

М 457/457

Министерство высшего и среднего специального образования
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

УДК [621.391:681.3+007:573.6+615.47] (07)

МУРОМЦЕВ Константин Константинович

ПРИБОРНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БТС
ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕТЕЙ

Специальность 05.11.17 - Медицинское
приборостроение

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1986

Работа выполнена в Ленинградском ордена Ленина электротехническом институте им.В.И.Ульянова (Ленина)

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
ПОПЧИТЕЛЕВ Е.П.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
СОЛОМАТИН Н.М.

- кандидат технических наук
МАТВЕЕВ Е.В.

Ведущее предприятие - ВНИИ ИМТ

Защита диссертации состоится "3" июля 1986 г. в 14³⁰ часов
на заседании специализированного совета К.053.15.17
в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана
по адресу: 107

С диссертаци
им. Н.Э.Баум

Отзыв в 2-х
просим направ

Автореферат

М457457

Ученый секр
специализир
К.Т.Н.

Актуальность темы. Современный этап научно-технической революции выдвигает ряд важнейших проблем, одна из которых – комплексное изучение человеческого фактора и, в частности, его психологических аспектов. Практическая важность автоматизации таких исследований определяется растущими потребностями здравоохранения, образования и профориентации, спорта и т.д. В последнее время интерес к созданию технических средств для психологических исследований заметно растет – такие приборы создаются специалистами ВНИИ медицинского приборостроения, института психологии АН СССР, ОКБ биомедицинской кибернетики и ряда других отечественных и зарубежных организаций. Однако, как показывает анализ литературы, проектирование приборов часто осуществляется без анализа и учета потенциальных возможностей автоматизации, нет единой системы принципов проектирования биотехнических комплексов (систем) психодиагностического назначения – БТС ПДН.

Диссертационная работа посвящается системотехническим вопросам проектирования приборного и методического обеспечения обследований, в основе которых лежат психологические методики с предъявлением зрительных стимулов в форме всевозможных двумерных изображений: статических, динамических, черно-белых, цветных. Среди разнообразных практических применений таких приборов выделяется специфическая область детской психодиагностики, в которой обследование, как правило, связано с игровой ситуацией, требующей формирования тестовых воздействий, адекватных уровню психического развития испытуемого. Социальная значимость вопросов автоматизации в детской психодиагностике определяется значительным темпом роста различных форм нарушений психического развития детей, классифицируемых, например, как недоразвитие и задержанное, поврежденное, дефицитарное, искаженное, дисгармоничное развитие, приводящих часто к неуспеваемости в школе, асоциальному поведению, преступности. Своевременное выявление нарушений развития и проведение соответствующих реабилитационных (медицинских, психологических и педагогических) мероприятий являются необходимым условием для возвращения ребенка или подростка в сферу своих сверстников здоровым и социально полноценным. Очевидно, что массовость и высокое качество психодиагностических обследований могут быть обеспечены только путем автоматизации, что доказывает актуальность темы диссертационной работы.

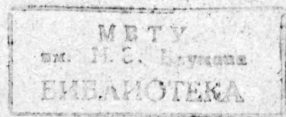
Цель исследований составляет следующие задачи:

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1457457

Муромцев К.К. Приборное и н



1. Создание формализованной модели автоматизированного психологического эксперимента - АПЭ;

2. Разработка аппарата формального моделирования БТС ПДН;

3. Построение и анализ моделей морфологии, функционирования, точности, методического и программного обеспечения БТС ПДН;

4. Разработка методов проектирования технических средств с ориентацией на растровые видеотерминалы и синтезаторы телевизионных сигналов;

5. Проведение экспериментально-прикладных исследований эффективности выдвинутых в работе теоретических положений.

Методы исследований. В диссертационной работе используются методы анализа и синтеза биотехнических и информационно-измерительных систем, математического моделирования, теоретической и экспериментальной психологии. При построении формальных моделей применяются методы теории графов, алгебры матриц, комбинаторики; при решении технических задач - методы схемотехники, электронного синтеза изображений, машинные методы обработки информации.

Научную новизну выдвигаемых на защиту результатов составляют:

1. Формализованная модель автоматизированного психологического эксперимента и структурно-информационная модель БТС психодиагностического назначения, как нового вида в классе биотехнических измерительно-вычислительных систем, обладающего свойством двойной гетерогенности, возникающей за счет разнородности элементного состава и способов его описания: психологических, с одной стороны, и физиологических, физических и технических, с другой стороны;

2. Математический метод моделирования структурно-функциональной организации, иерархии и точности гетерогенных систем и результаты анализа БТС ПДН;

3. Новый принцип проектирования приборного и методического обеспечения (принцип реализационной общности), обеспечивающий реализацию единым аппаратно-программным комплексом целых классов экспериментальных психологических методик и основывающийся на классификации методик по типу формальных операций, производимых испытуемым на множестве тест-объектов;

4. Многоуровневая структура измерительно-вычислительного интерактивного канала формирования диагностического заключения, обладающая гибкостью в распределении функций между исследователем и техническим звеном;

5. Обобщенная структура аппаратно-программного комплекса (АПК) на основе растровых видеотерминалов и синтезаторов телевизионных

