

Н.А. Кореневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль-Касасбех, А.А. Кузьмин

КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ

Аннотация

Предлагаемый программно-технический комплекс для исследования основных параметров внимания и памяти позволяет достаточно точно дифференцировать исследуемые психические свойства личности, достоверно выделяя такие показатели внимания, как концентрированность, объем, селективность, переключаемость, распределяемость, устойчивость, и такие показатели памяти, как объем, точность и оперативность.

Формирование стимульной информации и фиксация реакции испытуемого осуществляются единой универсальной резистивной сенсорной панелью, что в совокупности с модульным программным обеспечением позволяет менять режимы работы, модифицировать и расширять реализуемые методики без изменения технической конфигурации устройства. В качестве примера в работе рассмотрен вариант использования предлагаемого комплекса для решения одной из важных задач психологии – дифференциальной диагностики функционального состояния человека.

Современный этап развития психологии характеризуется резким возрастанием объема использования психологических знаний в практических целях [1]. Психологическая диагностика становится решающим фактором при проектировании современных человеко-машинных систем, при создании техники, максимально приспособленной к человеческим характеристикам, при разработке мероприятий по поддержанию высокой работоспособности и надежности деятельности операторов социотехнических систем. При этом исследуются как психологическое состояние человека при выполнении заданного вида деятельности, так и показатели, отражающие структуру психических процессов человека, которые характеризуются в основном шестью составляющими: сенсорными процессами, психомоторикой, памятью, мышлением, вниманием и личностными характеристиками [2]. Анализ современного состояния вопроса в области медико-технических достижений позволяет сделать вывод о том, что методы психологической диагностики реализованы широким спектром аппаратов и систем, среди которых можно выделить такие, как «Ритмотест» – исследование воспроизведения ритмичных раздражителей [3], «Бинатест» – тестирование стратегии выбора реакций, «Мнемотест» – исследование воспроизведения зрительных матричных образцов [4], «Психомат» – автоматизация психологических и психофизиологических обследований с помощью IBM-совместимого персонального компьютера [5]. Анализ методик, реализуемых этими и другими типами приборов, показывает, что при всей широте реализуемых методик они не обеспечивают надежной дифференциации основных психических свойств личности, таких как селективность, устойчивость, концентрированность внимания и т. д. В то же время возможность тонкой дифференциации отдельных психических свойств личности позволяет в ряде практических случаев значительно повысить качество диагностики функционального состояния человека, его способности к выполнению профессиональных обязанностей в информационно насыщен-

ных системах, его психического здоровья и т. д. Для определения характеристик основных свойств внимания и памяти человека предлагается программно-технический комплекс, позволяющий определять такие параметры внимания, как концентрированность, объем, селективность, переключаемость, распределяемость, устойчивость; такие свойства памяти, как объем, точность и оперативность.

Отличительной чертой предлагаемого комплекса является то, что стимульная информация и реактивная клавиатура реализованы с использованием универсальной резистивной сенсорной панели.

Резистивная сенсорная панель имеет многослойную структуру, состоящую из двух проводящих поверхностей, разделенных специальным изолирующим составом, распределенным по всей площади активной области экрана. При касании наружного слоя, выполненного из тонкого прозрачного пластика, его внутренняя проводящая поверхность совмещается с проводящим слоем основной пластины, благодаря чему происходит изменение сопротивления всей системы. Это изменение фиксируется микропроцессорным контроллером, передающим координаты точки касания управляющей программе компьютера. В работе использована панель Magic Touch Add-On Kit for 13"-15" monitor (LCD or CRT); KTMT-1315-USB, изготовленная фирмой «Magic Touch», которая размещается поверх экрана любого лучевого или жидкокристаллического монитора, закрепляясь двухсторонним специальным скотчем [6]. В результате получается сенсорный экран, который соединяется с компьютером при помощи USB-порта.

К достоинствам использованной панели следует отнести влагостойкость, ударопрочность, высокую надежность (более 35 миллионов прикосновений в одной точке), что актуально при проведении большого количества исследований, низкую стоимость, высокую точность регистрации прикосновения (стандартная девиация ошибки устройства составляет менее 0,32 мм, стандартное разрешение сенсорного слоя – 4096×4096 пиксела).

