кафедры «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии» МГТУ им. Баумана.*

Научные руководители работы – академик РАО **Э.А. Манушин** и **Л.Н. Пученков**.

**Обозначения и сокращения**

АОК – автоматизированный обучающий курс

АОС – автоматизированная обучающая система

АСУП – автоматизированная система управления предприятием

БД – база данных

Браузер – программа для просмотра HTML

ДК – дистанционный курс

ДО – дистанционное обучение

Домен – область определения значений одного или нескольких атрибутов отношений

Интерфейс – совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной системы и программ

ИПК – институт повышения квалификации специалистов

ИТДДО – информационная технология дифференцированного дистанционного обучения

ИТДО – информационная технология дистанционного обучения

ИТО – информационная технология обучения

Клиент – рабочая станция вычислительной сети

ЛВС – локальная вычислительная сеть

НЛС – нестационарная линейная система

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство

ПФ – передаточная функция

САПР – система автоматизированного проектирования

САУ – система автоматического управления

СДО – система удаленного дифференцированного обучения

Сервер – служебное устройство, т.е. ЭВМ, выполняющая определенные функции

обслуживания пользователей, специальная виртуальная ЭВМ

СЛС – стационарная линейная система

СЧМС – система «человек–машина–среда»

ЧМНС – человеко-машинная нестационарная система

ЧМС – человеко-машинная система

COM (*Component Object Model*) – архитектура распределенных объектов

DCOM – протокол для реализации распределенной версии COM

E-mail – электронная почта

TCP/IP – протокол передачи данных в сети Internet/Ethernet

**Содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Стр. |
|  | Аннотация | 2 |
|  | Обозначения и сокращения | 4 |
|  | Содержание | 5 |
|  | Введение | 6 |
| 1. | Нестационарные человеко-машинные системы | 9 |
| 1.1. | Анализ и сравнительные характеристики эргатических нестационарных систем управления удаленными пользователями ПЭВМ | 9 |
| 1.1.1. | Понятие о человеко-машинной (эргатической) системе | 9 |
| 1.2. | Исследование основных свойств и характеристик обучаемых в эргатических системах | 12 |
| 1.2.1. | Характеристики систем человека-оператора | 12 |
| 1.2.2. | Человек как звено эргатической системы | 13 |
| 1.3. | Психологические характеристики человека | 26 |
| 1.4. | Информационные характеристики человека-оператора | 31 |
| 2. | Приближенные методы исследования нестационарных человеко-машинных систем | 34 |
| 3. | Основные нестационарности в системе «человек-машина» | 40 |
| 3.1. | Исследование элементов, входящих в модель взаимодействия пользователей через сетевую среду | 41 |
| 3.2. | Исследование систем передачи информации при диалоге пользователей | 45 |
| 3.3. | Некоторые закономерности изменения параметров в системе «человек-машина» | 48 |
| 3.4. | Анализ работоспособности и биологических ритмов человека | 57 |
|  | Список использованных источников | 69 |
|  |  |  |

**Введение**

В различных НИИ, организациях, вузах и университетах России и за рубежом разрабатываются и используются информационные человеко-машинные системы и технологии типа «человек–машина» для обучения, исследования и разработки динамики систем «преподаватель–студент», «водитель–автомобиль», «пилот–самолет» и т.п. Применение новых технологий удаленного управления с использованием проводных и беспроводных систем и средств связи на базе локальных и глобальных вычислительных сетей предъявляет повышенные требования к устойчивости, качеству и надежности работы в различных режимах работы системы «человек–машина». В системах удаленного обучения появляется возможность совместной работы одного пользователя с любыми удаленными пользователями, имеющими различные вычислительные мощности, операционные системы и прикладные программы на своих ПК – рабочих местах специалистов. К таким специалистам можно отнести преподавателей, студентов, операторов информационных систем для ввода и редактирования информации, сотрудников и менеджеров фирм, а также экспертов, аналитиков и менеджеров управляющего звена, которые в процессе работы на ПК осваивают новые программные средства, могут выполнять различные диагностические тесты, упражнения и тренировки на тренажерных комплексах. Реализация этих задач обеспечивается соответствующими аппаратными и программными средствами по технологии систем «клиент – сервер» различных уровней. Вместе с тем, не решены многие вопросы проектирования систем «водитель–автомобиль–дорога–среда» с учетом возможностей и ограничений нестационарных характеристик водителя. Уравнения, алгоритмы, модели человека-оператора, как показывают результаты многочисленных исследований, являются нестационарными, что существенно затрудняет проектирование систем такого класса. Практически отсутствуют методы и средства автоматизированного проектирования нестационарных человеко-машинных систем.

Вопросы общей функциональной структуры всей системы человек–машина являются предметом исследований кибернетики. Теоретической базой для решения данных вопросов является *организмизм*, методологический принцип, требующий целостного подхода к изучению объектов органической природы, один из компонентов системного подхода. В данном случае этот принцип служит для объединения в единое целое основных положений теории управления и теории живых организмов. Используемый термин «машина» представляет собой обобщенное понятие управляемого физического процесса, описываемого дифференциальными и другими математическими уравнениями.

Биологическая система (биосистема) – это сложная система, обладающая рядом специфических черт: способностью расти, размножаться, реагировать на внешние воздействия и изменяться. Она обладает способностью воспринимать, хранить и перерабатывать информацию, вырабатывать сложные реакции в ответ на внешние воздействия. Живые системы являются открытыми, для которых характерны две стороны их функционирования. Одна из них – это процессы получения, накопления, передачи и использования веществ, энергии и информации. Эти процессы обеспечивают возможность сохранения структуры, рост и выполнение всех специфических функций биологической системы. Другая сторона функционирования, связанная с управлением, включает восприятие, хранение, переработку и использование информации.

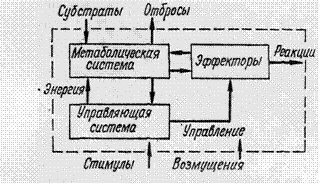


Рис. 0.1. Схема потока энергии и информации в организме (по Т. Уотермену)

На рис. 1.1. показана схема потоков энергии и информации в организме животного. Энергетическая часть организма обозначена как метаболическая система, а управляющая часть содержит три блока – генетическое управление, физиологическое управление и эффекторы (конечные элементы рефлекторной дуги, изменения состояния которых служат показателем осуществления рефлекса).

Структура организма поддерживается механизмами генетического управления. Получая от остальных систем энергию и информацию, генетическая система управляет процессами синтеза необходимых веществ и поддерживает жизнедеятельность остальных систем организма. Процессы в генетической части протекают достаточно медленно, для нее характерны долгие интервалы времени, связанные с процессами роста, становления организма и его старения, процессами регенерации тканей и др.

Поведенческие реакции организма осуществляются системой физиологического управления. Процессы в физиологических системах управления организма протекают значительно быстрее, чем в генетической, поэтому генетическая система образует структуру биосистемы, в то время как быстрые поведенческие и физиологические процессы определяют ее функцию. Организация живого представляет собой единство структуры и функции – устойчивости и подвижности. «То, что называется структурой, является медленным процессом большой продолжительности; то, что называют функцией, является быстрыми процессами короткой продолжительности» [3]. Таким образом, само строение биосистемы отражает две главнейшие ее характеристики – процессы обмена веществ (открытый характер живых систем) и процессы управления.

Для создания эффективной обучающей системы необходимо провести исследование проблемы, исследовать существующие и предложить новые технологии, с помощью которых можно проектировать процесс обучения и добиться его эффективности.

В настоящее время не существует ни одной программной системы, которая бы позволяла с использованием различных научных знаний, например, теории проектирования сложных систем управления, проектировать и моделировать нестационарные системы дистанционного обучения (СДО). На практике не описаны системы автоматизированного проектирования систем дистанционного обучения (САПР СДО), поскольку чрезвычайно сложно составить достоверную модель удаленного взаимодействия обучаемого (фактически модель действий человека) со средой обучения. Поэтому в данном отчете рассматривается разработка методов и средств исследования СДО как человеко-машинной системы, которые затем используются для построения и проверки модели взаимодействия обучаемого с автоматизированным обучающим курсом (АОК). Фактически это первый шаг, необходимый для создания САПР СДО.

Для достижения поставленной цели был создан ряд инструментальных средств, позволяющих проводить построение и расчёт различных моделей взаимодействий пользователя с обучающей средой, проводить анализ результатов моделирования. Авторским научным коллективом был разработан АОК СДО asnuk.bmstu.ru для изучения среды программирования *Delphi* 7, состоящий из 67 параграфов, а также списка вопросов к нему. Собрана статистика изучения этого курса студентами и проведено исследование соответствия полученных данных математической модели.

В работе используются методы и средства теории автоматического управления для проектирования и исследования нестационарной информационной модели взаимодействия пользователя с системой удаленного обучения.

**1. Нестационарные человеко-машинные системы**

**1.1. Анализ и сравнительные характеристики эргатических нестационарных систем управления удаленными пользователями ПЭВМ**

**1.1.1. *Понятие о человеко-машинной* (*эргатической*) *системе***

На определенном этапе развития для удовлетворения всё возрастающих материальных и духовных потребностей человек начинает создавать искусственные орудия труда – «машины». Получив в свое распоряжение огромные запасы энергии, новую технику и технологии, он неузнаваемо изменил свою жизнь, но вместе с тем оказался перед сложнейшей задачей – обеспечить эффективное, устойчивое и безопасное управление этой техникой.

Система «человек–машина–среда» (СЧМС) представляет собой сложную многофункциональную систему, включающую неживую, живую материю и общество.

Структура СЧМС состоит из:

*машины* (М) – всего того, что искусственно создано руками человека для удовлетворения своих потребностей (технические устройства, информационное обеспечение и т.д.);

*человека* (Ч) – человека-оператора, который при взаимодействии с машиной выполняет определенные функции управления для достижения поставленной цели;

*среды*, которую условно можно разбить на два вида – окружающую среду (ОС) и социальную среду (СС). *Окружающая среда* характеризуется такими основными параметрами, как микроклимат, шум, вибрация, освещенность, запыленность, загазованность и т.д. *Социальная среда* характеризуется социально-экономическими и политическими отношениями в обществе.

Человек и машина при своем взаимодействии составляют подсистему в рамках СЧМС, которая называется человеко-машинной системой ЧМС.

Основу классификации ЧМС составляют четыре группы признаков [6]:

1. Целевое назначение системы.
2. Характеристики человеческого звена.
3. Тип машинного звена.
4. Тип взаимодействия компонентов системы.

*По целевому назначению* ЧМС делятся на:

управляющие, в которых основной задачей человека является управление машиной;

обслуживающие, в которых задачей человека является контроль за состоянием машины;

обучающие – для выработки у человека определенных знаний и навыков;

информационные – для поиска, накопления или получения необходимой информации;

исследовательские – проведение исследований и анализ тех или иных явлений.

*По характеристикам человеческого звена* ЧМС делятся на:

моносистемы, в состав которых входит один человек;

полисистемы, в состав которых входит коллектив и взаимодействующий с ним комплекс технических устройств.

Полисистемы можно подразделить на паритетные и иерархические (многоуровневые). В паритетных системах между членами коллектива нет подчиненности и приоритетности. В иерархических ЧМС устанавливается организационная или приоритетная иерархия взаимодействия человека с техникой.

Деятельность человека-оператора представляет собой процесс достижения поставленных перед СЧМ целей, состоящий из упорядоченной совокупности выполняемых им действий.

Различают несколько типов операторской деятельности [10]:

оператор-технолог – человек, непосредственно включенный в технологический процесс;

оператор-манипулятор, основная роль деятельности которого – сенсомоторная регуляция (управление манипуляторами, железнодорожным составом и т.д.);

оператор-наблюдатель – классический тип оператора (диспетчер транспортной системы, оператор радиолокационной станции и т.д.);

оператор-исследователь – исследователи любого профиля;

оператор-руководитель – организаторы, руководители различных уровней, лица, принимающие ответственные решения.

*По типу машинного звена* условно можно выделить два вида признаков:

информационные – машины, обеспечивающие обработку информации и решающие задачи духовного плана;

материальные – машины, обрабатывающие материальные носители.

*По типу взаимодействия компонентов системы* в ЧМС выделяют два вида:

*информационное* – взаимодействие, обусловленное передачей информации от машины к человеку;

*сенсомоторное* – взаимодействие, направленное от человека к машине для выполнения поставленной цели.

Эффективность и устойчивость работы ЧМС зависит от многих составляющих, и в первую очередь от того, как распределены и согласованы функции между человеком и машиной.

Принципы согласования системы «человек-машина» построены на основе инженерно-психологических требований к ЧМС [5]. Эти требования, определяемые характеристиками человека-оператора и машины, учитываются в процессе проектирования, производства и эксплуатации СЧМ и предъявляются к различным ее элементам и системе в целом.

Учет инженерно-психологических требований необходим для рационального распределения функций в ЧМС: организации рабочего места; обеспечения соответствия технических средств возможностям человека по приему и переработке информации и осуществлению управляющих воздействий, оптимальных для работоспособности человека.

Согласование ЧМС начинается с требований и ограничений, которые накладывают характеристики человека-оператора на систему в целом. Задачей согласования ЧМС является подгонка параметров машины под ограниченные возможности человека. Схема взаимодействия человек–ЭВМ показана на рис. 1.1.

В зависимости от вида характеристик человека-оператора различают гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические требования.

*Гигиенические требования* определяют безвредные и безопасные условия жизнедеятельности человека, обусловливают роль среды в СЧМ. Их составляют на основе санитарно-гигиенических нормативов и рекомендаций. Гигиенические требования обеспечивают соблюдение норм освещения, шума, вибрации, микроклимата и ограничивают воздействие вредных и опасных факторов производственной среды.

*Антропометрические требования* обусловлены антропометрическими характеристиками и свойствами человека: размером, формой человеческого тела и его частей в статике и динамике.

*Физиологические требования* учитывают энергетические возможности мышечного аппарата человека при эксплуатации техники, определяют силу, быстроту, выносливость и другие физические качества человека.

*Психологические требования* определяют соответствие ЧМС иее элементов психологическим особенностям человека. К ним относятся особенности восприятия информации, памяти, мышления человека и закрепления им вновь приобретенных навыков. Психологические требования учитывают возможности участия человека в информационном взаимодействии в ЧМС.

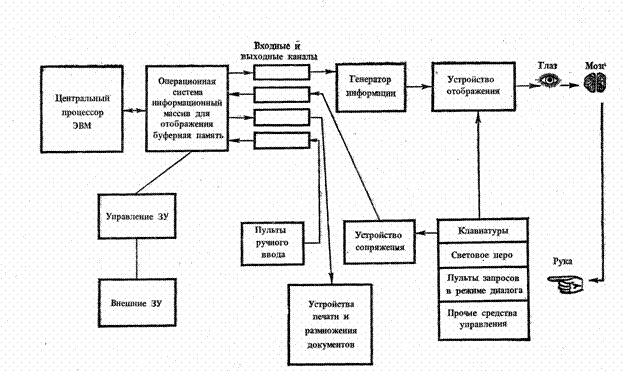


Рис. 1.1. Схема взаимодействия человек—ЭВМ

При конструировании машины необходимо учитывать параметры человека и согласовывать характеристики машины с параметрами человека. Согласование в ЧМС можно разбить на два вида: *информационное* согласование и *сенсомоторное* согласование [10].

**1.2.Исследование основных свойств и характеристик обучаемых в эргатических системах**

**1.2.1. *Характеристики систем человека-оператора***

В данной главе приводится попытка создать своеобразную «модель человека» как объекта исследования. Вопросы моделирования человеческого поведения занимают в психологии очень важное место, а в связи с тем, что моделирование невозможно без достаточного количества исходных данных, возникает вопрос о проведении комплексного обследования человека.

Человека с точки зрения психодиагностики можно представить в виде совокупности различных психофизиологических характеристик, набор которых полностью характеризует человека. Используя количественную оценку этих характеристик по стандартизованной шкале, можно получить определенную оценку, по которой можно проводить различные исследования человека и его поведения в различных ситуациях. Таким образом, эти данные, полученные с помощью психологических тестов и контролирующих систем, можно использовать и при прогнозировании поведения и мышления человека. Это открывает широкие возможности перед современными организациями и общественными институтами.

Данный набор характеристик получен при полном анализе технологии создания различных психологических тестов, психологических учебных материалов, современных публикаций и других материалов.