сигналов; метод управляемой задержки синхронизации раstra и систематизация существующих методов синтеза телевизионных сигналов, составивших комплекс технических приемов, необходимых для электронного синтеза разнообразных тестовых изображений; метод нормирования тестовых воздействий по информационной нагрузке на испытуемого; способ согласования информационного канала взаимодействия между АПК и испытуемым путем пространственно-временного совмещения экрана видеотерминала и сенсомоторного поля;

Практическую ценность работы составляют:

1. Расчетные формулы, методика и программа (на языке ПЛ/I) построения исходных, производных и тотальных ориентированных графов, как формальных моделей морфологии и функционирования многосвязных гетерогенных систем; методики количественной оценки иерархических свойств системы и ранжирования ее элементов по степени влияния на эффективность реализации целевой функции (данные результаты являются основой системотехнического исследования БТС ПДН);

2. Обобщенные математические модели двух классов деятельности испытуемого, соответствующие им классы тестов корректурного и перестановочного типа и универсальные формальные модели процессов формирования и предъявления тестовых стимулов и диагностических изображений в виде специальных двумерных шкал; расчетные формулы и диаграммы, позволяющие формировать нормированные по временным, пространственным и информационным параметрам потоки тестовых воздействий при корректурных и перестановочных испытаниях (данные результаты являются основой для построения методического и программного обеспечения БТС ПДН);

3. Два устройства формирования тестовых изображений на основе управляемой задержки синхронизации передающей телевизионной камеры и видеоконтрольного блока (оба устройства признаны изобретениями и являются универсальными для корректурных испытаний);

4. Комплекс на основе цифрового синтеза телевизионных изображений, предназначенный для обследований по корректурным и перестановочным тестам;

5. Оптически прозрачное сенсомоторное поле, пространственно совмещенное с экраном видеотерминала растрового типа (устройство признано изобретением и обеспечивает эргономически оптимальное взаимодействие испытуемого с тест-объектом);

6. Комплексы на базе ЭВМ "Искра 1257", АСВТ М-6000, видеоманитофонной техники, предназначенные для исследований внимания, памяти, восприятия, мыслительных процессов и профессиональной деятельности;

7. Методика автоматизированного обучения выбору максимально допустимого потока тестовой информации; нормативная модель внимания.

Приведенные результаты использовались в прикладных целях и при экспериментальной проверке теоретических положений диссертационной работы. В дальнейшем они могут применяться как в научных целях психофизиологии, инженерной психологии, эргономики, так и при решении практических задач психиатрии, медицинской психологии, профотбора и профориентации в клиниках, психоневрологических диспансерах и т.п.

Результаты работы внедрены в научно-исследовательскую практику Ленинградского ордена Трудового Красного Знамени педиатрического медицинского института (ЛПИМ), Ленинградского ордена Ленина электротехнического института им.В.И.Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ) и ОКБ биологической и медицинской кибернетики; в учебный процесс ЛЭТИ; в научно-производственную практику Ленинградского ПО "Электронприбор", НПО Энергомаш и ПО "Невский завод" им.В.И.Ленина. Диссертационная работа велась по комплексным планам научных исследований (ЛПИМ - "Особенности детского организма в норме и патологии"; НИИ радиоаппаратуры - "Нева"; ЛЭТИ - "Биотехнические системы", "Человек-оператор"; координационному плану Минвуза СССР на 1981-1985 гг. "Медикотехнические исследования по проблеме "Биомедицинская техника") и ее результаты составили материалы четырех отчетов по НИР (№ Г.Р. 79012028, Инв.№ 0284.0087178 и 0285.0034840; № Г.Р. 0184.0049010, Инв.№ 0285.0028757 и 0286.0002752).

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались: на Всесоюзных конференциях "Применение математических методов обработки медико-биологических данных и ЭВМ в медицинской технике", ноябрь 1984, Москва; "Теория и практика имитационного моделирования и создание тренажеров", апрель 1985, Пенза; "Бионика и биомедицинская кибернетика-85", январь 1986, Ленинград; "Психологические проблемы профотбора, формирования профессионала и средств профессиональной диагностики", сентябрь 1985, Звенигород (Москва); "Принципы и механизмы деятельности мозга человека", октябрь 1985, Ленинград; XII и XIV Всесоюзная школа-семинар молодых ученых по биотехническим системам - "БИМК-84" и "БИМК-85", Лосево (Ленинград); на Республиканских конференциях: "II Республиканская научно-практическая конференция по медицинской кибернетике, июнь 1979, Горький; "Электромеханика и электротехника", декабрь 1984, Тбилиси; на конференциях: "Надежность и контроль в биотехнических системах", май 1985, Ленинград; "Автоматизированные системы профилактического осмотра

населения", ноябрь 1985, Ленинград; на конференциях профессорско-преподавательского состава ЛЭТИ (1983-1986 гг.).

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 10 печатных работах. Получены 3 положительных решения о выдаче авторского свидетельства.