Структурная схема программно-технического комплекса исследования основных параметров внимания и памяти человека приведена на *рис. 1*.

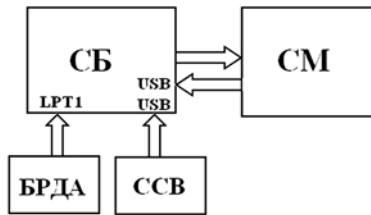


Рис. 1. Структурная схема комплекса

Комплекс включает в себя: СБ – системный блок ПЭВМ; СМ – сенсорный монитор, выполненный на основе стандартного монитора 14”-15”, с внедренной сенсорной панелью, который подключен к выходу видеокарты и к порту USB компьютера; ССВ – стандартные средства ввода ПЭВМ (клавиатура и манипулятор «мышь»); БРДА – блок регистрации двигательной активности.

Одной из проблем промышленно выпускаемых аппаратов для психологических исследований является то, что если в реализуемых методиках одним из регистрируемых показателей является время реакции, то в состав этого времени включаются такие «мешающие» составляющие, как время движения до реактивной кнопки и время ее срабатывания, что значительно снижает точность исследования целого ряда практически важных психических свойств [1]. В предлагаемом комплексе этот недостаток в значительной мере компенсируется тем, что отсчет времени реакции начинается с момента изменения параметров миограммы во время принятия решения человеком о совершении двигательного акта, а взаимодействие человека с сенсорной панелью технической системы является сигналом подтверждения двигательной реакции, который используется для оценки правильности или ошибочности совершаемого действия. Этот механизм реакции реализуется блоком регистрации двигательной активности БРДА. Блок включает в себя модуль поверхностных электродов, которые накладываются на конечность пациента и подключаются гибким экранированным кабелем; усилитель биопотенциалов с гальванической развязкой; блок сравнения, формирующий уровень логической единицы при регистрации двигательной активности конечности пациента. Выходной каскад блока подключен к выводу D0 стандартного параллельного порта ПЭВМ.

Таким образом, в составе разработанного комплекса можно выделить схему управления и обработки, реализованную программным обеспечением, входящим в состав комплекса, блок формирования стимулов, представленный сенсорным экраном, и блок формирования ответа, реализованный с использованием сенсорного экрана и блоком регистрации двигательной активности. Данная структура отличается высокой универсальностью, позволяющей реализовать широкий спектр психологических исследований посредством разработанного ответственного программного обеспечения.

Программное обеспечение (ПО) программно-технического комплекса создано с использованием компилятора Microsoft Visual C++ 2008, имеет модульную структуру и функционирует под управлением операционной системы Windows. Каждый модуль связан с конкретным психофизиологическим исследованием и выбирается из основной программы посредством меню.

Модуль исследования основных параметров внимания имеет графический интерфейс пульта испытуемого (ПИ), представленный на *рис. 2*. ПИ осуществляет предъявление испытуемому стимульной и предупредительной информации с помощью точечных источников света, цифровых индикаторов и подсвечивающих табло.