В зависимости от типа диагностической системы и ее назначения можно выделять различные свойства. Для систем контроля вводятся дополнительные показатели.

Предлагается перечень психофизиологических характеристик, условно разделенных на три части: психологические, физиологические и контролирующие характеристики.

К физиологическим характеристикам отнесены зрение, слух, обоняние, осязание, речь, нервная система. Психологические характеристики – внимание, память, воображение, мышление, темперамент, характер, воля, эмоции, личностные характеристики, мотивация, уровень интеллекта. Показатели для контролирующих систем: уровень знаний, специальные навыки, степень освоения теоретического материала, оценка знаний (обычно по пятибалльной шкале), степень освоения практического материала.

Данный перечень не является полным, но представляет собой перечень наиболее важных и существенных в диагностическом процессе характеристик человека.

При разработке данной структуры были определены тесты, с применением которых проводятся исследования указанных характеристик. Среди самых известных из них – тест «Память», тесты Ганса Юргена Айзенка и Джеймса Кеттелла.

Вопрос о комплексном исследовании человека находит свое решение при использовании данного набора признаков. Результаты данного исследования могут применяться практически в любых областях нашей жизни. В качестве примера можно использовать их для определения профессиональной пригодности или при зачислении в вуз.

**1.2.2. *Человек как звено эргатической системы***

В. Даль в своем «Толковом словаре» дал определение понятия «Человек». В зависимости от степени развития он делит людей на четыре уровня:

первый уровень–*человек плотский***,** мертвый, едва отличается от животного;

второй уровень–*человек чувствительный***,** природный, признает лишь вещественное и закон гражданский, о вечности не помышляет;

третий уровень – *человек духовный***,** по вере своей в добре и истине; цель его – вечность; закон – совесть, в искусе побеждает;

четвертый уровень–*человек благодатный***,** постигает по любви своей веру и истину; цель его – царство божье, закон – духовное чутье, искушение он презирает.

Н. Бердяев дает следующее определение человеку. «Человек – малая Вселенная, микрокосм, по своей природе он – центр бытия. В человеке есть весь состав вселенной, все ее силы и качества, человек – не дробная часть Вселенной, а целая малая Вселенная. Человек – точка пресечения двух миров – материального и духовного. Двойственность человеческой природы заключается в единстве духа и материи. Цель жизнилежит в области духа, а не материи».

Катастрофичность пути человеческой жизни сама по себе есть следствие, а не причина. Это лишь последствие нарушения законов через их неведение или ложное толкование.

Внешний мир по отношению к человеку пассивен. Сам человек своей волей действует на него. Поэтому враждебность или благоприятность какого-либо фактора внешнего мира зависит от самого человека. Он может сделать соприкосновение с этим фактором гармоничным или негармоничным.

Человек – очень сложная информационно-энергетическая система, которая только на несколько процентов состоит из физического тела и на 95% – из информационно-энергетических слоев подсознания [10].

Человек двойственен по своей природе, также как и окружающий мир, он состоит из двух составляющих – материальной (физиологии) и духовной (психологии)

*На уровне физиологии* человека можно выделить следующие основные блоки (рис.1.2):

зрительный анализатор (ЗА),

слуховой анализатор (СА),

тактильный анализатор (ТА),

коммутатор (К).

Через них осуществляется прием и преобразование входных сигналов во внутренние ощущения человека. Этот уровень решает тактические задачи обеспечения безопасности жизнедеятельности, ориентировки и перемещения человека в окружающем пространстве [10].

###### **Физиология Психология**

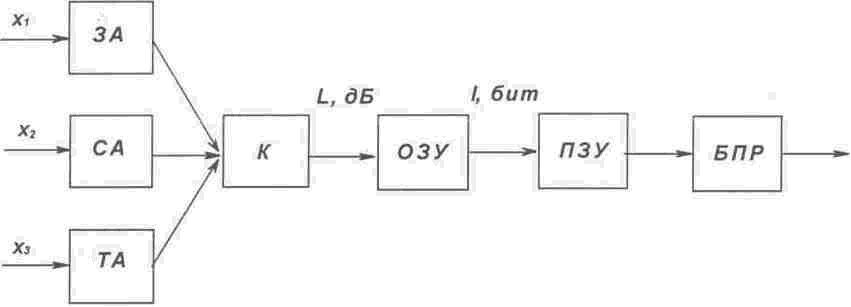


Рис. 1.2. Информационная модель человека

В качестве основной физиологической характеристики человека рассматриваются его ощущения, которые преобразуют сигналы окружающей среды в количественные и качественные показатели процесса приема и частичной переработки информации человеком, а также управляющие движения, обеспечивающие взаимодействие человека с окружающей средой.

*На уровне психологии* человека можно выделить следующие блоки (рис.1.2):

оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);

постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);

блок принятия решения (БПР).

С их помощью решаются стратегические задачи, определяются цели и направления деятельности человека при минимальном риске, решаются вопросы обеспечения устойчивости и надежности поведения человека в будущем.

К группе наиболее важных психологических характеристик относятся память и мышление.

Очень важным элементом, формирующим направление деятельности человека, является цель.

*Цель* – это регулятор деятельности человека, это то, чего еще реально нет, но что должно быть получено в итоге деятельности. Цель выступает как опережающее отражение будущего результата этой деятельности. Чтобы преобразовать предмет труда в продукт, человек должен не только представлять себе будущее состояние этого предмета, но и получать информацию о его изменениях в процессе преобразования.

Прием информации представляет собой процесс, имеющий два уровня:

*Первый* (материальный) – уровень восприятия физических явлений, выступающих в роли материальных носителей информации (показания приборов и пр.);

*Второй* (идеальный) – уровень, который обеспечивает декодирование воспринятых сигналов и формирование на этой основе информационной модели управляемого процесса и условий, в которых этот процесс протекает. Информационная модель представляет собой синтез воспринимаемой информации и информации, извлекаемой из памяти.

Физическое тело человека проходит три этапа: рождение, развитие и смерть. Каждые 7 лет оно подвергается изменению в строении. Первые пять периодов (т.е. 35 лет) протекают по восходящей нити – *развитие, созидание, усиление*. После этого начинается обратный процесс *разрушения и убывания* [4].

Первичная информация о состоянии внешней среды и ЧМС поступает человеку с помощью анализаторов. Эта информация называется сенсорной (ощущение), а процесс ее приема и первичной переработки – сенсорным восприятием.

*Ощущение* — процесс, заключающийся в отражении отдельных свойств или явлений материального мира, а также внутренних состояний организма при непосредственном воздействии раздражителей на соответствующие рецепторы.

В зависимости от специфики принимаемых сигналов различают анализаторы:

зрительный (рецептор глаза);

слуховой (рецептор уха);

тактильный, болевой, температурный(рецепторы кожи);

обонятельный (рецептор носовой полости);

вкусовой (рецепторы поверхности языка);

внутренние: давления, кинестетический (рецепторы в мышцах и сухожилиях), вестибулярный (рецептор в полости уха), специальные, расположенные во внутренних органах и полостях тела.

При разработке системы «человек-машина» считается, что до 80% всей информации человеку поступает через зрительный анализатор, около 19% – через слуховой и только 1% – через тактильный.

К основным параметрам анализаторов относятся:

абсолютная чувствительность – минимальное значение раздражителя, вызывающего начальные ощущения;

предельно допустимая интенсивность сигнала – болевой порог восприятия;

диапазон чувствительности – зона восприятия сигнала от абсолютного до болевого порога;

дифференциальная чувствительность – минимальное изменение интенсивности сигнала, ощущаемое человеком;

границы спектральной чувствительности – абсолютные пороги ощущений по частоте сигнала;

дифференциальная чувствительность к изменению частоты сигнала – дифференциальный, различительный порог по частоте.

Специфической особенностью рецепторов человека является большой диапазон значений интенсивности сигналов, в пределах которого возможно эффективное функционирование анализаторов, вместе с весьма высокой дифференциальной чувствительностью к интенсивности. Такое сочетание оказывается возможным благодаря системе адаптации и сенсибилизации анализаторов (понижение и повышение их чувствительности в зависимости от средней интенсивности сигналов, воздействующих в течение некоторого времени).

*Адаптация* – свойство анализаторов, заключающееся в изменении чувствительности под влиянием их приспособления к действующим раздражителям.

В 1846 г. немецкий анатом и физиолог Эрнст Генрих Вебер предложил количественное соотношение между физическими параметрами сигнала (стимулами) и ощущениями человека. Он показал, что величина прироста интенсивности, вызывающая отчетливую разницу между двумя стимулами, находится в постоянном отношении к исходной интенсивности. В 1860 г. немецкий физик и психолог Густав Теодор Фехнер придал наблюдениям Вебера математическое описание, получившее название закона Вебера–Фехнера о зависимости между ощущениями и раздражителями, который формулируется так: ощущения человека *L* пропорциональны логарифму раздражения *Х*:

*L =* lg *,* (1.1)



где *Х0* – порог восприятия интенсивности раздражения человеком; *Х* – исходная интенсивность раздражения.

Закон Вебера–Фехнера можно было бы назвать законом «жадности», так как он является самым разрушительным физиологическим законом человека. Он накладывает свой отпечаток на большинство катастроф, связанных с человеком в его социальной жизни. Войны за передел собственности, воровство, неуемная жадность и зависть – вот неполный перечень тех катастрофических моментов человека, которые им формируются.

Это обусловлено тем, что чувствительность анализатора человека изменяется обратно пропорционально входному сигналу (рис. 1.2):

*К = ,* (1.2)



где *а* – коэффициент пропорциональности.

Из (1.2) видно, что с ростом входного сигнала уменьшается чувствительность человека к входному воздействию.

*Положительный момент* этого закона заключается в том, что он обеспечивает безопасность органов чувств человека – даже сильные входные воздействия не могут разрушить анализатор.

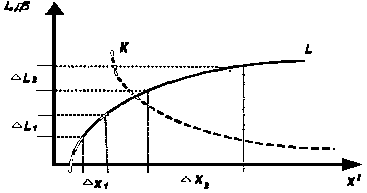


Рис. 1.3. Графическое представление закона Вебера–Фехнера

*Отрицательная сторона* этого закона проявляется на социальном уровне. Чем больше человек имеет, тем больше ресурсов требуется для удовлетворения его потребностей. Потребности человека возрастают в логарифмической пропорции, а ресурсы Земли ограничены, и для удовлетворения своих потребностей наиболее сильная и наглая часть человечества присваивает себе основную часть ресурсов (капиталистическая система). Это приводит к социальным взрывам – революциям и войнам за передел собственности.

Ощущения человека изменяются не только от силы сигнала его энергии, но и от частоты сигнала *f* и подчиняются закону [49]

*L f  = k f*2 *,* (1.3)

где *k* – коэффициент пропорциональности.

### *Зрительный анализатор.* Материальным носителем зрительных ощущений является световая энергия. Зрительный анализатор принимает и анализирует информацию в световом диапазоне 400–760 нм.

Строение зрительного анализатора человека приведено на рис. 1.4.

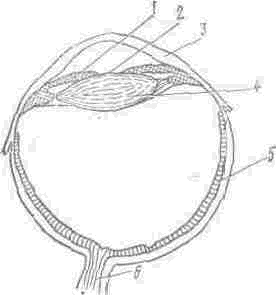


Рис. 1.4. Строение зрительного анализатора человека: *1* – радужная оболочка; *2* – зрачок;

*3* – роговица; *4* – хрусталик; *5* – сетчатка; *6* – зрительный нерв

Свет, проходя через радужную оболочку *1*, преломляется роговицей *3* и хрусталиком *4*. На сетчатке *5* формируется изображение объекта, которое с помощью фоторецепторов (палочек и колбочек) преобразуется в биоэлектрические сигналы. Палочки обеспечивают ахроматическое, а колбочки – хроматическое зрение.

Сетчатка по своей структуре неоднородна. В центральной части сетчатки расположена область («желтое пятно»), которая обладает высокой остротой и цветом зрения. На периферической части сетчатки отсутствуют чувствительные элементы, обладающие цветовым зрением. Однако эта область сетчатки обладает большой точностью в оценке скорости движения измеряемых объектов по сравнению с центральной. В видимой части спектра излучения света различные длины волн вызывают у человека различные световые и цветовые ощущения: от фиолетового (400 нм) до красного (750 нм) цветов. При очень слабом свете предметы кажутся лишенными окраски, а при ярком свете человек видит цвет. Для этих целей природа приспособила два рода клеток: колбочки, которые при ярком свете различают цвета, и палочки, приспособленные видеть в темноте [13].

В сетчатке имеется участок – «слепое пятно» *6*, где зрительные нервы, несущие всю информацию в центральную нервную систему, собираются вместе, поэтому здесь отсутствуют чувствительные элементы, и сетчатка на этом участке не обладает чувствительностью к свету.

Одним из важных свойств глаза является способность его к адаптации. Относительные изменения интенсивности, к которой глаз может приспосабливаться, превышают 1 млн. раз. При значительных изменениях яркости воспринимаемых объектов меняется чувствительность фоторецепторов. Порог световой чувствительности изменяется в очень широких пределах в процессе адаптации зрительного анализатора к внешнему световому воздействию.

На крайней периферии поля зрения имеется ахроматическая зона, которая при изменении величины объектов и их яркости для каждого цвета варьируется индивидуально. В этой зоне объект замечается, но цвет его неразличим, ближе к центру поля зрения эта зона постепенно переходит в зону неотчетливого различения цвета, а затем в зону четкого опознания.

Сложное строениесетчатки обеспечивает предварительную обработку информации на уровне зрительного анализатора. Для дальнейшей обработки сигналы по зрительному нерву передаются в зрительный корковый центр.

Психофизиологическое восприятие освещенности *Е* зрительным анализатором человека подчиняется закону Вебера–Фехнера:

*L =* lg(*Е / Е*0), (1.4)

где *L* – световые ощущения человека; *Е*, *Е*0 – освещенность объекта и порог восприятия освещенности зрительным анализатором человека соответственно.

Частотные границы цветовой чувствительности составляют 390–800 нм. Соотношение субъективной оценки цвета с длиной волны составляют для фиолетового цвета 390–420 нм; синего – 450–480 нм; голубого – 480–510 нм; зеленого – 510–550 нм; желтого – 575–585 нм; оранжевого – 585–620 нм; красного – 620–800 нм.

Спектральная чувствительность глаза к частотному спектру сигнала неодинакова. Набольшая чувствительность зрения – в дневное время суток к излучению с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра. В ночное время суток эта характеристика смещается в область фиолетового спектра. Чувствительность зрительного анализатора к спектральному составу света может быть описана параболическим законом

*Lf = k f* 2 *,* (1.5)

где *k –* коэффициент пропорциональности; *f*-частотная характеристика света, Гц (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Чувствительность зрительного анализатора человека к спектру света:  *I* – дневная, *II* – ночная

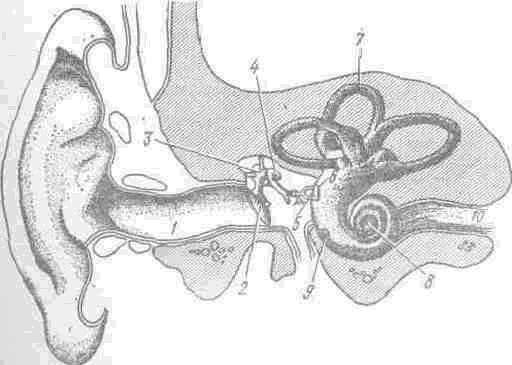
В дневное время суток максимальная чувствительность зрительного анализатора лежит в зеленом спектре частот (*I*), а в ночное время смещается в ультрафиолетовую область (*II*).

*Слуховой анализатор* является одним из важнейших информационных каналов человека. Если зрительный анализатор имеет направленное действие, требуется направленность и сосредоточенность на объект исследования, то слуховой анализатор не требует подобного сосредоточения на объекте. Одновременно по этому же каналу действуют шумы, которые являются источниками помех для прохождения информации человеку. Носителем слуховых ощущений является звуковая энергия.

Строение слухового анализатора человека изображено на рис. 1.6 [13]. Колебания внешней среды (воздуха) через слуховой проход *1*, воздействует на барабанную перепонку *2,* которая через молоточек *3,* наковальню *4* и стремечко 5 передает колебания внутреннему уху. За овальным окном *6* колебания распространяются в жидкости, заполняющей улитку *8,* вызывают колебания основной мембраны, разделяющей улитку на две части, и в органе Корта преобразуются в электрические сигналы, передаваемые по слуховому нерву в мозг.