Объем работы. Диссертация содержит введение, шесть глав и заключение, изложенных на 150 страницах, 153 иллюстрации, 7 таблиц, 10 приложений на 78 страницах. Список литературы включает 184 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава. Анализ литературы убедительно доказал актуальность проблемы автоматизированного психологического эксперимента (АПЭ), одним из важнейших приложений которой является автоматизация психологической диагностики детей. Однако существующие определения предмета и метода психодиагностики расплывчаты и нечетки, задачи автоматизации неоднозначны, на практике сосуществуют различные тенденции их решения, отсутствует единая система принципов проектирования комплексов психодиагностического назначения и очевидна необходимость теоретического рассмотрения АПЭ как функции измерительно-вычислительной биотехнической системы, в состав которой включен человек — испытуемый и исследователь, техническое, методическое и программное обеспечение.

В общем случае под диагностическим процессом понимается установление тождества между предметом эмпирических исследований и его моделью по совокупности общих и частных признаков, измеряемых прямыми методами. В психодиагностическом эксперименте идентифицируется некоторая эвристическая модель идеальной составляющей психических процессов. Измеряемыми параметрами служат объективные характеристики поведения и физиологические (дифференциальные и интегральные) показатели психической деятельности. Поэтому психодиагностический процесс состоит из этапов прямого измерения объективных параметров и косвенного установления состояния психологической модели психических процессов. Кроме перечисленных этапов АПЭ включает процедуры формирования и предъявления тестовой и диагностической информации, а также процессы управления всем комплексом информационных потоков.

Предметная область диссертации ограничена рамками метода психологических тестовых методов, поэтому в качестве измеряемых и регистрируемых параметров рассматриваются только объективные парамет-

ры поведения, а фоновые характеристики функционального состояния испытуемого и условия испытаний учитываются как априорные данные. Объектом исследований является человек - испытуемый. Другим участником АПЭ служит исследователь, управляющий экспериментом и принимающий окончательное диагностическое решение. Исследователь, испытуемый и аппаратно-программное обеспечение составляют сложноорганизованный системотехнический комплекс - биотехническую систему (БТС) психодиагностического назначения (ПДН). Центральная особенность БТС ПДН состоит в двухуровневой гетерогенности. Первый уровень гетерогенности определяется неоднородным элементарным составом (что свойственно любым биотехническим системам). Второй уровень присущ системам, в которых необходимо учитывать идеальный продукт психической деятельности, описываемый в терминах свойств и отношений предметов окружающего мира. Это описание не выводимо из физических описаний отражаемых предметов и физиологии деятельности мозга. Основные принципы сопряжения технических и биологических элементов БТС (принципы адекватности и единства информационной среды) требуют описания системотехнической организации БТС ПДН единым терминологическим составом, инвариантным разнородности исходных описаний элементов, процессов и целей БТС ПДН, а особенности проектирования приборов для психодиагностики должны вытекать из системотехнического исследования БТС ПДН.

Проведенный анализ проблемы АПЭ определил задачи диссертационной работы, связанные с построением формализованной модели АПЭ, разработкой математических методов и исследованием макроорганизации (II глава), иерархии и точности (III глава) и методического обеспечения (IV глава) БТС ПДН, разработкой принципов проектирования приборов и программного обеспечения АПЭ с использованием видеотерминалов растрового типа и синтезаторов телевизионных сигналов (V глава), разработкой аппаратно-программных комплексов для конкретных практических задач и проведением постановочных экспериментов (VI глава).

Вторая глава. Для внешнего наблюдателя движение материального субстрата S психики человека сводится к двум видам процессов: $\langle S \rangle^Y$ - физиологическим (Y - понятийный состав физиологии) и $\langle S \rangle^X$ - психологическим (X - концепты психологии). Объектом измерений служит $\langle S \rangle^Y$ - идеальный продукт S . Прямых способов измерения свойств $\langle S \rangle^Y$ нет. Это обуславливает необходимость описания $\langle S \rangle^Y$ эвристической моделью $\langle \langle S \rangle^Y \rangle^X$, где X - формальный тезаурус. Информация о состоянии $\langle S \rangle^Y$ неявно содержится в $\langle S \rangle^Y$, $\langle X \rangle^Y$ и в $\langle X \rangle^X$ (где X - поведение человека),

поэтому существует альтернатива получения $\langle S \rangle^Y \rangle^X$ через прямые измерения $\langle S \rangle^Y$, $\langle \mathcal{K} \rangle^Y$ или $\langle \mathcal{K} \rangle^Y$. Однако Y и S гетерогенны, не выводимы друг из друга. С этой точки зрения косвенное измерение $\langle S \rangle^Y$ должно осуществляться не иначе, чем через прямое измерение параметров поведения $\langle \mathcal{K} \rangle^Y$ и интерпретацию состояния $\langle \mathcal{K} \rangle^Y \rangle^X$ в состояние $\langle S \rangle^Y \rangle^X$: $Q^{-1}: \langle \mathcal{K} \rangle^Y \rangle^X \longrightarrow \langle S \rangle^Y \rangle^X$, где Q^{-1} – оператор, обратный оператору Q , связывающему источник $\langle S \rangle^Y \rangle^X$ с сигналом $\langle \mathcal{K} \rangle^Y \rangle^X$ (Q – предмет бионических исследований психической деятельности; далее будем писать $\langle \mathcal{K} \rangle^X$ и $\langle S \rangle^X$ вместо $\langle \mathcal{K} \rangle^Y \rangle^X$ и $\langle S \rangle^Y \rangle^X$). Поскольку $\langle S \rangle^Y$ идеален, то конечный результат $\mathcal{F}$ измерений должен быть также идеальным, а это возможно если на выходе измерительной системы находится человек, т.е. исследователь – Исс. Приведенные положения иллюстрируются схемой (рис.1).