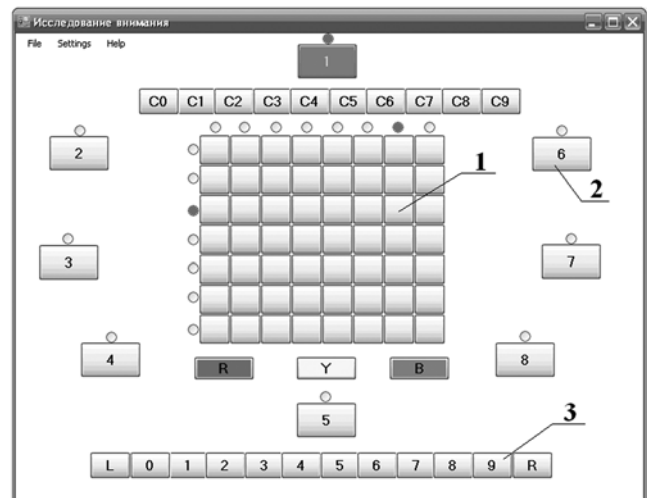


Рис. 2. Графический интерфейс пульта испытуемого

При измерении концентрированности внимания в темпе, определяемым ПО, вдоль матрицы кнопок 1 (*рис. 2*) в случайном порядке засвечивается пара стимульных индикаторов (один по горизонтали, другой по вертикали). Задача испытуемого состоит в том, чтобы на матрице кнопок, изображенной на сенсорном мониторе, как можно быстрее нажать ту кнопку, которая находится на пересечении мысленных линий, проводимых от высвеченной пары стимулов. В этой методике условно нарисованные на матрице линии кнопок не видны, а размеры самих кнопок сопоставимы с размерами индикаторов. Концентрированность внимания испытуемого проявляется в его умении в процессе преследования движения глаз по координатам зрительного поля выделять из однородного фона необходимую кнопку, активно сопротивляясь влиянию фона, создаваемого рядом расположенными кнопками.

Показатель концентрированности внимания рассчитывается в соответствии с формулой (1):

$$K_{\pi} = \frac{N}{N - C} \cdot T_{cp}, \quad (1)$$

где N – число предъявленных стимулов; C – число ошибок испытуемого (реакция не совпадает с точным местом пересечения координат предъявляемой пары стимулов); T_{cp} – среднее время реакции испытуемого

$$T_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i,$$

где t_i – время реакции в каждом отдельном испытании.

Время реакции определяется между моментом предъявления стимульной информации и моментом изменения параметров миограммы в ответ на команду от центральной нервной системы на совершение акта движения.

При измерении объема внимания на матрицу кнопок 1 программно наносятся одноцветные цифры от 1 до 49, расположенные в случайном порядке. Испытуемый должен как можно быстрее отыскать цифры в возрастающем порядке и реагировать нажатием на них. Показатель объема внимания V рассчитывается в соответствии с формулой, аналогичной формуле (1), где N – количество кнопок.

При измерении селективности внимания на ПИ задействована линейка кнопок 3 с цифровым обозначением от 0 до 9 и линейка цифровых индикаторов С0...С9, на которой в случайном порядке и в случайной позиции предъявляются цифры натурального ряда. Цифры в этой методике появляются без помех и на фоне визуальных помех. Испытуемый вначале реагирует на появляющиеся без помех цифры нажатием на соответствующую клавишу клавиатуры 3. На втором этапе исследований испытуемый реагирует на появление цифр на фоне визуальных помех. Селективность внимания определяется как отношение показателей эффективности восприятия цифр на фоне визуальных помех и без них по формуле

$$CB = \frac{T_2^{cp} \cdot (N - C_2)}{T_1^{cp} \cdot (N - C_1)} \cdot T_{cp}, \quad (2)$$

где T_1^{cp} и T_2^{cp} – среднее время опознания цифр без помех и на фоне визуальных помех, мс; C_1 и C_2 – число совершенных ошибок при определении цифр без помех и с помехами соответственно; N – число предъявленных стимулов.

При измерении переключаемости внимания используются три подсвечиваемых табло красного (R), желтого (Y) и зеленого (G) цветов и одна интерактивная клавиша R с клавиатуры 3. Порядок чередования и темп предъявления предупредительных стимулов определяются ПО. Испытуемый должен следить за появлением световых стимулов (табло желтого цвета) и предупредительной информации (табло красного и зеленого цвета), реагируя нажатием реактивной клавиши на начало предъявления стимульного источника, если ему предшествовал зеленый предупредительный сигнал, или на конец свечения стимульного источника, если ему предшествовал красный предупредительный сигнал. В такой ситуации испытуемому нужно гибко реагировать на изменение существующей установки и экстренно создавать в промежутке между предупредительными и пусковыми сигналами предварительную готовность к новому типу реакции, что при достаточной скорости чередования сигналов создает значимую нагрузку на пере-

ключаемость сенсорного внимания. Переключаемость сенсорного внимания P рассчитывается по формуле, аналогичной формуле (1).