Человек воспринимает звук с помощью чувствительного психофизиологического отражения. Звуковое поле воспринимается человеком как двухмерное пространство в координатах интенсивности звука *I* и частоты *f*, которое переводится в его субъективные ощущения – уровень звукового давления.

Рис. 1.6. Строение слухового анализатора человека



Субъективное восприятие интенсивности звука человеком называется уровнем звукового давления или уровнем громкости *L* (в децибелах, дБ) и подчиняется психофизиологическому закону Вебера–Фехнера:

*L =* 10 lg(*I / I*0) , (1.6)

где *I* и *I*0 (10-12 Вт/м2) – текущая интенсивность звука и порог слышимости звука человеком соответственно.

Болевой порог составляет *I*бп = 10 Вт/м2. Подставив значения порога слышимости и болевого порога в уравнение (1.6), получим уровень громкости болевого порога

*Lбп* =10 lg 1013 = 130 дБ. (1.7)

Таким образом, информационный диапазон восприятия интенсивности звука человеком составляет 0–130 дБ (от 10-12 до 10 Вт/м2). Частотный диапазон, воспринимаемый слуховым анализатором человека, лежит в пределах 20–20 000 Гц.

Субъективное восприятие частоты звука *Lf*человеком при постоянном значении интенсивности звука также подчиняется психофизиологическому закону Вебера–Фехнера:

*Lf =* log*2* (*f* в*/ f* н) (октава), (1.8)

где *f*в и *f*н  – верхняя и нижняя граничные частоты интервала соответственно, Гц.

Верхняя граничная частота *f*в  октавы определяется путем удвоения нижней граничной частоты:

*f* в *= 2 f*н .(1.9)

Каждую октаву принято обозначать среднегеометрической частотой, которая находится по формуле

*****.***  (1.10)

Условно весь звуковой спектр частот разбит на 9 октавных полос со следующими среднегеометрическими частотами:

*Номер октавы I II III IV V VI VII VIII IX*

*f*ср *,* Гц  *31,5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000*

Нижняя граничная частота *I* октавы может быть найдена из (1.10) и составляет

*f*н *I = f*ср *I* ***/*** 22,3 Гц (где  *f*ср *I*  ***=*** 31,5 Гц).



Верхняя граничная частота *IX* октавы также находится из (1.10) и составляет 11 200Гц.

Таким образом, условно (для технических целей) считается, что слышимый человекомзвуковой частотный диапазон составляет порядка 22,3–11 200 Гц. Звуки, которые лежат в диапазоне ниже 22,3 Гц, называются*инфразвуками*, а звуки с частотой спектра более 11 200 Гц – *ультразвуками*.

*Слуховой анализатор* человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты и интенсивности. Наибольшей чувствительностью слуховой анализатор обладает на частотах в диапазоне 500–5 000 Гц, и она резко падает на низких и высоких частотах. Экспериментально удается подобрать звуки разных частот и интенсивностей, оцениваемые субъективно как равные по громкости, т.е. построить *кривые равной громкости* (рис. 1.7) [12], которые можно аппроксимировать законом

*L*крг *= k f*2 , (1.11)

где *k* – коэффициент пропорциональности.

Различие между уровнем громкости и уровнем интенсивности звука тем больше, чем меньше его частота (начиная с 500 Гц) и слабее звук. По мере повышения интенсивности звука кривые равной громкости выравниваются, приближаясь к горизонтальным линиям. Поэтому при уровнях громкости 80 дБ и выше громкость звука определяется главным образом его интенсивностью и мало зависит от частотной характеристики.

Дифференциальная чувствительность к изменению громкости зависит от интенсивности и частоты звуков

### *K =* Δ*L / L,* (1.12.)

### где *K* –константа Вебера. При уровнях громкости 40–100 дБ и частотах 500–3000 Гц *K =* 0,04…0,05.

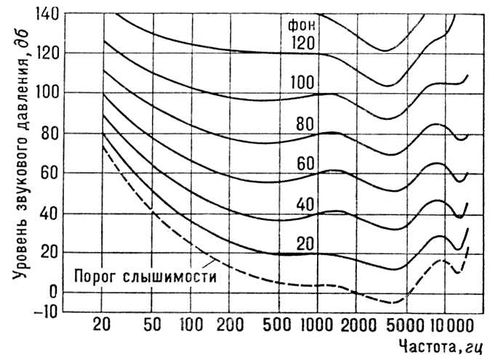


Рис. 1.7. Кривые равной громкости – зависимость уровня звукового давления (в дБ) от частоты при заданной громкости (в *фонах*)

Наибольшая дифференциальная чувствительность наблюдается в диапазоне частот 500–5000 Гц. В частности, при *f* = 1000 Гц в диапазоне от порога слышимости до болевого ощущения воспринимается 270–300 градаций громкости. Восприятие высоты звуковых сигналов в основном обусловлено их частотными характеристиками. Однако ощущение в некоторой степени зависит также от силы звукового раздражителя и состава звука. С увеличением уровня громкости ощущение высоты тона низких частот несколько понижается, высоких – возрастает. В среднем диапазоне частот (1000–2000 Гц) ощущение высоты практически не зависит от громкости.

*Дифференциальная чувствительность к изменению высоты тона*определяется константой Вебера *k* = Δ*f / f.* В диапазоне частот 500–5000 Гц при средних уровнях интенсивности величина *k* = 0,002…003. Дифференциальная чувствительность возрастает с ростом интенсивности звука.

*Временной порог* *t* обнаружения звуковых сигналов связан с абсолютным порогом слышимости. В диапазоне (5–20) < *t* < (100–200) мс действует закономерность

(*I* – *I*0) *t =* const, (1.13)

где *I*0 – подпороговая интенсивность, максимально близкая к порогу, но не вызывающая слухового ощущения ни при каких условиях.

При *t* < 10 мс порог слышимости круто повышается в сторону малых длительностей. В средней области частот порог слышимости при *t* = 0,5 мс на 20–22 дБ выше порога при  *t =* 220 мс. Аналогично при переходе от *t* 1 = 1 мс к t 2 = 1 с порог слышимости снижается на 22–24 дБ. Временной порог различения интервалов между звуками составляет 0,5–2 мс. Пороговое время опознания прерывистых тональных звуковых сигналов (интервал дискретности) составляет *t* кр = 80–150 мс. При *t* < *t* кр информация о сигнале обрабатывается слуховым анализатором не полностью:

при *t =* 20–40 мс два следующих один за другим коротких тональных сигнала воспринимаются как один неоднородный сигнал;

при *t =* 40–80 мс те же сигналы воспринимаются как два, в какой-то мере влияющие друг на друга, но в то же время имеющие неразличимые индивидуальные характеристики.

Минимальное время восприятия высоты тонов в средней области частот при *L* = 80 дБ соответствует 10–12 периодам; грубое восприятие возможно при 6–8 периодах. При снижении интенсивности до 40 дБ временной порог опознавания высоты увели­чивается в 1,5–2,5 раза (для 1000 Гц – с 10 до 22 мс, для 125 Гц – с 24 до 40 мс). Для точного опознания высоты тона необходимо обеспечить не менее 90–110 мс.

Пространственная локализация источника звука возможна благодаря восприятию звуков одновременно двумя ушами (бинауральный слух). *Бинауральный слух* от моноурального отличается более высокой абсолютной чувствительностью, помехоустойчивостью, разрешающей способностью при дифференцировании изменений высоты и громкости тональных сигналов и большей возможностью различения пространственного расположения источника звука.

Пространственная локализация источников звука осуществляется за счет:

а) разницы во времени прихода сигналов на правое и левое ухо. Разность в 30–40 мс создает впечатление смещения источника на 2–3° в сторону уха, в которое сигнал приходит раньше;

б) сдвига фазы сигналов, поступающих на разные уши. Бинауральная фазовая чувствительность наиболее выражена для диапазона *f* = 200–250 Гц, в сторону более высоких и более низких частот она ухудшается, при 2000–3000 Гц практически отсутствует. Разность фаз 180° соответствует смещению источника звука на 90°;

в) разницы интенсивности сигналов, приходящих к правому и левому уху.

В определении направления на источник звука при *f* = 1000 Гц преобладающую роль играет запаздывание и фазовый сдвиг сигнала, при *f* > 4000 Гц – разница в громкости, при 1000 < *f* < 4000 Гц работают оба механизма.

К основным характеристикам речевых звуков относятся диапазон частот *f =* 100–8000 Гц и интенсивность звука *I* = 0–65 дБ.

Влияние шума на разборчивость зависит от соотношения уровней шума и речи. Для удовлетворительного восприятия речи ее уровень должен превышать шум примерно на 6 дБ.

Оптимальным считается темп речи 60–80 слов в 1 мин. с интервалом между словами 1 с, а допустимым – до 120 слов в 1 мин.

*Кожный анализатор* обеспечивает восприятие прикосновения (слабого давления), боли, тепла, холода и вибрации. Для каждого из этих ощущений (кроме вибрации) в коже имеются специфические рецепторы, либо их роль выполняют свободные нервные окончания [13]. Каждый участок кожи обладает наибольшей чувствительностью к тем раздражителям, для которых на этом участке имеется наибольшая концентрация соответствующих рецепторов, поэтому можно выделить на коже точки и участки с избирательной чувствительностью к прикосновению, боли, теплу, холоду. При ритмичных последовательных прикосновениях к коже каждое из них воспринимается как раздельное, пока не будет достигнута *критическая частота* *f*кp, при которой ощущение последовательных прикосновений переходит в специфическое ощущение *вибрации.* В зависимости от условий и места раздражения *fкp* = 5–20 Гц.

При *f* = *fкp* тактильная чувствительность переходит в вибрационную.

*Вибрационная чувствительность,* обусловлена теми же рецепторами, что и тактильная, поэтому топография распределения вибрационной чувствительности по поверхности тела аналогична тактильной.

Кинетическая энергия вибрации воспринимается органами чувств человека по закону Вебера–Фехнера:

*L =* 10 lg *,* (1.14)



где *W* = – текущее значение кинетической энергии вибрации; *W*0 = – порог восприятия кинетической энергии человеком; *m* – масса человека; *V* – текущее значение виброскорости; *V*0 = м/с – пороговое значение виброскорости, воспринимаемое человеком.



## Подставляя эти значения в формулу (1.14), получим

*L =* 10lg *=* 20 lg дБ*.* (1.15)



Частота вибрации человеком оценивается также по закону Вебера–Фехнера:

*Lf =* log *2* (октава), (1.16)



где *f*в  – верхняя граничная частота полосы частот; *f*н  – нижняя граничная частота полосы частот. Соотношение между верхней и нижней граничными частотами находится как *f*в *=* = 2 *f*н.

В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота *f*с.г = .



Одновременное изменение виброскорости и частоты оценивается человеком по известному закону параболы:

*L = k f* 2, (1.17)

где *k* – коэффициент пропорциональности.

*Кинестетический анализатор* обеспечивает ощущение положения и движений тела и его частей [50]. Имеется три вида рецепторов, воспринимающих положение и движение тела:

растяжение мышц при их расслаблении («мускульные веретена»);

сокращение мышц (сухожильные органы Гольджи);

положение суставов (обусловливающее так называемое «суставное чувство»).

Последние пока слабо изучены; предполагается, что их функции выполняют глубинные рецепторы давления, обусловливающие подкожную чувствительность, и суставное чувство сводится к подкожным ощущениям давления в определенных местах.

# 1.3.Психологические характеристики человека

Структурная модель психологии человека состоит из блока оперативной памяти, блока постоянной памяти и блока принятия решений.

*Память* человека включает процессы запоминания, сохранения, узнавания, понимания и воспроизведения информации.

В структуру памяти входят:

*Двигательная* (*моторная*) *память* – запоминание и воспроизведение движений и их систем, лежащие в основе выработки и формирования двигательных навыков и привычек.

*Эмоциональная память* – память человека на пережитые им в прошлом чувства.

*Образная память* – сохранение и воспроизведение образов ранее воспринимавшихся предметов и явлений.

*Эйдетическая память* – очень ярко выраженная образная память, связанная с наличием ярких, четких, живых, наглядных представлений.

*Словесно-логическая память* – запоминание и воспроизведение мыслей, текста, речи.

Память человека делится на непроизвольную и произвольную память. *Непроизвольная память* проявляется в тех случаях, когда не ставится специальная цель запомнить тот или иной материал, и он запоминается без применения спе­циальных приемов и волевых усилий. *Произвольная память* связана со специальной целью запоминания и применением соответствующих приемов, а также определенных волевых усилий.

По объему, функциональному назначению и длительности сохранения информации память делиться на оперативную (кратковременную) и постоянную (долговременную). *Оперативная память* характеризуется кратковременностью процессов, которые обслуживают непосредственно осуществляемые человеком актуальные действия. *Постоянная память* – вид памяти, для которой характерно длительное сохранение материала после многократного его повторения и воспроизведения.

К основным характеристикам памяти относятся объем запоминаемой информации, скорость запоминания, длительность сохранения (скорость забывания), полнота и точность воспроизведения. Объем сохраняемой в памяти информации зависит от модальности (вида анализатора) и способа предъявления.

Оперативная память позволяет сохранять текущую информацию на время, необходимое для решения тех или иных практических задач. Это время в реальных условиях изменяется от нескольких секунд до нескольких минут. Объем оперативной памяти определяется количеством запоминаемых стимулов и почти не зависит от их информационного содержания. Средний объем памяти составляет 5–9 стимулов. Оперативная память выполняет функцию буфера с ограниченной емкостью, способного поглощать и удерживать входную информацию. Вновь поступающий в буфер сигнал вытесняет оттуда один из поступивших ранее, если он не перешел к тому времени в долговременную память. Поэтому сигналы, поступившие в буфер первыми и последними, закрепляются в нем прочнее по сравнению с сигналами средней части предъявленной последовательности.

Скорость запоминания и воспроизведения оперативной информации является важнейшей характеристикой, определяющей пропускную способность системы. Если объем поступающей информации не превышает объем оперативной памяти, то скорость приема информации составляет несколько бит/с. В некоторых особых случаях при использовании информационно емких кодов скорость запоминания может достигать 50–70 бит/с. Однако, если объем поступающей информации даже ненамного превышает емкость оперативной памяти, скорость запоминания резко снижается до десятых долей бит/с и даже менее.

На функционирование оперативной памяти влияет ряд факторов:

система кодирования информации (для оперативного запоминания предпочтительно кодирование объектов цифрами и буквами);

структурная организация информации (группировка символов, выделение основных сообщений и т. п.);

последовательность представления информации (одновременное предъявление сведений предпочтительней по сравнению с последовательным);

систематизация информации в процессе запоминания.

Наряду с объемом и длительностью хранения информации важной характеристикой оперативной памяти является быстрота забывания материала, не нужного для дальнейшей работы. Своевременное забывание исключает ошибки, связанные с использованием устаревшей информации, и освобождает место для хранения новых данных. Время запоминания кратковременной памяти – несколько секунд.

Долговременная память обеспечивает хранение информации в течение длительного времени. Объем долговременной памяти ограничен не числом стимулов, а количеством сохраняемой информации, и составляет около 1020 бит. Скорость обработки информации долговременной памятью составляет порядка 0,1 V 10 бит/с.



Если оперативная память связана прежде всего с первичной ориентировкой человека в окружающей среде, то она направлена главным образом на фиксацию общего числа вновь появляющихся сигналов независимо от их информационного содержания. Задачей же долговременной памяти является организация поведения человека в будущем.

В процессе перевода данных из оперативной в долговременную память происходит преобразование сообщения, направленное на выделение смыслового содержания, отсев ненужной информации, мешающей запоминанию. В то же время избыточная информация, не создавая дополнительной нагрузки на память, облегчает запоминание, что эквивалентно увеличению объема долговременной памяти. Процесс перевода информации из кратковременной в долговременную память может осуществляться непроизвольно, не требовать специальных усилий и даже неосознанно, но может быть и произвольным, требующим специальной активности и усилий.

Психологический процесс функционирования памяти состоит из следующих моментов:

*Запоминание*– процесс закрепления в сознании образов, впечатлений, понятий.

*Узнавание* – процесс в памяти, связанный с осознанием того, что данный объект воспринимался в прошлом.

*Забывание* – процесс, при котором происходит «выпадение» того или иного материала из памяти.