Рис.1. Иллюстрация к модели АТЭ: ИД – идентификатор, включающий АПК ($\mathcal{T}$ – технический язык), Исс и методическое обеспечение; $\rightarrow$, $\rightarrow$, $\rightarrow$, $\rightarrow$ – соответственно, психическое отражение внешних объектов Об, измерения, управление стимулами, формирование $\mathcal{F}$.

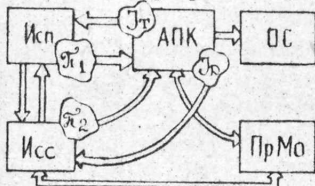


Рис.2. Макроструктура БТС ПДН: ОС – окружающая среда; ПрМо – программно-методическое обеспечение; $\mathcal{T}$ и $\mathcal{K}$ – изображения тест-объектов и диагностических данных; $\mathcal{K}_1$ и $\mathcal{K}_2$ – поведение Исп и Исс; $\rightleftarrows$ и $\rightleftarrows$ – реальные связи в системе

Макроструктура БТС ПДН образуется тремя диалоговыми каналами (рис.2) и характеризуется гетерогенностью (I рода) реальных объектов – биологических и технических, а её целевая функция – АТЭ (рис.1), гетерогенностью (II рода) исходных описаний Y , S и $\mathcal{T}$. Эти структуры получили название, соответственно, исходной структуры (или первообразной) и производной. Вопрос о согласовании каналов информационного взаимодействия (обеспечивающих биотехнические диалоги) в исходной структуре сводится к согласованию физических, физиологических и технических процессов за счет переходов одной физической формы сигналов в другую. Согласование каналов производной структуры обеспечивается заданием множества компонентов согласования (КС):

$$\langle d_i \rangle_{\xi_i}^{f_i} \xrightarrow{q_{\xi_i \xi_k}^{f_i f_k}} \langle d_k \rangle_{\xi_k}^{f_k} \xrightarrow{q_{\xi_k \xi_t}^{f_k f_t}} \langle d_t \rangle_{\xi_t}^{f_t},$$

где $\langle d \rangle^f$ – модель процессов d ,

описываемая тезаурусом $\{q^{i_k}, q^{k_l}\} \{Q$; индексы i_k и k_l указывают на необходимость переводов тезаурусов $\{i$ и k , соответственно, в тезаурусы $\{k$ и $\{l$. Процессы i и k согласованы, если для заданных тезаурусов $\{i$, $\{k$ и $\{l$ определены однозначные отображения q^{i_k} , q^{k_l} и модель $\langle i_k \rangle_{k_l}$ канала связи, обладающая объемом многообразия состояний (в рамках $\{k$) не меньшим и небольшим соответствующих объемов для $\langle i \rangle_{i_l}$, $\langle k_l \rangle_{k_l}$.

В основу математического аппарата для исследований гетерогенных структур положено формальное понимание системы как четверки $\langle B, A, Q, P \rangle$, где B, A, Q и P - некоторый "строительный" материал. На множестве $B \cup A \cup Q \cup P$ заданы бинарные, нереклексивные, симметричные и транзитивные отношения трех видов: $\dot{G} = (B, A)$ - исходная структура, $\dot{G} = (A, Q)$ - производная структура, $\dot{G} = (B \cup A, P)$ - тотальная структура; $B = \{b_i\}_i^{w_B}$ - множество элементов (блоков, звеньев) b_i , $w_B \geq 2$; $A = \{a_i\}_i^{w_A}$ - множество межэлементных процессов a_i , $w_A \leq w_B(w_B - 1)$; $Q = \{q_{kl}\}_{kl}^{w_Q(w_Q - 1)^2}$ - множество операторов, связывающих между собой пары процессов $a_i \in A$; $P = \{p_m\}_m^{w_P w_A}$ - множество операторов, связывающих состояния процессов с состоянием блоков (рис.3). Правило $\dot{G}$ определяется формулами, однозначно связывающими структуры $\dot{G}$, $\dot{G}$ и $\dot{G}$:

$$\dot{G} : B \times A = (\dot{G}_{BA})^T, \quad \dot{G} : A \times Q = (\dot{G}_{AQ})^T, \quad \dot{G} : B \times P = \begin{pmatrix} \dot{G}_{BP} \\ \dot{G}_{AP} \end{pmatrix},$$

$$\dot{G}_{BA} = \begin{pmatrix} \dot{G}_{BA} & \emptyset \\ \dot{G}_{AB} & \emptyset \end{pmatrix}, \quad \dot{G}_{AQ} = \begin{pmatrix} \dot{G}_{AQ} \\ \dot{G}_{QA} \end{pmatrix}, \quad \dot{G}_{BP} = \begin{pmatrix} \dot{G}_{BP} & \dot{G}_{AP}^T \\ \dot{G}_{AP} & \emptyset \end{pmatrix},$$