При исследовании распределяемости внимания на ПИ используется «круговое» табло, элементами которого служат пара световых стимулов в виде точечного источника (стимульная информация) и одна из цифр натурального ряда от 1 до 8 (предупредительная информация). Для фиксации реакции испытуемого используются соответствующие цифры клавиатуры 3. Исследование распределяемости ведется по 5 программам. По первой программе испытуемому предъявляется одна предупредительная постоянно горящая цифра 1 и рядом с ней периодически зажигается точечный стимул, на появление которого испытуемый должен реагировать нажатием на клавишу с номером «1» клавиатуры 3. По второй программе к первой зажженной предупредительной цифре добавляется еще одна постоянно горящая предупредительная цифра. Рядом с ней в случайном порядке и в темпе, заданном ПО, будут зажигаться точечные стимулы, на которые испытуемый должен реагировать нажатием соответствующей клавиши. По каждой последующей программе испытуемому добавляется по две новых предупредительных постоянно горящих цифры и по два случайно появляющихся точечных стимула. Распределяемость зрительного внимания определяется путем измерения и сравнения среднего времени двигательных реакций в условиях постоянного увеличения числа зрительных стимулов, которые необходимо удержать в зрительной памяти. Интегральный показатель распределяемости внимания рассчитывается по формуле

$$PB = \frac{N - C}{N} \cdot R \cdot 1000, \quad (3)$$

где N – число предъявлений стимулов ($N = 75$ – по 15 предъявлений на каждое число стимулов, между которыми распределяется внимание); R – коэффициент линейной корреляции.

Время, в течение которого человек способен сохранять определенный, адекватный конкретным задачам уровень внимания, характеризует устойчивость внимания. Устойчивость внимания может быть исследована серией тестов, в которых испытуемому в случайном порядке предъявляются цифры натурального ряда от 0 до 9. Человек должен классифицировать эти цифры по простому алгоритму: при появлении четной цифры реагировать нажатием на левую клавишу клавиатуры 3, при появлении нечетной – на правую. Нажатие на интерактивную кнопку приводит к мгновенной смене цифры. Устойчивость зрительного внимания характеризуется «разбросом» среднего времени реакции испытуемого и числом совершенных ошибок. Интегральный показатель устойчивости определяется по формуле

$$YB = \frac{N}{N - C} \cdot \frac{\sum |T_i - T_{cp}|}{T_{cp}}, \quad (14)$$

где T_i – время i -й реакции испытуемого на стимул.

При исследовании такого показателя, как объем памяти, используется интерактивная клавиатура 1, которая в данном виде тестирования играет роль квадратной матрицы поля стимулов (КМПС). Основная процедура обследования состоит из ряда циклов, каждый из которых содержит этап предъявления зрительного образа в виде совокупности подсвеченных и неподсвеченных элементов КМПС, предъявляемых на некоторое время экспозиции, и последующего этапа воспроизведения испытуемым этого времени нажатием на те элементы матрицы, свечение которых он запомнил. Предъявление и воспроизведение зрительного матричного образа осуществляется на одних и тех же элементах матрицы. Основными параметрами метода являются: время экспозиции (от 20 мс до 360 с); объем зрительного образа, определяемый общим числом элементов предъявляемой матрицы (от 3×3 до 7×7 , при этом число элементов матрицы регулируется программным образом); статистическая сложность образа, которая определяется средней частотой появления подсвечиваемого элемента матрицы. Статистический синтез изображений проведен таким образом, что средняя частота появления светящегося элемента остается постоянной при изменении объема зрительного образа. Предусмотрен режим предъявления зрительных образов, имеющих зависимую статистическую структуру, со средней частотой появления светящегося элемента, зависящего от состояния соседнего элемента. Один из режимов позволяет предъявлять последовательность образов, в которых половина светящихся элементов появляется на постоянных позициях, а вторая половина – по псевдослучайному закону. Также имеется возможность предъявления образа на время, определяемое самим испытуемым, например, до полного запоминания.