*Воспроизведение* – процесс извлечения информации из памяти.

*Ассоциация*– связь между отдельными представлениями, при которых одно представление вызывает другое.

*Представления* – образы предметов или процессов реальной действительности, в данный момент не воспринимаемых человеком.

*Принятие решений* является важнейшим компонентом операторской деятельности. Любое решение является результатом приема и переработки информации, однако, в зависимости от назначения системы и ее конечной задачи, психологические механизмы, обеспечивающие выработку решения, существенно различаются.

Процесс принятия решения включает выявление проблемы, мысленное выдвижение вариантов решения (гипотез), оценку вариантов, выбор того варианта решения, который обеспечивает достижение цели.

Блок принятия решения (БПР)выполняет функции мышления, анализа, синтеза, обобщения, воображения.

*Мышление* – процесс обобщенного и опосредствованного познания свойств и явлений окружающей действительности, а также связей и отношений, существующих между ними. Мышление делится на абстрактное и конкретное мышление. Абстрактное мышление опирается на общие и отвлеченные понятия. Конкретное мышление – умственная операция, в процессе которой человек придает предметный характер той или иной абстрактно-обобщенной мысли, понятию, правилу, закону.

*Анализ* – мысленное расчленение предметов и явлений на образующие их части, выделение в них отдельных частей, признаков, свойств.

*Синтез* – мысленное соединение отдельных элементов, частей и признаков в единое целое.

*Обобщение*– операция, состоящая в мысленном объединении предметов или явлений по общим и существенным признакам.

*Воображение* – процесс создания образов – представлений нового. Непроизвольное (пассивное) воображение возникает без всякого намерения со стороны человека. Произвольное (активное) воображение возникает в результате поставленной человеком цели, намерения.

На уровне БПР человека идет осмысление полученного сигнала, вырабатываются необходимые решения стратегического характера для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в будущем. На этом уровне осуществляется преобразование ощущений человека *L* в информацию *I*, т.е. осуществляется переход от материи к духу [11].

Связь материального и духовного в человеке открыл в своем законе американский ученый Хик, который показал, что время реакции *T*р человека на входную информацию *I* зависит не только от ее количества, но и ее качества – смысла:

*T*р *= Т*0 *+ кI* , (1.18)

где *Т*0 – постоянная времени анализатора человека, с; *I* – количество поступающей информации на вход анализатора, бит; *к* – семантический коэффициент, характеризующий важность (смысл) поступающей информации, с/бит.

Человек в информационном от плане – система неустойчивая. В работе [10] был проведен анализ информационной устойчивости человека.

*Т*

р

,

с

*I*,

бит

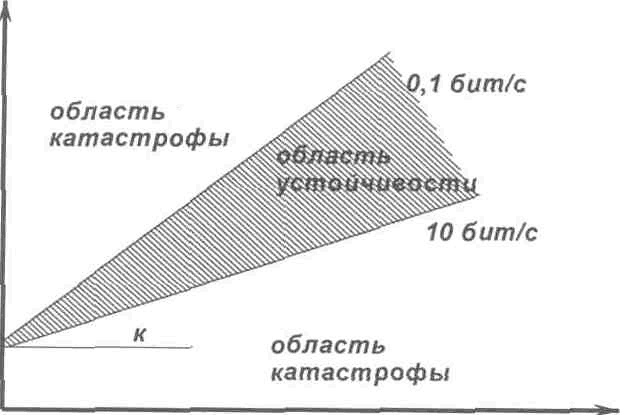


Рис. 1.8. Область информационной устойчивости по закону Хика

При рассмотрении закона (1.17) и рис. 1.8 можно обратить внимание на два сектора катастроф [3]. Для получения третьего сектора катастроф можно воспользоваться работой Н. Винера [48], где показано, что за меру скорости обработки информации принимается площадь под кривой *L = k f* 2 (первый сектор катастроф). Скорость обработки информации человеком можно найти по формуле

(1.19)

Подставив в *L = k f* 2, получим второй сектор катастроф в виде

*V = a f*3 *+ C*, (1.20)

где *а* – коэффициент пропорциональности; *С* – постоянная интегрирования.

Решая совместно уравнения (1.19) и (1.20), получим третий сектор катастроф (бифуркационное множество):

*m V*3 *+ n L*2 *=* 0,(1.21)

где *m* и *n* – коэффициенты пропорциональности.

Объединив эти три сектора, получаем уравнение катастрофы–«сборки», характеризующее процесс обработки информации человеком:

 (1.22)

Это уравнение подтверждает основополагающий закон природы – то, что наверху, то и внизу, и указывает на катастрофическую неустойчивость информационных процессов человека.

**1.4. Информационные характеристики человека-оператора**

Основными характеристиками человека-оператора являются *быстродействие*, *точность*, *надежность*. Оценкой быстродействия оператора является время решения задачи, т.е. время от момента появления сигнала до момента окончания управляющих воздействий.

Вместе с показателями быстродействия технических элементов системы «человек-машина» этот показатель определяет быстродействие всей системы. Оценкой его является время прохождения информации по «человеко-машинному» замкнутому кругу: , где  – время обработки информации (решение задачи управления) оператором; *n* – число звеньев машины;  – время задержки информации в *i*-м звене машины.

При заданном времени цикла регулирования *Т*ц (исходя из общих технических требований к системе) и известных значениях  требуемое быстродействие оператора должно удовлетворять условию

,

где – лимит времени, отводимый оператору для решения задачи.

Для проверки выполнения условия нужно знать время , которое определяется либо экспериментально для реальных систем, либо расчетом – для проектируемых систем с помощью методов прогнозирования времени решения задач оператором. Из последних относительно простым является информационный метод, применяемый на ранних этапах проектирования. В основу информационного метода положена линейная зависимость между временем решения задачи оператором и количеством перерабатываемой информации:

, (1.23)

где *a* = 0,2/0,6 с – скрытое время реакции, с; *b* – время переработки одной двоичной информации; *H* – количество информации, перерабатываемой оператором;  *Vоп* = 2/4 дв.ед. /с – скорость переработки информации оператором. При работе оператора по заранее отработанному алгоритму его деятельность может быть представлена как совокупность последовательно осуществляемых реакций. Время простой реакции  определяется временем восприятия сигнала  и временем осуществления моторного акта , связанного с движением руки к органу управления:

 .

Время сложной реакции отличается от времени простой реакции, на время, затрачиваемое на выбор нужного сигнала и на принятие решения на осуществление управляющего воздействия:

, (1.24)

где – время принятия решения;  – время поиска и обнаружения нужного органа управления. Каждое из слагаемых, входящих в соотношение (1.23), рассчитывают с помощью выражения (1.24). Точность работы оператора – это степень отклонения значения параметра, измеряемого оператором, от истинного, заданного значения. Количественно этот параметр оценивается погрешностью, с которой оператор измеряет данный параметр:

*y* = *I* п – *I* ф ,

где *I* п – истинное значение параметра; *I* ф – измеряемое, фактическое значение параметра.

Различают систематическую и случайную погрешности. Случайная погрешность оценивается среднеквадратической погрешностью, систематическая погрешность – значением математического ожидания отдельных погрешностей. Точность работы оператора зависит от многих факторов: характеристик сигнала, степени сложности задач, условий и темпа работы, индивидуальных особенностей, квалификации и др. Надежность человека-оператора характеризует его способность выполнять в полном объеме возложенные на него функции при определенных условиях; она сама характеризуется безошибочностью, готовностью, восстанавливаемостью и своевременностью. Основным показателем безошибочности является вероятность безошибочной работы на уровне отдельной операции и на уровне полного алгоритма в целом.

Коэффициент готовности характеризует вероятность включения человека-оператора в работу в любой произвольный момент времени:

*k*оп = 1 – (*T*0 / *T*) ,

где *Т*0 – время, в течение которого человек не может принять поступившую к нему информацию; *Т* – общее время работы человека-оператора.

Показатель восстанавливаемости определяется как вероятность исправления оператором допущенной ошибки:

*P*исп = *P*к *P*обн *P*и ,

где *P*к – вероятность выдачи сигнала схемой контроля; *P*обн – вероятность обнаружения сигнала оператором; *P*и – вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении алгоритма.

Показатель своевременности характеризует вероятность выполнения задачи в течение времени , где  – лимит времени, превышение которого рассматривается как ошибка. Эта вероятность

,

где  – функция распределения времени решения задачи человеком-оператором.

Показатели надежности системы «человек-машина» определяются через показатели надежности ее звеньев при определенных условиях. Для систем непрерывного типа показателем надежности является вероятность безотказного и безошибочного протекания производственного процесса в течение времени. Такое возможно, если технические средства работают исправно; при их отказе оператор безошибочно и своевременно выполнил требуемые действия или, допустив ошибки в своих действиях, своевременно их исправил. Показатель надежности системы «человек-машина» рассчитывается по формуле:

*P*ч.м (*t*) = *P*т (*t*) + [1 – *P*т (*t*)] *K* оп [*P*оп *P*св + (1 – *P*оп) *P*исп (*T*л)] ,

где *P*т (*t*) – вероятность безотказной работы технических средств.

Надежность человека-оператора – психологическая характеристика человека, обеспечивающая работоспособность регулируемой им системы «человек-машина» в диапазоне различных условий ее существования.

**2. Приближенные методы исследования нестационарных ЧМС**

Определение реакции нестационарной линейной системы (НЛС) на произвольный детерминированный сигнал является сложной математической и инженерной задачей, решение которой в общем виде до настоящего времени не получено. Эта задача решена не в полной мере даже для стационарных линейных систем (СЛС), описываемых дифференциальными уравнениями высокого порядка, из-за трудностей достижения необходимой точности решения.

Для исследования СЛС широко применяются операционные методы, спектральный метод интеграла Фурье и интеграл Дюамеля. Перечисленные методы не являются универсальными, особенно для систем высокого порядка, но могут служить основой построения численных решений. Наиболее распространенным методом построения переходного процесса СЛС является приближенный метод трапецеидальных вещественных частотных характеристик. Этот метод по заданной вещественной частотной характеристике замкнутой системы позволяет приближенно построить кривую переходного процесса при входном сигнале в виде скачка и импульса. При исследовании линейных систем, которые описываются дифференциальными уравнениями высокого порядка, целесообразно применять компьютеры.

Если известно дифференциальное уравнение замкнутой нестационарной системы вида



где  – выходной сигнал;  – входной сигнал;  – коэффициенты, зависящие от времени, то можно получить изображение выходного сигнала эквивалентной системы. Для определения переходного процесса на выходе системы, в зависимости от сложности полученного изображения выходного сигнала, необходимо применить один из методов перехода от изображения к оригиналу.

Если известны дифференциальные уравнения отдельных элементов нестационарной системы и уравнения связи, то, используя основные соотношения метода эквивалентной сиcтемы [24, 25, 26], можно получить обобщенные частотные характеристики разомкнутой и замкнутой эквивалентной системы. С помощью специальных номограмм определяется вещественная частотная характеристика  замкнутой эквивалентной системы. По известной вещественной частотной характеристике с помощью метода трапецеидальных частотных характеристик определяется переходный процесс на выходе системы.

Определение качественных показателей систем автоматического управления выполняется по реакции системы на типовые входные сигналы. В качестве входных рассматриваются следующие типы сигналов:

дельта-функция,

единичный скачок по положению,

единичный скачок по скорости и т.д.

Так как изображение выходного сигнала эквивалентной системы  зависит от вида входного сигнала, то в зависимости от полюсов изображения , можно получить общее выражение  для перечисленных типовых входных сигналов. Определим изображение реакции НЛС при действии на входе единичного скачка по положению.

Если изображения переменных коэффициентов  имеют простые полюса, или

, (2.2)



то, выполняя необходимые преобразования и с учетом того, что

, (2.3)

получим

. (2.4)

Заменяя в этом выражении аргумент *P* на , получим

. (2.5)

Подставляя выражения и в выражение (2.5), окончательно имеем

. (2.6)

Уравнение (2.6) позволяет определить изображение приближенного решения  при изменении переменных коэффициентов.

Поступая аналогичным образом, можно определить изображение приближенного решения  и для других законов изменения переменных коэффициентов.

Рассмотрим случай, когда изображение переменного коэффициента имеет пару сопряженных полюсов на мнимой оси, а изображения  имеют простые полюса. Подставляя значения переменных коэффициентов  в уравнение (2.6), получим

 (2.7)

Если изображения переменных коэффициентов имеют кратные полюса, то изображение выходного сигнала приводится к виду

. (2.8)



Уравнения (2.1–2.8) определяют в общем виде изображения выходного сигнала НЛС для различных законов изменения переменных коэффициентов при .

При исследовании свойств эквивалентной системы важно знать, в какой области частот или в какой части переходного процесса эквивалентная система соответствует в полной мере исходной НЛС. На эти вопросы можно ответить после анализа асимптотических свойств функции *q* (*P*), а, следовательно, и ошибки .

Если изображение переменных коэффициентов  имеют простые полюса, а , то функция *q* (*P*) имеет вид:

 (2.9)

Определим  и :

 (2.10)

Следовательно, ошибка

 при . (2.11)

Из уравнений следует, что в области малых и больших частот, или в начальной и конечной частях переходного процесса, эквивалентная система совпадает с НЛС. Можно показать, что если изображение переменных коэффициентов имеет один полюс в начале координат или пару сопряженных полюсов на мнимой оси, или кратные полюса, то ошибка определения выходного сигнала эквивалентной системы в начальной и конечной частях процесса равна нулю. Во всех перечисленных случаях выполняется очевидное равенство

. (2.12)

Приближенная модель человека-оператора может быть представлена в виде последовательного соединения двух передаточных функций *1* и *2*. Передаточная функция *1* описывает переменный коэффициент усиления нестационарной системы с отрицательной обратной связью.

Рассмотрим порядок определения переходного процесса нестационарной системы. Задана система, структурная схема которой, показана на рис. 2.1. Требуется определить обобщенные передаточные функции и частотные характеристики эквивалентной системы, а также по вещественной частотной характеристике замкнутой системы с помощью метода трапеций построить переходный процесс.

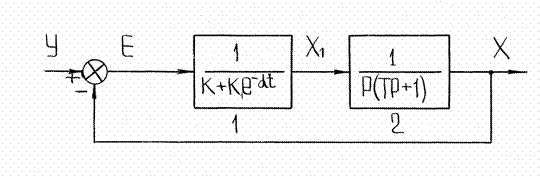


Рис. 2.1. Структурная схема нестационарной системы

Уравнения, описывающие работу системы, при *K* = 0,15, = 0,1, *T* = 1 с, = 0,5 имеют вид

. (2.13)

Изображения промежуточных сигналов для системы «нулевого» приближения описываются соответствующими зависимостями. Определим обобщенные передаточные функции в виде

 (2.14)



Определим обобщенные передаточные функции нестационарной системы в виде

 (2.15)

.

С помощью ЭВМ по известным обобщенным передаточным функциям  вычислены и построены (рис. 2.2) обобщенные частотные характеристики –

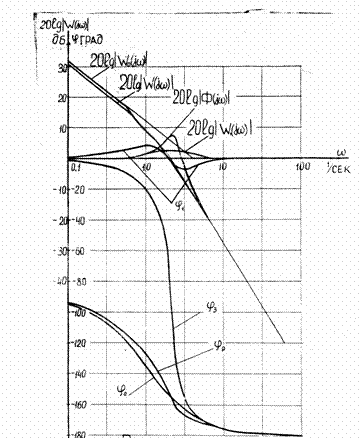


Рис. 2.2. Обобщенные частотные характеристики – логарифмические амплитудные и фазовые частотные

логарифмические амплитудные и фазовые частотные характеристики разомкнутой , замкнутой эквивалентной системы и системы «нулевого» приближения . Вещественная частотная характеристика  построена с помощью специальных номограмм. С помощью метода трапецеидальных характеристик построен переходный процесс *Х* (*t*) (рис. 2.3).

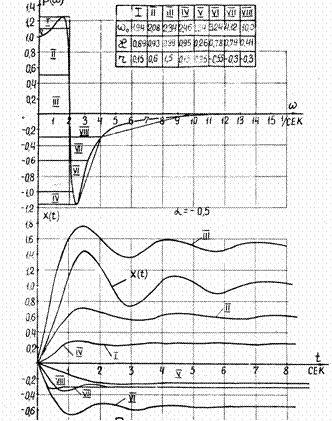


Рис.2.3. Переходный процесс нестационарной ЧМС

Реакция нестационарной системы при действии на входе линейно возрастающего сигнала позволяет оценить качество и точность отработки входного воздействия.