где $\dot{G}_{BA}$, $\dot{G}_{AQ}$, $\dot{G}_{BP}$ - квадратные матрицы, размеров $w_B \times w_P$, $w_A \times w_Q$, $(w_B + w_A) \times (w_P + w_Q)$; $\dot{G}_{BA}$ и $\dot{G}_{AQ}$ - матрицы (размеров $w_B \times w_A$ и $w_A \times w_Q$) инцидентий в графе $\dot{G}$ узлов b_i дугам i и дуг k узлам p_m ; T - транспонирование, $\dots$ - разбиение, $\wedge$ - логическое умножение матриц.

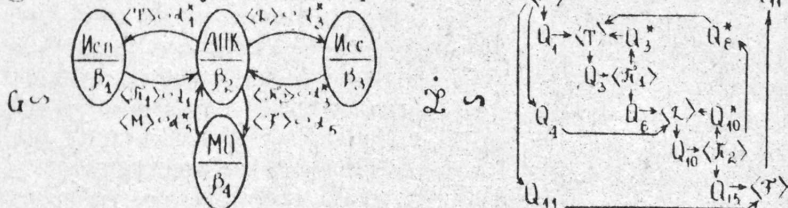


Рис.3. Структура $\dot{G}$ и $\dot{G}$. БТС ПДН (макроуровень); $\langle \cdot \rangle$ - модели информационных потоков ($\langle M \rangle$ - методические данные; $\langle T \rangle$ - диагностическое суждение; $\langle A \rangle$ и $\langle B \rangle$ - поведенческие реакции Исп и Исс; $\langle T \rangle$ - стимулы; $\langle Q \rangle$ - диагностические данные); M - методическое обеспечение (знания по проблеме); в $\dot{G}$ учтены связи (см. рис.2), которые обеспечивают биотехническое информационное взаимодействие в системе

Нумерация β_j произвольна, нумерация d_i, q_i и p_m строго определена: так, для d_i нумерация устанавливается квадратной матрицей

$$e_{jn} = \|i_{jn}\|, i_{jn} = 0 \text{ при } j = n, i_{jn} = \begin{cases} i = n(n-3)/2 + 1 + j & \text{при } j < n; \\ i^* = j(j-3)/2 + 1 + n & \text{при } j > n, \end{cases}$$

где j - номер β_j истока, а n - номер β_n стока; i и i^* - номера прямых и обратных связей в $\tilde{G}$. Для структур реальных систем матрицы A , E и B часто оказываются сильно разреженными. Для их минимизации и построения графов в унифицированной форме разработан способ таблиц X и $\tilde{X}$ (рис.3) (и программа на языке ПЛ/1):

$$\begin{cases} X = A \wedge e_{Nn} \vee \|B\| & \text{для графов } G, \tilde{G}, \tilde{G}^* ; \\ \tilde{X} = E \wedge e_{Nn} \vee \|A\| & \text{для графов } \tilde{G}, \tilde{G}^* . \end{cases}$$

где $\vee$ и $\wedge$ - дизъюнкция и конъюнкция матриц; $\tilde{G}$ - тотальная форма графа $\tilde{G}$; $\|B\|, \|A\|$ - диагональные матрицы элементов $\beta_j \in B$ и $d_i \in A$.

Разработанный аппарат позволил в единообразной форме представить структуры различных вариантов БТС ПДН и выявить и интерпретировать характерные для них структурные особенности (каналы информационного взаимодействия, контуры прямых и обратных связей, характер взаимодействий и взаимовлияния элементов структур).

В третьей главе рассматриваются вопросы точности и отношений доминирования на производной структуре БТС ПДН. При разработке нового типа систем с многосвязной структурой и множеством пар "вход-выход", когда не накоплен необходимый статистический материал для оценки точности формальными моделями погрешностей (Розенберг В.Я., 1975), возникает необходимость построения структурной модели погрешности. В работе погрешность каждого отдельного элемента рассматривается как функция от состояния всех элементов системы. Для оценки вклада в полную погрешность процесса каждого другого элемента системы, как источника погрешности, разработана обобщенная структурная модель погрешности. Из правила треугольника для погрешностей векторных величин следует

$$|\delta_l| \leq |\delta_l^0| + \sum_{i=1}^N |\delta_{il}|, \quad i \neq l,$$

где $|\cdot|$ - модуль векторной величины; δ_l - отклонение процесса x_l от фиксированного (заданного или истинного) состояния; δ_l^0 - собственная погрешность (шум) канала x_l ; δ_{il} - погрешность, возникающая в x_l под влиянием процесса x_i . Структуре $\tilde{G}$ соответствует матрица маршрутов $\Phi = \|\Phi_{il}\|$, где Φ_{il} - объединение всех простых маршрутов, ведущих из x_i в x_l , а каждый отдельный маршрут - суперпозиция операторов q (дуг графа $\tilde{G}$), образующих маршрут. Тогда все $|\delta_{il}|$, $\{\delta_{il}\}_i^N$ могут быть введены в матрицу-столбец $\|\delta_{il}\|$, получаемую путем суммирования столбцов матрицы $\Delta = \|\delta_{il}\| \cdot \Phi^T \cdot \Omega^T$, где