Объем памяти ОР рассчитывается в соответствии с формулой, аналогичной формуле (1), где N – общее количество предъявленных образов; C – количество ошибочно воспроизведенных образов; $T_{\text{ср}}$ – среднее время ответа испытуемого.

Для исследования точности и оперативности работы памяти используются методики, описанные в работе [1], которые включают последовательность таких тестов, как поиск сигнала в шуме, опознание, полное воспроизведение, определение отсутствующей цифры. В процессе работы используется интерактивная клавиатура 3, в которой надписи на крайних клавишах «L» и «R» программно меняются на «Да» и «Нет» соответственно, а цветная клавиша «Y» – на надпись «Готов». Испытуемый получает задачу запомнить предъявляемую ему с помощью «всплывающего» окна цифру-инструкцию и с помощью кнопок «Да» и «Нет» отметить, присутствовала ли данная цифра в последовательности из 5 цифр. Тестирование включает в себя предварительный этап тренировки, в ходе которого через 1 с после нажатия испытуемым кнопки «Готов» появляется цифра-инструкция, после чего через 1 с следует с межстимульным интервалом 120...150 с последовательность из 5 цифр. Через 2 с после ре-

акции испытуемого появляется новая цифра-инструкция и через 1 с – новая последовательность из 5 цифр. После предъявления 5 последовательностей тренировка завершается и ПО переводится в режим тестирования, в ходе которого испытуемому последовательно предъявляется 20 серий из 5 цифр, каждая в указанном выше порядке.

При тестировании опознания порядок проведения исследования во многом аналогичен предыдущей методике. Испытуемому автоматически предъявляются серии из 5 цифр натурального ряда, каждая с тем лишь отличием от методики поиска сигнала в шуме, что цифра-инструкция подается не перед началом предъявления серии, а через 1 с после ее завершения.

При исследовании полного воспроизведения испытуемый получает задачу, в ходе которой он должен воспроизвести предъявленную серию из 5 натуральных цифр. Предварительно проводится обучение испытуемого, в ходе которого через 1 с после нажатия на кнопку «Готов» ему предъявляется серия из 5 цифр, которую необходимо воспроизвести на цифровой клавиатуре. Спустя 2 с после окончания воспроизведения автоматически предъявляется новая серия цифр. После предъявления 5 серий тренировка завершается и ПО переходит в режим тестирования, предъявляя пациенту 20 серий из 5 цифр.

В ходе проведения теста по определению отсутствующей цифры испытуемому предъявляется серия из 5 цифр, вслед за которой с интервалом в 1 с при помощи всплывающего сообщения предъявляются те же цифры, кроме одной. Необходимо определить отсутствующую цифру и отметить ее нажатием на соответствующую клавишу. В процессе тестирования испытуемому предъявляется 20 серий по 5 цифр каждая.

В качестве основных показателей ПО рассчитывает количество правильных и ошибочных ответов, а также временные характеристики: среднее время ответов, общее время воспроизведения и время запоминания в режиме произвольной экспозиции.

Определение точности и оперативности работы памяти (ТОР) осуществляется по формулам, аналогичным формуле (1), где N – общее количество предъявленных серий цифр; C – количество ошибочных ответов; $T_{\text{ср}}$ – среднее время ответа испытуемого.

В качестве примера покажем, как показатели внимания могут быть использованы для решения важной психологической задачи – оценки функционального состояния человека – с определением таких классов, как фоновое состояние, активация, состояние эмоционального напряжения и утомление. Для этого были проведены тестирования 150 студентов 1 и 2 курсов Курского государственного технического университета, по результатам которых были сформированы обучающие выборки. Элементами обучающих выборок являются признаки, рассчитанные по формулам: $X1 = CB - CB_0$; $X2 = P - P_0$; $X3 = V - V_0$; $X4 = PB - PB_0$; $X5 = YB - YB_0$; $X6 = K_n - K_{n0}$, где CB – показатель селективности