Если изображения переменных коэффициентов  имеют простые полюса, то, подставляя значения переменных коэффициентов в уравнение (2.6), при  получим

 . (2.16)

Если изображения переменных коэффициентов  имеют пару сопряженных полюсов на мнимой оси, то, подставляя значения переменных коэффициентов в уравнение (2.7), получим

 (2.17)

Если изображения переменных коэффициентов  имеют кратные полюса, то изображение выходного сигнала  приводится к виду

 (2.18)

Выполняя соответствующие преобразования и подстановки в уравнениях, определяющих изображения  и т.д., можно определить изображение выходного сигнала для любого вида детерминированных входных сигналов, которые могут быть преобразованы по Лапласу.

Для построения переходного процесса нестационарной системы по известной параметрической передаточной функции необходимо строить серию кривых переходных процессов для различных моментов времени с последующим построением суммарной кривой. Это приводит к значительному увеличению объема вычислительной работы при невысокой точности. Для повышения точности необходимо увеличивать число фиксированных моментов времени , что еще больше увеличивает объем вычислений.

Предлагаемый метод построения переходного процесса позволяет за один прием построить график реакции НЛС на детерминированный входной сигнал с использованием метода трапеций.

**3. Основные нестационарности в системе «человек-машина»**

Для проектирования ЧМС разработан метод анализа и синтеза допустимых законов управления для стационарных объектов. Стационарность свойств объекта желательна с точки зрения требований к функциональному поведению человека-оператора, включенного в контур управления эргатической системы.

В стационарных системах качество переходных процессов не изменяется со временем, характер реакции системы на входное управляющее воздействие также остается постоянным. Это дает возможность человеку-оператору сравнительно легко предвидеть результат своих воздействий на систему, выработать стабильные навыки управления и довести их до автоматизма.

В нестационарной системе человек должен непрерывно приспосабливаться к изменяющимся свойствам объекта управления и внешней среды, более внимательно наблюдать за характером изменения выходных координат системы в зависимости от прилагаемых управляющих воздействий. Напряженность работы человека-оператора в результате существенно возрастает, что может поставить под сомнение возможность выполнения задания. К таким системам относятся системы типа «человек–автомобиль», «человек–самолет», «человек–ПЭВМ» и другие технические системы, в которых параметры и характеристики оператора в процессе сеанса работы могут существенно изменяться и изменять показатели ЧМС в худшую сторону, вплоть до наступления аварийного режима.

**3.1. Исследование элементов, входящих в модель взаимодействия пользователей через сетевую среду**

В общем виде взаимодействующие через некоторую среду пользователи (*users*) представлены схемой на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Взаимодействие пользователей через среду

Пользователи обмениваются информацией, причем среда накладывает ограничения на способы передачи информации (порождая при этом потери информации) и создает задержки при передаче.

Можно выделить две основные группы комплексов в соответствии с последовательностью их применения (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Выделение аппаратно-программных комплексов

В аппаратно-программных комплексах все звенья в их составе можно разделить на две группы: звенья, создающие задержки, но не искажающие информацию; конвертеры, или фильтры информации.

На рис. 3.2 конвертеры представлены звеньями АПК (аппаратно-программный комплекс), «среду» составляют только звенья типа «задержка».

Благодаря современным алгоритмам обнаружения и исправления ошибок в каналах связи можно свести к «задержкам» все модули, составляющие вычислительную сеть, в том числе серверы со сложным программным обеспечением, разнородные каналы связи, соединенные мостами, и т.п. Функциональные запаздывания, создаваемые подобными устройствами, могут изменяться по сложным законам (в частности, относительно передаваемого объема информации), содержать вероятностные элементы или вообще не описываться четко, но они не вносят изменения в передаваемую информацию, что позволяет представлять ее в виде простого потока данных (бит, байт и т.п.).

Для исследования работы этих элементов в основном применяют имитационное моделирование. При моделировании этих элементов решаются следующие задачи:

оценка средней, минимальной и максимальной задержек при пересылке определенного информационного пакета, а также средней, минимальной и максимальной пропускной способности передающей среды;

оценка пригодности существующей вычислительной сети для некоторых задач, формализованных требованиями к передаче информации;

синтез модели вычислительной среды под некую задачу, формализованную требованиями к передаче информации

и т.п.

Конвертеры и фильтры информации составляют некоторый «информационный шлюз» между человеком и аппаратурой.

Возможны два варианта взаимодействия:

1. Человек управляет посредством среды некоторой аппаратурой.
2. Человек взаимодействует с другим человеком.

Для ввода информации в систему существуют некоторые устройства ввода.

Информация, составляющая управляющее взаимодействие для аппаратуры, четко формализуема (например, уровень напряжения, грамматика языка низкого или высокого уровня и т.п.), при этом:

1. Можно четко описать прохождение управляющего воздействия (без потери информации) от устройств ввода до контролируемой аппаратуры.
2. Нет потерь информации на контролируемой аппаратуре (что пришло по каналу связи, то и было полностью использовано).
3. Оценки и учет задержек становятся наиболее важной и сложной частью в исследуемой цепи.

При взаимодействии человека с человеком каналы связи действуют в качестве ограничителя слабо формализуемой информации, которой оперирует мозг человека. При этом:

1. Информация подразделяется на некоторые типы (более или менее соответствующие органам чувств человека или привычным для него способам обмена информацией).
2. Часть информации обязательно теряется при попадании в канал связи (из-за ограниченных возможностей «типов» и за счет качества кодирования в информационный поток самого «типа»), и на выходе из канала связи (при интерпретации).
3. Оценки задержек становятся относительно неважными и простыми по отношению к оценкам потери информации при конвертировании/фильтровании.

В настоящее время информация, передаваемая между людьми по каналам связи, может принадлежать одному из следующих типов:

1. «Текст» – тип информации, максимально приближенной к тому, чем оперирует мозг при работе человека. Преимущества этого типа:

информация воспринимается практически без потерь (минимальные искажения смысла);

можно передать большую часть того, чем обмениваются люди при непосредственном взаимодействии (обычно это разговор);

требования по пропускной способности к каналу связи при передаче текста невелики.

Недостатки:

практически невозможно учесть факторы, сознательно и подсознательно воспринимаемые человеком при непосредственной беседе, такие, например, как интонация собеседника, его мимика, жестикуляция, прочие факторы, воспринимаемые органами чувств;

текст может быть понят только человеком, достаточно хорошо знающим язык, на котором он написан.

2.«Звук» – тип информации, весьма приближенный к тому, чем оперирует мозг, но может содержать дополнительно то, что не учитывается при составлении текста.

Преимущества:

можно передать звуковые образы, не отображенные в языке (музыку, интонации, сторонние звуки);

так же, как и с помощью текста, можно передавать информацию, с которой оперирует мозг.

Недостатки:

всегда присутствует компромисс между качеством звука и объемом передаваемых данных. При недостаточно качественном звуке возникают дополнительные потери информации на принимающей стороне;

иные (как правило, более высокие) требования к знанию языка при передаче речи;

посторонние шумы могут помешать восприятию сути информации.

3. «Изображение» – помощью зрения человек получает в жизни более 90% информации, естественно, что зрение используется и при взаимодействии между людьми, в основном для передачи «дополнительной» информации. Во многих случаях описания объектов с помощью речи (на некотором языке) являются очень сложными и зачастую неполными (невозможно перечислить абсолютно все свойства объекта). Человек может воспринять зрением за доли секунды то, на что уйдет 10 минут описания, во время которого он половину забудет, и т.п.

Преимущество:

точное описание объектов, воспринимаемых глазами – наиболее приоритетным органом чувств человека.

Недостатки:

кодируется в очень большие объемы информации, требует большой производительности канала связи (особенно при необходимости передачи изображения высокого качества, обновляемого с необходимой частотой);

дополнительная видеоинформация может оказаться мешающей восприятию сути.

Существуют также попытки передавать информацию, воспринимаемую другими органами чувств человека (например, температуру, давление и т.п.). Как пример можно привести джойстики или рули с сопротивлением, использующиеся в некоторых компьютерных играх, но, во-первых, обычно эта информация относительно неважна, а затраты на ее передачу и предоставление весьма высоки; во-вторых, эти устройства пока не получили широкого распространения.

В настоящее время устройствами ввода и вывода данных рассмотренных типов являются:

«текст» на вводе, т.е. клавиатура, сенсорный экран с распознаванием почерка, микрофон с программным обеспечением, распознаванием речи, с выводом на экран монитора, принтеры, динамики (синтез речи);

«звук» на вводе – микрофон;

«звук» на выводе – динамики;

«изображение» на вводе, т.е. сканеры, видеокамеры, устройства для рисования (мышь, сенсорный экран и т.п.);

«изображение» на выводе, т.е. экран монитора и принтеры.

**3.2. Исследование систем передачи информации при диалоге пользователей**

В системах передачи информации (аппаратно-программного комплекса) при диалоговом взаимодействии пользователей используются различные *типы* *взаимодействия*:

**1**. *Текст*:

*а.* режим «чат» с посимвольной передачей;

*б.* режим «чат» с пофразовой передачей (большинство чатов, ICQ, MS Messenger и т.п.);

*в.* почта.

**2**. *Звук*:

*а.* интерактивный разговор (full duplex);

*б.* запись звука со сжатием (например, в MP3) и последующая передача.

**3**. *Изображение*:

*а*. пересылка картинок;

*б*. пересылка видео;

*в*. интерактивное взаимодействие при помощи видеокамеры.

Рассмотрим показатели, которые могут быть исследованы для каждого из этих видов.

*1а.* *Текст при посимвольной передаче* – переписка пользователей, соединенных низкоскоростными каналами с большими потерями при передаче (например, модемами). При использовании программ типа *Telex* или *Hyper termina* отправитель может считать свою клавиатуру соединенной напрямую с дисплеем получателя. Возможности модема обычно превышают возможности человека при наборе текста на клавиатуре.

Требования к каналу по пропускной способности можно не предъявлять, так как символ обычно кодируется 1 байтом (минимальная единица), или предъявлять с учетом возможностей человека по набору символов на клавиатуре (ограничены примерно 300 символами в минуту). Задержки при передаче зависят от важности сообщения. Подобное взаимодействие также производится при удаленном управлении компьютерными программами типа *Telnet*, *Remote Admin* и прочими терминальными программами.

*1б.* Причинами появления протоколов типа *текст при пофразовой передаче* послужили современные вычислительные сети, производящие на протоколах транспортного уровня поблочный обмен и, кроме того, предоставляющие дополнительные удобства для пользователя, который может полностью сформулировать фразу (мысль) перед отправкой пакета в сеть. Примерами программ (и, соответственно, протоколов) являются ICQ, MS Messenger, различные HTTP-чаты, широко доступные в сети Интернет.

Размер обычной фразы обычно не превышает 100 символов, размер информационного пакета в стандарте *Ethernet* составляет около 1,5 Кбайт.

*1в.* *Почта*:почтовые программы предназначены для обмена не интерактивными сообщениями. Размеры таких сообщений обычно 1–10 Кбайт.

*2а*. *Звук при интерактивном взаимодействии*обеспечивается программами *PC Phone* и другими программами для *IP*-телефонии. Используемые частоты дискретизации – 22–44 КГц, стерео или моно, после сжатия обычно создается поток 7–8 Кбайт/с. Ощущаемые задержки при передаче – 250 мс (для сравнения – всего 5–10 мс при использовании локального телефона), 300 мс – международный стандарт (IETF). Задержки при передаче, создающие неудобство при разговоре, около 1 с (по стандартам неприемлемыми считаются задержки более 700 мс).

*2б*.Для *записи звука со сжатием и последующей передачи* широкое распространение получил обмен различными музыкальными файлами и трансляция радио в IP-сетях. При сжатии в MP3 стереозвука с частотой дискретизации в 44 КГц в среднем получается около 1 Мб в минуту (качество, признаваемое субъективно «хорошим»). При трансляции радио с применением алгоритмов сжатия с потерями достигается результат около 140 Кб в минуту, правда, получаемое качество достаточно лишь для того, чтобы распознать речь.

*3а.* При *пересылке картинок*в видестатических изображений обычно подразумевается обмен графическими файлами. Существуют различные форматы таких файлов, позволяющие сжать (с потерями, практически незаметными для человеческого глаза) «сырое» изображение размером в несколько десятков мегабайт до размера 100–200 Кб. Некоторые изображения (например, черно-белые рисунки) могут быть сжаты еще лучше.

*3б. Пересылка видео* на сегодняшний день предъявляет самые жесткие требования, так как даже с применением самых современных алгоритмов сжатия типа MPEG4 или XVid объемы получающихся на выходе файлов очень велики: 1 ч. сжатого таким образом видеофильма с «субъективно приемлемым» качеством занимает около 600 Мб. При просмотре такого видеофильма в интерактивном режиме необходим канал, обеспечивающий стабильную передачу около 200 Кбайт/с (стабильность означает отсутствие неожиданно больших задержек, влияние которых невозможно было бы скрыть буферизацией).

*3в. Интерактивное взаимодействие при помощи видеокамеры* накладывает следующие дополнительные ограничения по отношению к пересылке видео:

нельзя применять буферизацию, т.к. она не может обеспечить интерактивность;

канал должен быть еще более стабильным (здесь на оборудовании канальных провайдеров должны применяться специализированные устройства, дающие повышенный приоритет пакетам с видеоданными – аналогично телефонии);

использование сложных алгоритмов кодирования и декодирования «на лету» предъявляет очень жесткие требования к мощности (частоте процессора и объему памяти) компьютеров абонентов. Особенно это касается кодирования, поскольку уже упомянутый алгоритм сжатия MPEG4 или XVid имеет реализации, выполняющие декодирование данных «в реальном времени», при этом процесс кодирования может занимать в 5 раз больше времени, чем длительность самого видеофрагмента.

По причине всего вышеперечисленного использование интерактивного видео на сегодняшний день мало распространено, в основном встречается обмен данными плохого качества.

*Возможности используемых на сегодняшний день каналов* (доступных пользователям)–коммутируемый доступ через модем (до 7 Кбайт/с, нестабильная связь, большие задержки); он пригоден только для обмена текстовыми сообщениями и не интерактивными графическими изображениями. Кроме того, ADSL с доступом 1,5 Мбит/с (192 Кбайт/с) при исходящем трафике, 7 Мбит/с (896 Кбайт/с) – при входящем трафике. Это относительно стабильный канал, без больших задержек, пригодный для обмена данными любого типа, кроме интерактивного видео (исходящий трафик в виде «пересылки видео» также может быть недостаточен). Радиоканалы обеспечивают доступ с 11 Мбит/с (1,37 Мбайт/с); этот канал относительно нестабилен, могут возникать большие задержки, связанные с зашумленностью эфира, поэтому может оказаться непригоден для интерактивных взаимодействий при помощи звуковой и видео информации.

**3.3. Некоторые закономерности изменения параметров в системе «человек-машина»**

Одной из важных проблем при оценке деятельности человека-оператора является проблема утомления.

Разработка адекватных методов оценки динамики функциональных состояний человека в процессе трудовой деятельности относится к числу актуальнейших задач эргономики и инженерной психологии. На протяжении более полувека в этой области ведутся интенсивные исследования, предварительные итоги которых отражены в большом числе монографий и руководств [9, 20], в которых предлагаются некоторые решения проблемы оценки утомления.

В истории исследований проблемы оценки утомления отчетливо выделяются два основных методических подхода – физиологический и психологический. Второй подход может быть разделен на два независимых направления. Одно из них связано с субъективными оценками собственного состояния, а второе – с оценкой изменений показателей трудовой деятельности.

В качестве возможных индикаторов утомления рассматриваются различные параметры таких показателей функционирования нервной системы, как ЭЭГ, ЭКГ, КГР, ВП, методы плетизмографии (непрерывной графической регистрации изменений объема, отражающих динамику кровенаполнения сосудов исследуемых органов, частей тела), реографии (метод изучения кровенаполнения какого-либо участка тела путем графической регистрации колебаний его электрического сопротивления) и др. Кроме того, интенсивно развиваются исследования биохимических сдвигов в организме при различных функциональных состояниях [21].