$\Delta^0 = \|\delta_i^0\|$ – диагональная матрица. Содержание Δ определяется структурой $\hat{G}$, а синтез оптимальной $\hat{G}_{opt}$ состоит в нахождении $\hat{G}_{opt} = \arg \min [\Phi(\Delta(\hat{G}))]$, $\hat{G} \in \{\hat{G}\}$, где Φ – некоторый функционал, например, $\Phi = \sum_{i=1}^{w_A} (|\delta_i^0| + \sum_{j=1}^{w_A} |\Phi(i, \delta_j^0)|)$.

На стадии проектирования, а для эргатических систем и при эксплуатации, формальное описание всех q , составляющих Φ_{if} , часто осуществить не удастся. Для ранжирования Φ_{if} по значимости при формировании $|\delta_i|$, а также для количественной оценки роли d_i в реализации целевой функции системы и для относительного сравнения различных вариантов структур по степени иерархической организованности, разработан метод "h-критериев". В основе метода лежат следующие аксиоматические положения: степень h_i влияния процесса d_i на целевую функцию системы возрастает по мере увеличения числа m маршрутов, ведущих из d_i в систему, и убывает по мере увеличения длины каждого маршрута; за длину условно принимается некоторая мера, например, число n операторов q в отдельном маршруте – $\Phi_{if} = \bigcup_{p=1}^m (q_1 \dots q_p)$; степень h_{if} зависимости d_f от d_i ($i \neq f$) тем больше, чем больше число m маршрутов, ведущих в d_f из d_i , и тем меньше, чем длиннее эти маршруты; величина погрешности $|\delta_i|$ процесса d_i тем больше, чем больше h_{if} , а требования по точности к воспроизведению d_i тем ниже, чем меньше h_i ; степень иерархической организованности $\hat{G}_1 \in \{\hat{G}\}_1^{w_A}$ больше, чем в $\hat{G}_2 \in \{\hat{G}\}_1^{w_A}$, если $h_{G_1} > h_{G_2}$, где $h_G = \sum_{i=1}^{w_A} |h_i|$. Значения h_{if} составляют матрицу $\|h_{if}\|$ размера $w_A \times w_A$, причем $h_{if} = -h_{fi}$, $h_i = \sum_{j=1}^{w_A} h_{ij}$, $h_G = \sum_{i=1}^{w_A} |\sum_{j=1}^{w_A} h_{ij}|$, $\mathfrak{B}^T \xrightarrow{\omega} \|h_{if}\|$, $\left. \begin{aligned} \omega: < ? \rightarrow ? , m \rightarrow m , n \rightarrow n^{-1} , U \rightarrow \Sigma , = \rightarrow \emptyset \end{aligned} \right\}$, где ω – однозначное отображение матрицы $\mathfrak{B}^T$ в матрицу $\|h_{if}\|$.

Метод h-критериев позволил провести количественный анализ иерархической организации различных структур БТС ПДН и выработать требования к отдельным узлам, исходя из разработанной структурной модели погрешности.

Четвертая глава посвящается анализу методического обеспечения (МО) АПЭ. Основой формального подхода является представление тест-объектов (ТО) множеством с заданным начальным отношением и операцией отображения этого множества на самого себя. Выявление того или иного наиболее общего вида операций над множествами ТО составляет задачу классификации МО по признаку реализационной общности. Цель такой классификации – разделить многообразие методик на классы, которые могут быть реализованы универсальными техническими приемами. В работе выявлены и формально описаны два класса тестов: корректурного типа (деятельность Исп заключается в разделении

множества ТО на подмножества) и перестановочного типа (Исп формирует на множестве ТО отношение порядка, переставляя ТО относительно друг-друга в пространстве и во времени). В работе построены обобщенные формальные модели поведения Исп, процессов формирования и предъявления тестовой и диагностической информации для методик корректурного и перестановочного типа.

Исследование измерительно-вычислительного процесса формирования диагностического суждения методом h -критериев с учетом анализа формализованной модели АПЭ позволило определить оптимальную многоуровневую структуру поэтапного формирования 'Э' с интерактивным взаимодействием Исс с АПК в диалоговом режиме. Последовательность формирования 'Э' составляют: измерение пространственно-временных координат состояния элементов сенсомоторного поля; идентификация состояния модели поведения Исп; интерпретация состояния модели поведения в состояние модели психических процессов, выбираемой в соответствии с валидностью конкретной методики; определение класса, к которому принадлежит состояние модели психических процессов, формирование окончательного суждения. Последний этап является прерогативой Исс. Перераспределение остальных этапов между АПК и Исс определяет уровень автоматизации измерительно-вычислительного процесса, при этом обеспечивается возможность визуализации данных на каждом этапе. В таком режиме требования по точности к процессам $\langle \Phi \rangle$ (рис.3) минимальны, но активная роль и ответственность Исс (процесс $\langle \Phi_2 \rangle$) за правильность принятия командных решений по управлению информационно-вычислительным процессом максимальны.