внимания; P – переключаемость внимания; V – объем внимания; PB – распределяемость внимания; YB – устойчивость внимания; K_n – концентрированность внимания. Нулевые индексы переменных соответствуют показателям, измеренным в состоянии спокойного бодрствования пациента. По полученным обучающим выборкам на первом этапе разведочного анализа, проведенном с использованием динамического конструирования двумерных классификационных пространств, были получены следующие выражения для отображающих функций:

$$\begin{cases} y_1 = 0,01X_1 + X_2 + 0,02X_3 + 0,05X_4 + 0,01X_5 + X_6; \\ y_2 = 0,02X_1 + 0,01X_2 + 0,01X_3 + 0,03X_4 + X_5 + 0,01X_6. \end{cases} \quad (5)$$

Принимая во внимание малое значение коэффициентов при некоторых переменных, выражение (5) было преобразовано в выражение для отображающих функций (6)

$$\begin{cases} y_1 = X_2 + X_6; \\ y_2 = X_5. \end{cases} \quad (6)$$

На втором этапе разведочного анализа для функций вида (6) было получено отображающее пространство с границами классов разделения, приведенными на рис. 3.

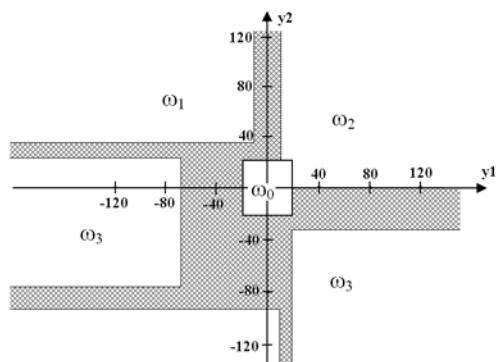


Рис. 3. Отображающее пространство для классификации основных параметров внимания

На этом рисунке зона ω_0 – фоновое состояние; ω_1 – состояние активации; ω_2 – эмоциональное напряжение; ω_3 – утомление различных стадий. Заштрихованная область рисунка относится к классу сочетанных состояний и содержит «смесь» объектов различных классов.

Использование отображающего пространства в качестве классификационного обеспечивает вероятность правильной классификации на обучающей выборке на уровне 0,87.

Список литературы:

1. Плотников В.В., Корневский Н.А. Забродин Д.М. Автоматизация методик психологического исследования: принципы и рекомендации / Монография. – Орел, 1989. 327 с.

2. Шмелев А.Г. Психодиагностика и новые информационные технологии // В сб.: Компьютеры и познания. – М.: Наука, 1990. С. 87-105.
 3. Bol'shakova M.B., Gorbatenko S.A., Kaliteevskiy F.P. Analysis of regularities of rhythmic sensomotor activities using a Rhythmotest device // Med. Tekh. 1991. № 6. P. 19-21.
 4. Piatkov A.V. A systems analysis of the value of the psychophysiological characteristics obtained by using the family of Rhythmo-, Mnemo- and Binatest microprocessor apparatus // Med. Tekh. 1996. № 3. P. 28-31.
 5. Maiveev E.V., Nadezhdin D.S., Shemsudov A.I., Kalinin A.V. The Psychomat computer complex for psychophysiologic studies. // Med. Tekh. 1991. № 2. P. 39-41.
 6. Holzinger A. Finger Instead of Mouse: Touch Screens as a Means of Enhancing Universal Access / In: Carbonell N., Stephanidis C. (Eds): Universal Access, Theoretical Perspectives, Practice, and Experience // Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2615. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2003. ISBN 3-540-00855-1/ P. 387-397.

Николай Алексеевич Корневский,
 д-р техн. наук,
 профессор,
 зав. кафедрой,
 Дмитрий Евгеньевич Скопин,
 канд. техн. наук,
 доцент,

кафедра «Биомедицинская инженерия»,
 Курский государственный
 технический университет,
 г. Курск,
 Руад Таха Аль-Касабех,
 канд. техн. наук,
 доцент,
 кафедра электротехники,
 Университет прикладных наук
 «Эль-Балка», г. Амман, Иордания,
 Александр Алексеевич Кузьмин,
 канд. техн. наук,
 доцент,
 кафедра «Биомедицинская инженерия»,
 Курский государственный
 технический университет,
 г. Курск,
 e-mail: Lilja-74@inbox.ru