Главное достоинство этих методов – объективность и возможность количественного выражения данных. Динамика физиологических показателей может отражать не только общие сдвиги активности организма, но и изменения нагрузки отдельных функциональных систем. По данным работы [22], анализ колебаний мозговой гемодинамики при выполнении достаточно сложной интеллектуальной деятельности позволяет выделить основные стадии уменьшения умственной работоспособности и определить степень участия различных мозговых структур в процессе решения задачи. При выполнении продолжительной работы происходит уменьшение синусовой аритмии, а также уменьшение вариабельности временных характеристик других показателей функционирования автономной нервной системы. Уменьшение десинхронизации альфа-ритма является другим коррелятом утомления. Распространенными физиологическими показателями нагрузки служат КГР, позволяющие осуществить посекундный анализ усилий, затрачиваемых на выполнение задания.

По данным работы [43], частота пульса растет по мере продолжения работы, а величина синусовой аритмии меняется только в зависимости от степени нагрузки, в данном случае от скорости предъявления информации. В работе [44] указывается, что такие показатели, как частота пульса и КГР, находятся в соответствии со значимостью задачи, объем пульса – с ее сложностью, а частота дыхательных движений и мышечное напряжение – с новизной.

Хотя под активацией традиционно понималось состояние симпатической активации, в ряде исследований были получены данные о существовании состояний, в которых одновременно присутствуют признаки симпатической и парасимпатической активации. В связи с этим можно выделить три и более различных состояний активации. Для выполнения любой задачи существует оптимальный уровень активации, отклонения от которого «вверх» или «вниз» приводят к снижению работоспособности. Для оценки утомления используются следующие психологические методы тестирования.

*Шкалирование субъективных оценок.* Перспективность оценок функционального состояния отмечалась еще российским физиологом А.А. Ухтомским: «...так называемые субъективные оценки столь же объективны, как и всякие другие, и дадут на практике критерии утомления и утомляемости более деликатные и точные, чем существующие лабораторные методы сами по себе» [1, с. 135]. Это объясняется многообразием проявлений симптоматики утомления во внутренней жизни индивида: от хорошо знакомого каждому комплекса ощущений усталости до специфических изменений «самоафферентации», затрагивающих мотивационную и познавательную сферы.

Среди этих методов наибольшее распространение получили методы прямого субъективного шкалирования и разнообразные опросники. Примером одного из типичных тестов является опросник, разработанный Гроллем и Хайдером (*Groll*, *Haider*, [2]). Он состоит из десяти семибалльных шкал, построенных по принципу противопоставления предикатов: сильный – слабый, веселый – грустный, бодрый – сонный, взволнованный – спокойный, счастливый – несчастный, энергичный – ленивый, свежий – усталый, расслабленный – напряженный, полный сил – истощенный, заинтересованный – скучный. Характеризуя собственное состояние, испытуемый оценивает степень выраженности определенных ощущений. Направление и величина сдвига оценок относительно нейтрального пункта «4» служат основанием для оценки функционального состояния в целом. По данным Гранжана [3], получаемые с помощью этого метода оценки хорошо коррелируют с результатами таких методов, как КЧМ (метод измерения критической частоты слияния мельканий) и теппинг-тест, считающихся достаточно надежными показателями утомления. В последнее время ведется разработка сложных и многоплановых тестов, основанных на использовании многомерного факторного анализа.

*Оценка успешности выполнения деятельности.* В эту группу показателей утомления, иногда называемых поведенческими или функциональными, входят оценки динамики количества, качества и скорости выполняемой работы, а также описание лежащих в их основе изменений соответствующих психологических функций. Разработка большинства из этих методов началась еще на заре экспериментальной психологии. К их числу относятся широко известная корректурная проба Бурдона, метод непрерывного счета однозначных чисел Э. Крепелина, метод элементарной шифровки Пьерона–Рузера и др. Перечисленные тесты до сих пор считаются достаточно эффективными и широко используются в работах по психологии труда [4], а также в клинической практике.

Необходимо одновременно учитывать не только правильность, но и скорость выполнения заданий. Одна из попыток получить интегральную характеристику работоспособности связана с применением теории информации. Однако измерения «пропускной способности» человека (бит/с) в разных задачах и у разных авторов оказались столь различными, что вопрос об их практическом использовании отпал сам собой. В работах Брондбента (*Broadbent*, [5]) для оценки изменений функционального состояния применялся аппарат теории обнаружения сигнала. Два параметра этой теории – чувствительность *а*' и критерий *t* (3) – представляют собой интегральные показатели, позволяющие анализировать многие ситуации операторской деятельности. Например, если наблюдатель в задаче обнаружения сигнала чаще пропускает сигнал в конце рабочего дня, чем в начале, то, естественно, возникает вопрос, обусловлено ли это снижением способности выявления сигнала (> *р*) или же усилением осторожности в ответах (*d f*)*.* В некоторых исследованиях используются и такие признаки утомления, как появление периодических срывов в работе, дезинтеграция сложных навыков и т. п.

Воздействие утомления может приводить в первую очередь к мобилизации ресурсов организма и изменению способов работы без изменения ее результатов. Поэтому для эффективного тестирования утомления необходимо использовать систему функциональных проб, определяющих состояние всех звеньев операционной структуры деятельности.

Решение задачи диагностики утомления может быть достигнуто только на пути применения комплексных тестов, объединяющих достоинства рассмотренных подходов. В настоящее время ведутся интенсивные исследования корреляционного типа, которые уже привели к созданию достаточно надежных систем диагностики утомления, применяющихся в гражданской авиации. Эти системы основаны на использовании данных субъективных отчетов, а также информации о выполнении теста КЧМ и различных вариантов теппинг-теста.

Широко известный тест КЧМ является физиологическим только по интерпретации, фактически речь идет о решении перцептивной задачи: необходимо отличить предъявления непрерывного сигнала (выше порога слияния мельканий) от предъявлений изменяющегосясигнала.

Модель процесса преобразования информации у человека-оператора показана на рис. 3.3. Она представляет собой последовательность функциональных блоков, соответствующих различным психологическим операциям, и полностью описывает путь информации от момента ее поступления до ответной реакции.

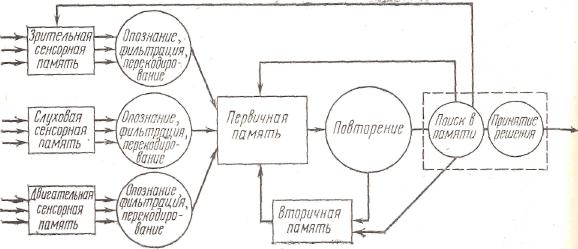


Рис 3.3. Модель процесса преобразований информации в кратковременной .памяти

Работа каждого блока модели определяется, прежде всего, стоящей перед субъектом задачей. Это проявляется в том, какие признаки объекта будут кодироваться, какой способ организации материала и способ воспроизведения будет выбран, каковы возможности сохранения информации и перевода ее в долговременную память. При выполнении задачи опознания испытуемый пользуется только зрительным («картинным») кодированием информации, тогда как в задаче называния происходит вербализация предъявленного материала. При изменении задач или условий ее реализации описанная система переработки информации может претерпевать существенные изменения. Так, задача опознания в корне меняет структуру функционального блока ответа,существенно изменяет процесс запоминания. Однако можно предположить, что выполнение задач одного класса (различные преобразования буквенно-цифровой информации) можно описать с помощью трансформаций рассмотренной нами модели и не прибегать к разработке новых гипотетических схем в каждом отдельном случае.

Исследование процесса преобразования информации ведется методами, позволяющими выделять и анализировать работу отдельных функциональных блоков или групп блоков. Использование адекватных методов тестирования отдельных операций в системе переработки информации в кратковременной памяти позволяет перейти к экспериментальному решению проблемы оценки функционального состояния оператора.

Можно предположить, что утомление избирательно влияет на работу отдельных функциональных блоков, снижая эффективность соответствующих перцептивных, мнестических и когнитивных операций. На разных стадиях утомления будут изменяться не только общий уровень действия в целом, но и степень участия и успешность выполнения той или иной операции. По мнению ряда авторов, подобный подход является одним из наиболее перспективных при исследовании воздействия различных неблагоприятных факторов окружающей среды на протекание тех или иных психических процессов. Однако нам не известны работы, в которых сколько-нибудь последовательно воплощен предложенный принцип анализа. В то же время существует достаточно широкий круг исследований, посвященных изучению воздействия различных неблагоприятных факторов (в первую очередь утомления) на кратковременное запоминание. Ниже мы перейдем к характеристике этого направления исследований. Способность человека к запоминанию существенно снижается под воздействием утомления.

Использование микроструктурного подхода к анализу познавательной деятельности позволяет подойти к экспериментальному решению проблемы диагностики утомления. Решение этой проблемы возможно на основе анализа в различных условиях работы всех блоков системы, осуществляющих переработку поступающей информации. Тестируя с помощью соответствующих методик работу отдельных функциональных блоков при разных функциональных состояниях, можно: а) дать количественную оценку стадии утомления в отношении работы каждого блока и всей системы в целом; б) описать динамику развития утомления как динамику изменения работы отдельных функциональных блоков; в) указать блок-операцию, или функциональную систему операций, за счет которых происходит снижение эффективности работы оператора. В настоящее время для тестирования отдельных функциональных блоков обычно используются следующие методики.

*Время реакции* (*ВР*)*.* На короткое время испытуемому предъявляется одиночная цифра. Необходимо какможно быстрее воспроизвести ее на пульте. Регистрируется правильность ответа и его латентное время. Использование этой методики продиктовано двумя причинами. Во-первых, она знакомит испытуемого с характером предъявляемого материала, способом воспроизведения ответа на пульте. Во-вторых, она дает возможность получить данные для более точного анализа результатов других методик. Латентное время ответа включает как необходимую составляющую время поиска цифры на пульте. Измерение этого параметра позволяет уточнить временные характеристики отдельных операций и выделить групповые и и*ндивидуальное различия в способах выполнения.*

*Поиск сигнала в шуме* (*ПСШ*)*.* Испытуемому предлагается отыскать заданную цифру в последовательности цифр, предъявляемых одна за другой в одном и том же месте поля зрения. Последовательность цифр предъявляется после цифры-инструкции с интервалом, отличающимся от величины интервалов между стимулами. С помощью кнопок «да» и «нет» испытуемый должен ответить, была ли цифра-инструкция в предъявленном ряду. Для успешного выполнения этой задачи испытуемому нет необходимости запоминать все элементы последовательности и повторять их. Достаточно иметь сенсорный образ каждого элемента для выделения признаков, необходимых для сравнения с заданным стимулом. С помощью методики ПСШ исключается влияние блоков первичной памяти, повторения и определяется скорость извлечения информации из сенсорной памяти.

*Опознание* (*ОП*)*.* Испытуемому предъявляется последовательность цифр, после чего дается послестимульная инструкция. Испытуемый, нажимая кнопки «да» или «нет», должен ответить, присутствовала ли в последовательности цифра, указанная в инструкции. Цифра для опознания выбирается с некоторой вероятностью из предъявленного ряда (условие «сигнал») или из отсутствующих цифр (условие «шум»). В том случае, когда цифра-инструкция присутствовала в последовательности, необходимо, чтобы частота ее появлений на разных позициях была одинаковой. Опознание может быть осуществлено только при условии перевода всей информации в первичную память.

Действие механизма воспроизведения сведено к минимуму (развернутое воспроизведение отсутствует). Совестное проведение экспериментов по методикам полного воспроизведения и опознания дает возможность определить характеристики работы блока первичной памяти и степень влияния механизма воспроизведения на хранение информации.

*Полное воспроизведение (ПВ*)*.* Испытуемому предъявляется последовательность цифр, после чего он должен воспроизвести на пульте весь ряд в свободном порядке или в порядке предъявления. Для успешного воспроизведения информация должна быть перекодирована и переведена в первичную память, откуда с помощью операции повторения она может быть извлечена. Таким образом, результаты воспроизведения обусловлены не только количеством сохраненной в первичной памяти информации, но и влиянием работы блока-ответа. Поэтому анализ работы блока первичной памяти и механизма воспроизведения возможен только при совместном проведении экспериментов по методикам опознания и полного воспроизведения.

*Полное воспроизведение с интерферирующей задачей* (*ПВИЗ*)*.* Испытуемому предъявляется ряд цифр для запоминания, а затем через изменяемый промежуток времени задержки дается слуховая или зрительная интерферирующая задача. С целью уменьшения влияния ретроактивного торможения интерферирующая задача выбирается очень простой: испытуемому предлагается ряд последовательных звуковых щелчков или неярких световых вспышек. Их количество в последовательности меняется, интервалы между ними одинаковые или один из них отличается от остальных. Испытуемый должен ответить, был ли между стимулами интерферирующей задачи интервал, отличный от других, и только потом воспроизвести предъявленный цифровой ряд.

С помощью этой методики определяется скорость работы блока повторения. Предъявление интерферирующей задачи позволяет либо полностью исключить повторение (при незначительном времени задержки), либо прерывать его на разных этапах. Воспроизведение в этом случае будет зависеть от того, какие элементы удалось повторить до начала интерферирующей стимуляции. Для анализа временных характеристик блока повторения необходимо сопоставить результаты этой методики с результатами задачи полного воспроизведения.

*Определение отсутствующей цифры* (*ООЦ*)*.* Перед началом предъявления стимульного ряда испытуемому с помощью цифры-инструкции указывается длина алфавита (т.е. величина отрезка натурального ряда, из которого будет выбрана последовательность). Затем испытуемому предъявляется ряд цифр, длина которого на единицу меньше длины алфавита; в нем в случайном порядке расположены все цифры соответствующего отрезка натурального ряда, кроме одной. Испытуемый должен определить отсутствующую цифру.

Задача ООЦ требует не только запоминания всего материала, но и выполнения ряда преобразований, таких как упорядочение, сканирование и т.д. С ее помощью тестируются операции, осуществляющие элементарные логические преобразования. По данным Вучетича [7], в определенных условиях эти операции могут осуществляться до блока первичной памяти. Однако в любом случае при выполнении задачи используется информация, хранящаяся во вторичной памяти.

Использование различных методик позволяет тестировать работу отдельных функциональных блоков системы переработки информации. Однако для характеристики изменений, происходящих по всей системе в определенный период времени, необходимо создание некоторой универсальной методики. Эта методика должна включать наиболее информативные тесты из числа предложенных тестов для одновременной характеристики всех звеньев модели кратковременной памяти. Такая объединенная методика позволила бы получить «срез» функционального состояния всей системы преобразования поступающей информации. Однако разработка и применение такого метода диагностики утомления предполагают проведение самых разнообразных предварительных исследований. В настоящей работе мы ограничимся только перечнем наиболее информативных задач и условий тестирования, которые можно будет использовать при дальнейшей разработке оптимальных методов.

В литературе приведены результаты тестирования по перечисленным выше методикам ВР, ПСШ, ОП, ПВ, ПВИЗ, ООЦ. На рис. 3.4 приведены результаты тестирования по методике ПСШ для различной длины последовательности ДП и величины межстимульного интервала (МСИ).

*Методика ПСШ.* Результаты говорят о снижении ППО к концу учебного дня. Характер изменения правильности ответов в течение длительной работы изменяется вследствие утомления на всех приведенных графиках на рис. 3.4, при этом существенно уменьшается скорость ответов в конце дня.

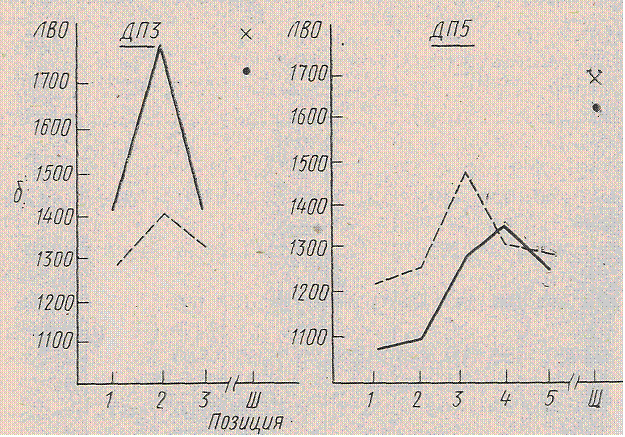
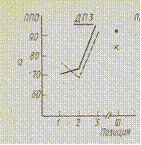
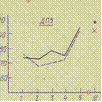


Рис. 3.4*.* Выполнение задачи ПСШ в начале учебного дня (•) и после окончания занятий (— — —, ×) в зависимости от величины ДП и позиции цифры в последовательности: *а* – изменение правильности ответов; *б* – изменение скорости ответов (данные усреднены по всем МСИ)

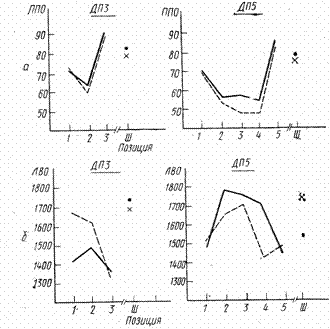


Рис. 3.5.Выполнение задачи ОП в начале учебного дня (·) и после окончания занятий (×) в зависимости от величины ДП и позиции цифры в последовательности: *а* – изменение правильности ответов; *б* – изменение скорости ответов (данные усреднены по всем МСИ)

*Методика ОП.* Полученные данные (рис. 3.5) свидетельствуют о существенном снижении ППО под влиянием утомления в условии «сигнал» (*р* = 0,05). Этот эффект сильнее выражен при предъявлении большей длины ряда. Снижение ППО также зависит и от величины МСИ. Этот эффект сильней выражен при предъявлении большой длины ряда.