Осуществленный при анализе МО подход позволил сформулировать принцип синтеза технического, программного и методического обеспечения БТС ПДН, получившего название принципа "реализационной общности", главным достоинством которого является независимость проектировщика от валидности теста и возможность реализации на одном АПК целого класса методик.

Пятая глава посвящена разработке принципов проектирования АПК на видеотерминалах растрового типа и с реализационными возможностями, адекватными многообразию корректурно-перестановочных тестов. На рис.4 представлена обобщенная двухплечевая схема АПК (левое плечо ответственно за корректурные, правое - за перестановочные тесты), реализация которой на схемотехническом и программном уровнях связана с выбором одного из двух альтернативных подходов. Первый состоит в проектировании АПК как конструктивно целостного

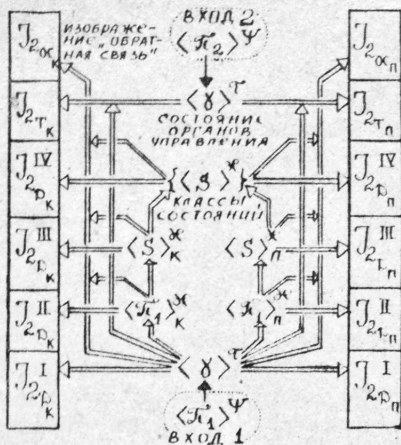


Рис. 4. Обобщенная схема АПК для исследований коррективно-перестановочной деятельности человека. Входами АПК служат поведение Исп и Исс; выходами АПК являются двумерные изображения J_2 ; значки "К" и "П" соответствуют моделям методик коррективного и перестановочного типа

АПК получила воплощение в различных вариантах. Для телевизионных способов отображения информации разработаны два технических метода, соответствующих идеологии двух приведенных выше подходов. Первый метод основан на управлении смещением импульсов синхронизации (ИС) ВКУ относительно ИС видеосигнала (ВС) и выбором требуемого фрагмента из ВС. Второй метод основан на цифровом синтезе изображений. В обоих случаях рекомендовано применение прозрачного сенсомоторного поля, пространственно совмещенного с экраном ВКУ.

В шестой главе рассматриваются методики и несколько вариантов АПК, выполненных на различных элементных базах, например:

- АПК на базе ЭВМ "Искра 1257" разработан для целей детской психодиагностики и предназначен для исследования познавательных психических процессов, памяти и внимания по методикам коррективного типа со статическими тестовыми изображениями, использовался в клиниках детских инфекций и психиатрии ЛПИМ;

- АПК на базе АСВТ М-6000 реализует методики перестановочного типа и предназначен для обучения, контроля и исследования функциональных возможностей человека, работающего с множеством движущихся

устройства, но с двумя слабо связанными субсистемами коррективного "К" и перестановочного "П" назначения. Целесообразность такого подхода оправдана для АПЭ, проводимого без привлечения элементов вычислительной техники. Второй подход обеспечивается единой элементной базой, в которой для проведения эксперимента используются средства вычислительной техники, а программное обеспечение включает проблемную часть, делящуюся на программы "К" и "П" назначений. Проведенные исследования обобщенной схемы АПК показали эффективность комбинирования технических средств вычислительной техники, телевизионных методов отображения информации и электронных узлов, связывающих и регулирующих работу всего комплекса. Обобщенная схема

объектов, воспроизводимых на графическом дисплее;

- Комплексы на телевизионных средствах формирования и предъявления информации (построены на основе программного управления фазой синхроимпульсов и цифрового синтеза изображений и обладают существенно лучшими качественными и функциональными показателями для корректурно-перестановочных методик). Ограничений на источники видеосигналов нет - ими могут быть передающие телевизионные камеры, видеомagniтофоны, телевизионный вещательный канал и непосредственно схемы электронного синтеза изображений. На АПК в качестве постановочного эксперимента проведены исследования по предложенной в работе методике "автоматизированного управления входным потоком информации", позволяющей обучать испытуемого выбору максимально допустимого потока входной информации при корректурном испытании. Экспериментальные результаты положительно характеризуют функциональные и реализационные возможности комплексов для классов корректурно-перестановочных тестов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. На основе рефлексорной теории, теории функциональных систем, современных представлений об управляемом эксперименте и эмпирических путях познания психики построена формализованная модель автоматизированного психологического эксперимента (АПЭ). Анализ модели показал, что метод решения проблемы АПЭ должен основываться на теориях биотехнических и информационно-измерительных систем. Рассмотрен новый вид биотехнических измерительно-вычислительных систем, получивших название БТС психодиагностического назначения (ПДН). Основным отличительным свойством БТС ПДН является двойная гетерогенность - понятие, впервые введенное и обусловленное разнородностью в составе системы и в способах описания ее элементов. Построена обобщенная структурно-информационная модель БТС ПДН, определены каналы информационного взаимодействия, реализующие биотехнический диалог между испытуемым и исследователем.