*Методика ПВ.* Анализ полученных данных (рис. 3.6) показывает, что к концу дня происходит значимое снижение числа правильных ответов (*р* < 0,05). Эта тенденция отчетливо проявляется при ДПЗ (*р* < 0,01); при ДП5 фактор утомления действует с величиной МСИ и номером позиции: при малых МСИ и на первых позициях происходит снижение ППО, при больших МСИ и на последних позициях ППО возрастает. Это взаимодействие факторов утомления и номера позиции приводит к уменьшению наклона позиционной кривой ППО, которая при всех условиях имеет вид *нисходящей монотонной функции*.

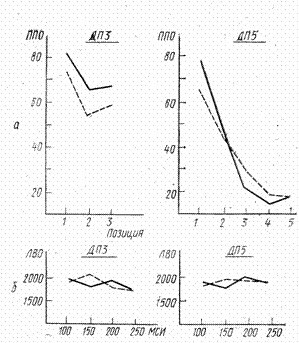


Рис. 3.6. Выполнение задачи ПВ в начале учебного дня: *а* – изменение правильности ответов в зависимости от величины ДП и позиции цифры в ряду; *б* – изменение скорости ответов в зависимости от величины ДП и МСИ (данные усреднены по всем МСИ). Обозначения: • –результаты, полученные в *начале* дня; × – результаты, полученные в *конце* дня

Полученные данные свидетельствуют о том, что под воздействием развивающегося в течение дня утомления происходит значимое изменение показателей выполнения большинства экспериментальных задач.

Из представленных данных следует, что ни один из отдельно взятых поведенческих показателей не может быть достаточно надежным индикатором утомления. Характер измерения показателей в первую очередь зависит от типа задачи. Этот результат говорит о том, что, несмотря на разнообразие выполнявшихся в течение дня занятий, утомление не сказывается в одинаковой степени на всякой деятельности, а затрагивает лишь некоторые специфические структуры и операции. Можно предположить, что подверженные влиянию утомления операции входят в микроструктуру процессов решения задач ПСШ, ОП, ООЦ и ПВ и не используются при выполнении задач ВР и ПВИЗ, показатели выполнения которых не меняются в течение дня.

Можно говорить о специфическом влиянии утомления на операции хранения информации в сенсорной памяти и перевода информации из первичной памяти во вторичную. Однако обнаруженные эффекты связаны с возрастными особенностями испытуемых.

Наряду с изменениями выполнения задач под влиянием острого утомления наблюдается постепенное ухудшение показателей кратковременной памяти в течение учебного года.

Приведенные данные об изменении показателей работы при выполнении основных операций человеком-оператором вследствие утомления необходимо учитывать при проектировании ЧМС.

**3.4. Анализ работоспособности и биологических ритмов человека**

Работоспособность человека в значительной степени зависит от его физиологического состояния. Исследования показали, что системы органов человека не в состоянии обеспечить равномерную работоспособность, для нее характерны периодические колебания. Эти периоды иногда составляют 24 ч*.* и более. Смена фаз сильной и слабой физиологической активности имеет исключительно важное значение при формировании условий труда. Общая схема измерения физиологических параметров человека приведена на рис. 3.7.

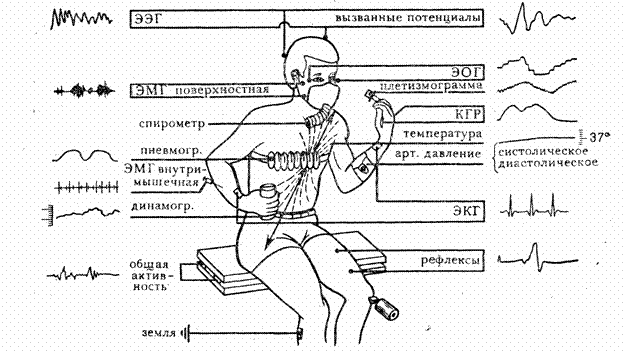


Рис. 3.7. Многоканальная регистрация наиболее часто изучаемых физиологических параметров человека (по Ж. Пайяру, 1970)

Снижение колебаний работоспособности, обусловленное физиологическими явлениями, можно компенсировать определенными эргономическими мероприятиями (прежде всего отдыхом). Ученые объясняют периодичность физиологических процессов влиянием экзогенных и эндогенных факторов. На биологический ритм оказывает влияние смена дневного и ночного освещения и другие физико-химические явления окружающей среды. На колебаниях работоспособности могут сказываться явления социологического или психологического характера.

Влияние на человека эндогенных факторов трудно установить. Однако исследования с достаточной убедительностью доказывают, что даже при исключении внешних управляющих факторов у человека сохраняется *собственный ритм*.

Представляет интерес возможность компенсировать влияния на периодические колебания работоспособности. Исследователи считают, что биологические ритмы – это управляемые головным мозгом условно-рефлекторные явления адаптации организма к окружающим условиям. При соответствующем закреплении они могут оказаться сравнительно стабильными. При изучении причин брака на одном из шведских предприятий было прослежено за изменениями работоспособности человека в течение 24 ч.,обусловленными его физиологическими особенностями. Оказалось, что наблюдаемые колебания работоспособности соответствуют экспериментально доказанным вегетативным биологическим ритмам (рис. 3.8).

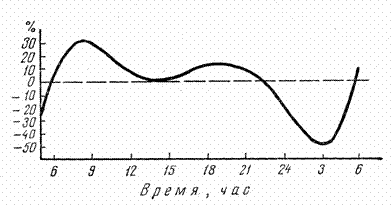


Рис. 3.8. Кривая работоспособности человека в течение 24 ч.

Ход кривой показывает, что при 24-часовом цикле выделяются две эрготропные фазы с максимальной точкой в предобеденные часы и затем через некоторое время после обеда и две трофотропные фазы с максимальными точками во время обеда и ночью. Типичным для большинства периодических суточных функций является наличие двух максимальных и двух минимальных точек. Максимальная работоспособность отмечается в предобеденные часы, а в ночные часы – особенно резкое снижение работоспособности. Колебания работоспособности в течение рабочего дня характеризуются подъемом и спадом. Спад работоспособности – обратимый процесс. Влияющие на него факторы теряют свое действие после отдыха человека. Для эргономистов важно, что ощущение отдыха может наступить сравнительно скоро, но полное восстановление сил требует достаточно длительного времени (рис. 3.9).

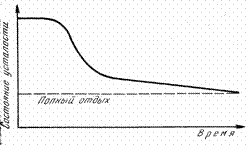
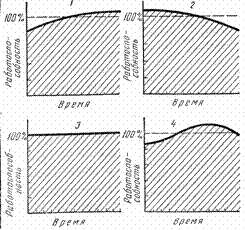


Рис. 3.9. Кривая отдыха и основные формы изменения работоспособности

Период спада работоспособности наступает при всякой деятельности, поэтому важно уметь контролировать его с помощью эргономических мер, добиваясь полного восстановления работоспособности.

В графике, отражающем колебания работоспособности, процессы спада и подъема, как правило, дополняют друг друга. Благодаря этому создается многообразие характерных форм процесса труда. На рис. 3.9. представлены наиболее типичные формы. В первом графике на рис. 3.9 (*1*) преобладает подъем, на рис. 3.9 (*2*)–спад. На рис. 3.9 (*3*) подъем и спад работоспособности занимают примерно одинаковое место: спад и подъем полностью нивелируются. Кривая на рис. 3.9(*4*) представляет собой дугу: подъем, начало спада и спад. Такая кривая характерна для обеих половин рабочего дня (до и после обеда), поэтому для всего рабочего дня строится кривая с двумя вершинами (рис. 3.10).

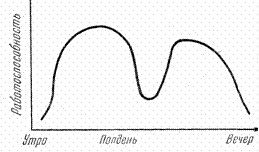


Рис. 3.10. Типичная кривая работоспособности в дневную смену

В условиях, требующих внимания, трудовой процесс имеет свои особенности (рис. 3.11). В первые 30 мин*.* наблюдается, как правило, резкий спад работоспособности, затем она стабилизируется на более низком уровне по сравнению с исходным (опыт проводился в течение 2 ч)*.* В более сложных условиях работоспособность снижалась через больший промежуток времени. Р. Реберг и Й. Нойман установили обострение внимания при сравнительно простой, искусственно созданной ситуации, связанной с работой на диспетчерском пункте, только через 3 ч(рис. 3.11). Характеристика ситуаций, требующих внимания и наблюдательности, приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1.Характеристика ситуаций, требующих внимания и наблюдательности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Условия** | **Ситуация, требующая внимания**  **(радарная установка)** | **Ситуация, требующая наблюдательности (работа диспетчера)** |
| Протяженность поля наблюдения в пространстве | Малая протяженность | Обычно очень большая протяженность |
| Количество качественно  различных критических  (значимых) сигналов | Малое количество, часто ограничивается  определенным видом | Большое количество |
| Различие некритических  (нейтральных) и критических  (значимых) сигналов | Требуется различие | Как правило, подаются только критические сигналы |
| Интенсивность сигналов | Малая интенсивность, близкая к пороговой | Очень большая интенсивность |
| Частота критических сигналов | По сравнению с некритическими сигналами – малая, абсолютная – высокая | Малая частота |
| Ответная реакция | Простая (нажатие кнопки) | Сложная (комплексы действий) |
| Эффективность переработки | Подчинение, простое решение | Классификация, соединение, сложное решение |
| Условия ситуации | Простые | Комплексные |

В. Монтегю, А. Вебер и И. Адаме во время опыта, продолжавшегося 18 ч, установили значительное снижение работоспособности через 12 ч(рис. 3.12). Большая часть пропущенных сигналов (40%) пришлась на последние 6 чработы.

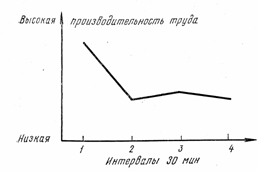


Рис. 3.11. Кривая работоспособности в условиях, требующих внимания

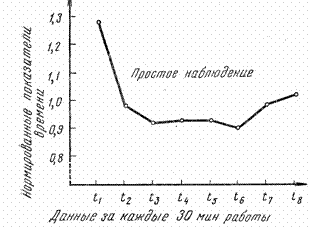


Рис. 3.12. Изменение работоспособности во время эксперимента, проводившегося в условиях, аналогичных условиям АСУ в промышленности

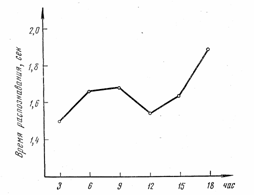


Рис. 3.13. Изменение работоспособности при наблюдении за сложными индикаторами во время эксперимента, продолжавшегося 18 ч.

Для привлечения внимания к нарушению производственного процесса обычно дают сигналы более высокой интенсивности. Слишком интенсивных сигналов следует избегать, так как они могут вызвать испуг или связанное с ним замешательство, которое может отразиться на органах чувств (ослепление, оглушение). Поскольку сигнал дается до устранения нарушения, то его продолжительность играет подчиненную роль. Этот фактор имел бы большое значение, если бы он оказывал влияние на процесс исправления ошибки, в этом случае был бы необходим постоянный контроль за изменением самого сигнала. Однако изучение внимания показало, что более эффективно использование слабых кратковременных сигналов. Несовпадение результатов при изучении внимания объясняется частично отсутствием достаточной ясности об интенсивности и длительности сигналов.

X. Шмидтке и X. Мико, изучая влияние интенсивности сигналов, применяли в надпороговой зоне акустические раздражители интенсивностью 65, 90 и 110 фонов (единиц громкости звука)*.* На рис. 3.14 показана взаимосвязь времени реакции (производительность) и интенсивности возбуждения. В опытах с избирательной реакцией установили, что время реакции при средней интенсивности раздражения больше, чем в других случаях. Авторы указывают на то, что при интенсивности от первой до второй ступени принимать решения сложнее, чем между второй и третьей или первой и третьей ступенями. С увеличением продолжительности сигнала возрастает вероятность его узнавания, которая достигает 100% при неограниченном времени действия сигнала.

На рис. 3.15. показаны результаты исследований X. Бэкера. Он проводил тест с часами, по которым следовало отмечать кратковременные остановки стрелки (0,4 и 0,8 с). Эффективность распознавания более продолжительных сигналов сказалась значительно выше.

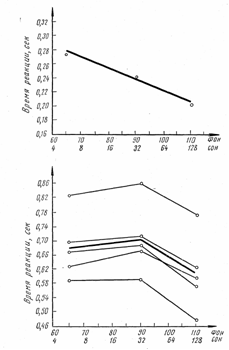


Рис. 3.14. Время реакции в зависимости от интенсивности возбуждения

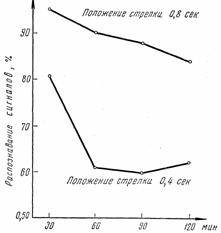


Рис. 3.15. Соотношение между продолжительностью сигнала и эффективностью распознавания сигналов

Соотношение между частотой сигналов или раздражений и эффективностью их переработки выражено на графике кривой в форме перевернутой буквы *U* (рис. 3.16).

При очень низкой или высокой частоте (т. е. при ситуациях с чрезмерно высокими или низкими требованиями) эффективность переработки была наиболее низкой.

Исследования показали, что частота сигналов также оказывает влияние на эффективность их переработки, которая становилась более равномерной с ее увеличением. Снижение производительности труда отмечалось в течение первых 30 минработы при самой редкой подаче сигналов (рис. 3.16).

Наряду с абсолютной частотой критических сигналов, безусловно, важную роль играет отношение критических сигналов к некритическим. В. Колкхоун проводил исследование в течение 1 ч,используя при этом соотношения критических и нейтральных раздражений 72:72, 12:132, 12:12. Результаты исследований приведены на рис. 3.17. Самая низкая производительность труда отмечалась при малой вероятности критических и большой частоте всех остальных сигналов.

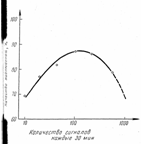


Рис. 3.16. Соотношение между частотой возбуждений и работоспособностью

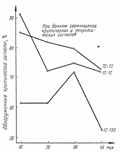
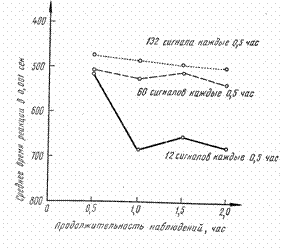


Рис. 3.17. Работоспособность в условиях, требующих внимания, в зависимости от соотношения критических и некритических сигналов

Рис. 3.18. Изменение работоспособности в зависимости от частоты сигналов



Влияние интервалов на работоспособность человека находится в большой зависимости и от многих других факторов. Х.И. Корнадт и Г. Боймлер экспериментально доказали, что при прочих равных условиях работоспособность диспетчеров зависит от времени ожидания сигнала. Опыты свидетельствуют, что эффективность ожидания сигнала определяется, в свою очередь, характером раздражителей.

При редких нерегулярных сигналах ожидание отсутствует или имеется ложное ожида­ние, способствующее общему снижению работоспособности. При более длительных интервалах между сигналами реакция оператора замедляется, при коротких – ускоряется (рис. 3.19).