2. Введено формальное определение гетерогенной системы и на основе теории графов, алгебры матриц и комбинаторики разработан математический метод исследования структурно-функциональной организации, иерархии и точности гетерогенных систем. Получены формулы и методики расчетов, составлена машинная программа.

3. Количественно исследованы структурно-функциональная организация, иерархия и точность БТС ПДН. Элементы, процессы и каналы

информационного взаимодействия в БТС ПДН ранжированы по степеням влияния на достижение результата и точность реализации целевой функции.

4. Предложен новый принцип "реализационной общности", дающий возможность создавать приборное и методическое обеспечение, позволяющее проводить обследования по целым классам экспериментальных психологических методик. Принцип основан на классификации методик по типу формальных операций, осуществляемых испытуемым на множестве тест-объектов. Описаны два класса методик, названных тестами корректурного и перестановочного типа и включающих большинство известных методик с предъявлением тестовых изображений. Построены универсальные модели процессов формирования и предъявления тестовых изображений, поведения испытуемого, двумерных шкал для визуального отображения деятельности испытуемого.

5. Исследован измерительно-вычислительный канал формирования диагностического заключения и предложена многоуровневая структура с интерактивным управлением со стороны исследователя, характеризующая гибкостью в распределении функций между ИСС и АПК и относительно малыми требованиями к точности технических звеньев канала.

6. Разработана обобщенная структура комбинированного технического звена БТС ПДН для реализации корректурных и перестановочных тестов на основе аппаратных и программных средств с применением растровых видеотерминалов и синтезаторов телевизионных изображений. Предложены новые и систематизированы существующие методы и приемы синтеза телевизионных изображений для воспроизведения разнообразных тест-объектов. Предложен метод "функциональных масок" для нормирования информационных воздействий на испытуемого и эргономически оптимальный способ согласования в канале "техническое звено - испытуемый".

7. По теоретическим материалам диссертации разработан ряд комплексов, технических устройств, методик и программ для автоматизированного психологического эксперимента. Объем проведенных исследований, практические и экспериментальные результаты характеризуют эти приборы, методическое и программное обеспечение как эффективные средства решения задач психологической диагностики.

В приложения вынесены технические и экспериментальные характеристики, элементы методического и программного обеспечения разработанных АПК, материалы по внедрению. Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Мозгалеvский А.В., Юдин Ю.В., Муромцев К.К. Некоторые во-

просы оценки действительного состояния объектов диагностики методами распознавания образов // Вопросы технической диагностики. - Таганрог, 1973. - Вып.9. - С.59-60.

2. Балашов В.Л., Зенькович С.Г., Муромцев К.К. Математическое моделирование процессов внимания // Тез. докл. П Респ. науч.-практ. конф. по медицинской кибернетике. - Горький, 1979. - С.168-169.

3. Попечителев Е.П., Муромцев К.К. Многоуровневая структура формирования психодинамического заключения // Применение математических методов и ЭВМ в медицинской технике. - М., 1984. - С.152-154.

4. Муромцев К.К. Вопросы синтеза психодиагностических комплексов // Электромеханика и электротехника. - Тбилиси, 1985. - С.85-86.

5. Попечителев Е.П., Муромцев К.К. Организация управления в тестовых методиках коррективного типа // Надежность и контроль в биотехнических системах. - Л., 1985. - С.40-45.

6. Муромцев К.К. Психологические аспекты безопасности и охраны труда человека-оператора БТС // Надежность и контроль в биотехнических системах. - Л., 1985. - С.50-55.

7. Муромцев К.К. Психодиагностические аппаратно-программные средства для контроля в биотехнических системах // Надежность и контроль в биотехнических системах. - Л., 1985. - С.15-21.

8. Муромцев К.К. Информационно-структурная модель внимания // Принципы и механизмы деятельности мозга человека. - Л., 1985. - С.100.

9. Попечителев Е.П., Муромцев К.К. Вопросы организации автоматизированного психологического эксперимента // Автоматизированные системы осмотра населения. - Л., 1985. - С.46-47.

10. Попечителев Е.П., Муромцев К.К. Биотехнический подход к автоматизации психодиагностических обследований // Проблемы создания технических средств для массовой диспансеризации населения. - М., 1985. - С.116-117.

11. Устройство для воспроизведения изображений: Полож. реш. от 14.03.85: МКИ Н04М5/262 / Е.П.Попечителев, К.К.Муромцев; ЛЭТИ. - № 3815290/24-09; Заявл. 23.11.84.

12. Устройство для воспроизведения изображений: Полож. реш. от 25.03.86: МКИ Н04М5/262 / Е.П.Попечителев, К.К.Муромцев; ЛЭТИ. - № 3896433/24-09; Заявл. 17.05.85.

13. Устройство для воспроизведения изображений: Полож. реш. от 14.01.86: МКИ Н04М5/262 / Е.П.Попечителев, К.К.Муромцев; ЛЭТИ. - № 3933721/24-09; Заявл. 23.07.85.



Типография МВТУ Дата разрешения к печати 09.09.80г.
Тир. 100 Объем 1 П/л Зак. № 1042. Л - 63155.