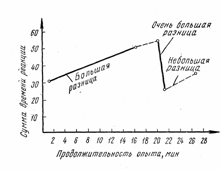


Рис. 3.19. Влияние продолжительности интервалов между сигналами на время реакции

Усложнение требований к вниманию оператора ослабевает, т.е. чем сложнее задача (в установленных пределах), тем медленнее снижается работоспособность. В исследованиях Р. Реберга и Й. Ноймана отмечаются характерные изменения работоспособности оператора, вызванные усложнением задачи (рис. 3.20).

Аналогичные результаты получили также А. Вебер и Й. Адаме во время 6-часового опыта. Необходимость принимать сложные решения в соответствии с показаниями индикаторов дисплея не влияла на эффективность работы оператора. Явное ее снижение отмечалось, когда индикации диктовали простые ответные действия. Зависимость эффективности работы оператора от сложности поставленных задач можно установить с помощью специальной шкалы.

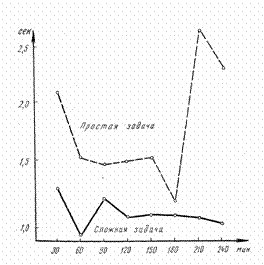


Рис. 3.20. Соотношение мотивации и работоспособности в критических ситуациях

Можно сократить число вероятных ошибок с помощью двойной сигнализации, поступающей к оператору через два сенсорных канала – визуальный и акустический. Повышение эффективности считывания по данному методу показано на рис. 3.21.

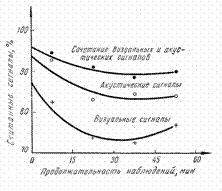


Рис. 3.21. Повышение эффективности считывания с помощью дополнительных сигналов

Дополнительную сигнализацию используют также при подаче добавочной информации, например о месте и характере ошибок.

Производительность труда зависит, прежде всего, от индивидуальных особенностей работника – анатомических (физических), умственных (психических) возможностей, квалификации и состояния здоровья; технических и экономических условий (организации труда, технологии производства, материальной заинтересованности, производственных условий и общественной среды).

Критериями, характеризующими степень эффективности трудовой деятельности, принято считать:

быстроту и профессиональную подготовленность, определяемые количеством труда в единицу времени;

приложенное усилие при управлении оборудованием;

точность, характеризуемую качеством работы (определенным количеством или процентом ошибок);

количество передаваемой информации.

В течение дневной рабочей смены, недели, года, всей трудовой деятельности человека наблюдаются изменения (колебания) производительности труда. Эти колебания производительности труда зависят от физиологических факторов (утомления, режима труда и отдыха). Эти факторы необходимо принимать во внимание, особенно в тех случаях, например, встает вопрос о соответствии интенсивности функционирования оборудования кривой производительности труда человека, о планировании рабочих совещаний и т. д. (рис. 3.22).

Наиболее продуктивный период рабочей смены считается **с** 7 до 9 ч.; с 18 ч. начинается второй этап продуктивности рабочего времени. В 14–15 ч. наступает критический спад дневной производительности труда, именно в это время отмечается наибольший процент ошибок. С 14 ч. 30 мин. до 15 ч. наблюдается минимальная производительность труда; примерно в 15 ч. не следует проводить совещаний и принимать важные решения.

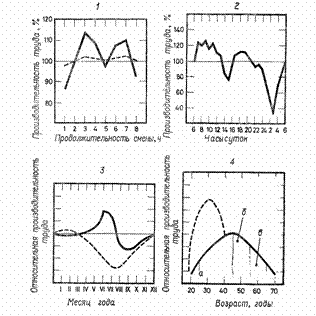


Рис. 3.22. Кривые изменения производительности труда человека (модифицировано по Йоахимшталеру):

1 – кривые производительности труда, характерные для рабочего в определенные часы рабочей смены (— – тяжелая работа; - - - – легкая работа); *2* –кривая производительности труда в течение суток; *3* – кривые производительности труда в течение года при физической (—) и умственной (- - -) работе; *4* –кривые зависимости производительности труда от возраста (— трудовая деятельность; - - - – спортивные достижения); *а* – полная отдача сил; *б* – использование опыта; *в* – хозяйственные работы

С точки зрения психической деятельности отмечается наивысшая производительность труда в декабре и январе, работоспособность повышается также в конце августа.

Схема локализация эффектов утомления в структуре процесса переработки буквенно-цифровой информации показана на рис. 3.23. Входом системы являются стимулы, а выходом – ответы на вопросы. Выполняется селекции поступившего сенсорного материала, его перекодирование (в данном случае в вербально-акустическую форму) и повторение, которые используются как средство удержания информации в кратковременной памяти и перевода ее на более продолжительное хранение. Операциональная структура блока организации ответа зависит от типа решаемой задачи и предполагает наличие этапов принятия решения и подготовки собственно моторной реакции.

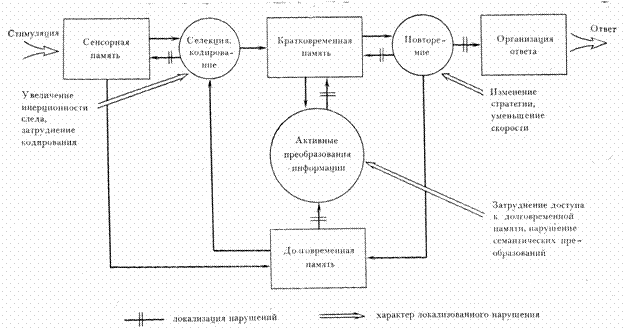


Рис. 3.23. Локализация эффектов утомления в структуре процесса переработки буквенно-цифровой информации

В описанной системе существуют достаточно сложные и не только прямые связи между отдельными блоками. Так, например, нередко указывается на возможность непосредственного поступления сенсорной информации в долговременную память, которая в свою очередь определяет эффективность осуществления операции кодирования. Последняя выполняет регуляторную функцию по отношению к блоку сенсорной памяти – по мере перекодирования устраняется необходимость непосредственного обращения к сенсорным следам, которые, интерферируя между собой, могут служить помехой для успешного запоминания материала. Следовательно, непосредственно сенсорная обработка информации должна быть своевременно прекращена. Связь между блоками кратковременной и долговременной памяти осуществляется с помощью так называемого «вербального кольца» – при работе со знакомым символическим материалом операция повторения выполняется в форме внутреннего проговаривания. При этом к функциям повторения относится не только циркуляция информации между блоками памяти, но и осуществление активных преобразований удержанной информации, имеющих семантическую окраску. В по­следнем случае повторение непосредственно связано с осущест­влением таких операций, как поиск в памяти, упорядочение и сравнение материала, организация стратегий восстановления информации и др. [9]. Операциональный состав на уровне отдельных блоков и характер актуализируемых связей между ними во многом определяются содержанием решаемой когнитивной задачи.

Различные задачи, основывающиеся на кратковременном запоминании поступающей информации, – обнаружение, опознание, частичное и полное воспроизведение преимущественно загружают отдельные блоки описанной выше системы. На этом основан главный методический принцип построения разработанного комплекса методик: каждая из них предназначена для оценки эффективности работы определенных групп операций, позволяя тем самым как бы «прозвонить» разные звенья переработки информации. Анализируя характер влияния нагрузки, приводящей к развитию утомления, можно локализовать его эффекты и описать вызываемые им нарушения в терминах изменений на уровне организации функциональной структуры определенного когнитивного акта.

**Список использованных источников**

1. Ухтомский А.А. Физиология двигательного аппарата. л. IV. Утомление. Собр. соч., т. III. Л., 1952.

2. Groll E., Haider M. Belastungsunterschiede bei Arbeiteinnen in Friih- und Spatschicht. – ‘Psychol.’, 1965, v. 21, p. 305–315.

3. Grandjean E.P. Fatigue: its psychological significance. – 1968, v. 11, p. 427–436.

4. Платонов К.К. Вопросы психологии труда, изд. 2-е. М., 1970.

5. Broadbent D.E. Decision and Stress. London, 1971.

6. Зинченко В.П. и др., Психометрика утомления, МГУ, 1977.

7. Вучетич Г.Г. Исследования кратковременной зрительной памяти. Канд. дисс. М., 1971.

8. Тодорка Москова, Антоний Москов, Венелин Евтимов, Христо Йовев. Логическо проектироване на технологии за научно-техническо прогнозироване. – София, 1985.

9. Генкин А.А., Медведев В.И. Прогнозирование психофизических состояний. Л., 1973.

10. 3инченко В.П., Мунипов В.М., Смолян Г.Л. Эргономические основы организации труда. М., 1974.

12. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М., «Мир», 1968.

13. Павлов В.В., Начала теории эргатических систем, К., «Наукова думка», 1975; Ч. II. Л., Изд. ЛГУ, 1975.

14.Чушев М.А., Пученков Л.Н. Использование моделирования при разработке систем дистанционного обучения // «Информатика и системы управления» сб. № 2, М., МГТУ, 2003г.

10. Кулаков М.В., Пученков Л.Н. Некоторые вопросы моделирования автоматизированных человеко-машинных систем // Информатика и системы управления в XXI веке, сб. № 3, М., МТГУ, 2004г.

11. Чушев М.А. Пученков Л.Н. Приближённая аппаратно-программная человеко–машинная модель работы оператора ПЭВМ // Информатика и системы управления в XXI веке, сб. № 3, М., МТГУ, 2004г.

12. Пученков Л.Н. др. Разработать алгоритмы и программные модули динамической модели движения автомобиля как элемента системы В-А-Д-С для решения новых экспертных задач с помощью ЭВМ // Пученков Л.Н. др. Научный отчет по теме № 25, Минюст СССР, ВНИИСЭ, план НИР, М.,1980.

13. Пученков Л.Н. др., Изучить возможность определения общего времени реакции водителя, научный отчет по теме № 25, Пученков Л.Н., Минюст СССР, ВНИИСЭ, план НИР, М.,1980;

14. Пученков Л.Н. др. Разработка методики и комплекса технических средств для производства экспертных исследований на месте происшествия // Научный отчет по теме № 25, Минюст СССР, ВНИИСЭ, план НИР, М.,1980.

15. Кулаков М.В., Пученков Л.Н. Некоторые вопросы моделирования автоматизированных человеко-машинных систем // Информатика и системы управления в XXI веке. – Сб. № 3, М., МГТУ. – 2004.

16. Чушев М.А. Пученков Л.Н. Приближённая аппаратно-программная человеко–машинная модель работы оператора ПЭВМ // Информатика и системы управления в XXI веке. – Сб. № 3, М., МГТУ. – 2004.

17. Пученков Л.Н. и др. Разработать алгоритмы и программные модули динамической модели движения автомобиля как элемента системы В-А-Д-С для решения новых экспертных задач с помощью ЭВМ // Научный отчет по теме № 25 / Пученков Л.Н. и др. – Минюст СССР, ВНИИСЭ. – М. – 1980.

18. Пученков Л.Н.и др. Изучить возможность определения общего времени реакции водителя // Научный отчет по теме № 25 / Пученков Л.Н. и др. – Минюст СССР, ВНИИСЭ. – М. – 1980.

19. Пученков Л.Н. и др. Разработка методики и комплекса технических средств для производства экспертных исследований на месте происшествия // Научный отчет по теме № 25. – Пученков Л.Н. и др. – Минюст СССР, ВНИИСЭ. – М. – 1980.

20. Вartleу S. H., Shute E. F. Fatigue and Impairment in Man. N.Y., 1947.

21. Henkin R.I. The neuroendocrine control of perception. – In: Perception and its disorders, 1970, v. 43, p. 54–107.

22. Домонтович Е.Н., Коган Е.М., Куренкова А.Н. IIIабалин Н.В. Психологическое исследование динамики умственной работоспособности. – «Вопросы психологии», 1970, № 6.

23. Turvey M. Visual processing and short-term memory. – In: Hand­book of learning and cognitive processes. Ed. by W.K. Estes, Hillsdale, 1978, v. 5.

24. Пученков Л.Н. Использование приближенного метода решения дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами для анализа нестационарных систем управления // Сб. «Автоматизированные системы управления» / Труды МВТУ, 1972.

25. Пученков Л.Н. Некоторые вопросы обобщения частотного метода для исследования нестационарных САР // Вопросы управления процессами, часть II, № 157 / Труды МВТУ, М., 1973.

26. Титов В.К., Пученков Л.Н., Друшляков Г.И. Применение ЦВМ для улучшения динамических характеристик системы управления одного класса // Сб. «Автоматизированные системы управления» / Труды МВТУ, № 181, вып. 7, М., 1974.

27. Пупков К.А. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2004.

28. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В*.* Теория автоматического управления техническими системами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993.

29. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н.Основы теории автоматического регулирования и управления. М.: Высшая школа, 1977.

30. Пученков Л.Н. Автореферат диссертации на спец. Тему. – МВТУ, 1973.

31. Новиков Д.А. Закономерности интерактивного научения. – РАН, М., 1998.

32. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Методика разработки учебно-методических материалов для информационной технологии дифференцированного обучения пользователей ПК по курсу «Операционная система Windows 98». – РАО, Институт информатизации образования. М., 2001.

33. Пученков Л.Н. Исследование взаимодействия основных компонентов Интернет- технологии в системах удаленного управления ресурсами пользователей ПК, датчики и системы // Сборник докладов международной конференции, т. III. – СПб., 2002.

34. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Методы и средства информационной технологии дифференцированного обучения специалистов и пользователей персональных компьютеров // Образование и информатика в области образования и новые технологии / Труды II Международного конгресса ЮНЕСКО, кн. 2, т. 4. – М.: ИИТО, 1998.

35. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Разработка учебно-методических материалов для информационной технологии в дистанционном обучении преподавателей высших учебных заведений // Методические рекомендации для факультетов повышения квалификации преподавателей высших учебных заведений. – РАО, Институт информатизации образования. – М., 1998.

36. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Операционная система Windows-95 для дифференцированного обучения пользователей ПК при дистанционном обучении // Методические рекомендации. – РАО, Институт информатизации образования, М., 1999.

37. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Использование программных средств для дифференцированного дистанционного обучения пользователей ПК // Методические рекомендации. – РАО, Институт информатизации образования, М., 2000.

38. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Методика разработки учебно-методических материалов для информационной технологии дифференцированного обучения пользователей ПК по курсу Операционная система Windows-98 // Методические рекомендации. – РАО, Институт информатизации образования, М., 2001**.**

39. Манушин Э.А., Пученков Л.Н. Анализ технологии обучения пользователей ПК на базе интегро-дифференцированного метода на примере курса «Операционная система Windows» // Методическое пособие. – РАО, Институт информатизации образования, М., 2002**.**

40. Манушин Э.А., ПученковЛ.Н. Методы и средства удаленного управления дистанционным дифференцированным обучением специалистов и пользователей ПК на примере курса «Операционная система Windows» // Методическое пособие. – РАО, Институт информатизации образования, М., 2003.

41. Физиология человека. Под редакцией Р. Шмидта, Г. Тевса. – М., Мир, 1996.

42. Практикум по общей психологии / Под ред. А.И. Щербакова. – М.: Просвещение, 1990.

43. Hicks J.A., Soliday S.M., An evaluation of sinus arrhythmia as a measure of mental load. – ‘Proc. 16-th Annual Human Fact. Society’. – Technol. Man. – 1972.

44. Wilkinson R.Т., Вeheri S., Gieseкind Ch.С. Performance and arousal as function of incentive, information load end task novelty. – ‘Psychophysiology’, 1972, v. 9, pp. 589–599.

45. Агапонов С.В., Джалиашвили З.О., Кречман Д.Л. и др. Средства дистанционного обучения. Методика, технология, инструментарий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

46. Комплекс общеотраслевых руководящих методических материалов по созданию АСУ и САПР. – М., Статистика, 1980.

47. Манушин Э.А., Пученков Л.Н.Структура и содержание основных этапов предпроектного обследования для предварительного проектирования автоматизированной системы удаленного обучения научно-учебного комплекса технического университета // Методическое пособие. – РАО, Институт информатизации образования, М., 2004.

48. Винер Норберт. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Сов. Радио. – 1968.

49. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: МГУ, 1984.

50. Горбов Ф.Д. Детерминация психических состояний // Вопросы психологии, 1971, №5.

**---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------**

Российский портал информатизации образования [содержит: законодательные и нормативные правовые акты государственного регулирования информатизации образования, федеральные и региональные программы информатизации сферы образования, понятийный аппарат информатизации образования, библиографию по проблемам информатизации образования, по учебникам дисциплин цикла Информатика, научно-популярные, документальные видео материалы и фильмы, периодические издания по информатизации образования и многое другое.](http://portalsga.ru)

