

НОВЫЕ МЕТОДИКИ И АППАРАТУРА

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО
ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

*Луцкий В. А., Греченко Т. Н., Лебедев В. С.,
Наживин Ю. С.*

Наши познания в области фундаментальных закономерностей живой природы явно недостаточны для объяснения психических феноменов [3—6, 20, 26]. Психологические эксперименты, подготавливая почву для открытия этих закономерностей, обычно направлены на статистическое исследование частных характеристик явлений психики. Целью таких экспериментов является создание модели исследуемой области психических характеристик. Сложность исследуемых объектов, высокая вариативность индивидуальных характеристик и их вероятностные свойства для получения приемлемой достоверности результатов требуют больших объемов исходного статистического материала. Даже исследование одиночных, простых характеристик, связанных, например, с порогами сенсорной чувствительности, требует многократных серий замеров, так что общий объем экспериментальных данных составляет сотни отсчетов. Учет дополнительных факторов, попытка проведения системных исследований в многомерной области параметров ведет к увеличению числа проб в эксперименте пропорционально степенной функции, аргументом которой служит число существенно влияющих взаимосвязанных факторов. Например, исследование цветового зрения человека и построение модели его цветового пространства методом многомерного шкалирования требует не менее 10 тыс. замеров в эксперименте для каждого испытуемого [21, 22].

Вычислительная техника, применяемая в психологических экспериментах, выполняет оценки статистических параметров полученных распределений, вычисление взаимокорреляционных характеристик исследуемых параметров, оценки доверительных интервалов и доверительных вероятностей [2, 4, 8, 9, 17, 21, 22, 26].

В некоторых экспериментах ЭВМ осуществляет формирование и предъявление стимульных воздействий [3, 5]. Экспериментальная ситуация в этом случае строго определена и воспроизводима [22, 24].

В современных психологических исследованиях ЭВМ становится необходимой для создания математических моделей, описывающих исследуемые психические феномены, и моделей изменяющейся экспериментальной ситуации. Так, в инженерной психологии при изучении действий человека-оператора применяется моделирование посредством ЭВМ объекта управления [12, 13, 16]. Такого рода тренажеры, где человек-оператор только имитирует управление, используются и для испытания профессиональной пригодности, и для обучения операторов [8, 16, 18]. Математические модели определенных видов поведения, сенсорных процессов, мышления, памяти создаются на основе данных психологического эксперимента и позволяют понять принципиальные особенности явлений [4, 5, 10, 21, 24, 25].

В настоящее время большая часть исследований в области экспериментальной психологии проводится с применением ЭВМ. Примерно в

10% установки для проведения экспериментальных работ являются системами управляемого эксперимента. Термин «управляемый эксперимент» означает, что задачи первичной статистической обработки материала, формирование и контроль режимов экспериментальной ситуации, решение основных и сопутствующих математических задач и задач математического моделирования осуществляются в реальном времени в ходе эксперимента [5, 10, 24, 26]. Поэтому, учитывая временные ограничения, наиболее жесткие требования предъявляются к ЭВМ в условиях управляемого эксперимента.

В данной работе анализируются требования, предъявляемые к ЭВМ в управляемом психологическом эксперименте, и на основе полученных результатов обосновывается применение вычислительных управляющих микросистем (ВУМС) (в частности, микро-ЭВМ ДЗ-28) в психологических исследованиях; обсуждаются возможности установок управляемого эксперимента, созданных на основе микро-ЭВМ ДЗ-28.

ТРЕБОВАНИЯ К БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В УПРАВЛЯЕМОМ ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Могут ли современные системы сбора и обработки экспериментальных данных, созданные для контроля технологических параметров и физических исследований (в частности, системы «Камак», управляемые ЭВМ класса СМ), обеспечить решение задач психологического эксперимента? Каковы требования к быстродействию вычислительной техники, предназначенной для управления психологическим экспериментом? Чем психологический эксперимент отличается от других автоматизированных измерений (например, в экспериментальной физике или в технологическом контроле параметров электронных изделий)?

На первый вопрос следует ответить положительно: созданные системы сбора и обработки данных задуманы как универсальные для самых разнообразных применений и, естественно, могут выполнять функции управления экспериментом и обработки данных в психологических исследованиях. В связи с этой универсальностью возникает предположение о том, что возможности серийно выпускаемых стандартных систем сбора и обработки данных являются избыточными для решения обычных задач в психологии. За избыточность приходится расплачиваться излишними затратами на приобретение и эксплуатацию, сложностью и ненадежностью оборудования [15, 26]. Для задач психологического эксперимента не требуется предельно высоких быстродействий и производительности (вычислительной мощности) ЭВМ. Предметом исследования в психологических опытах является живой объект, информационная пропускная способность которого значительно ниже, чем у технических или физических объектов. Существенно и то, что временные характеристики исследуемых объектов в психологии остаются неизменными, в то время как качество и быстродействие технических устройств постоянно улучшается. Универсальные системы сбора и обработки информации рассчитываются на обработку потоков данных, поступающих в темпе миллион байт в секунду (например, каналы ввода СМ-1М, СМ-2М), а в системах контроля технологических и физических параметров широко используются микросекундные, наносекундные и даже пикосекундные диапазоны временных разверток.

Временные задержки реакций у живых организмов составляют десятки, сотни миллисекунд. Полоса частот электрических сигналов, с которой встречается экспериментатор при работе с человеком или животным, не превышает 10—20 кГц. Допустимые погрешности измерения временных интервалов составляют 1—10 мс. Требования к измерению амплитудно-фазовых характеристик сигналов в нейропсихологическом эксперименте также невысоки: допустимые погрешности обычно составляют 1—5% измеряемой величины [20, 26].

Требования к быстродействию вычислительных средств, используемых в психологическом эксперименте, несколько повышаются при приеме и обработке данных, поступающих одновременно по нескольким каналам. Тем не менее эти требования ниже, чем в условиях обычных технических применений данной системы, например в системах контроля качества интегральных микросхем.

При оценке быстродействия и производительности (вычислительной мощности) ЭВМ в установках управляемого эксперимента существенны следующие показатели.

1. Время выполнения коротких операций в режиме регистр-память τ (этим временем определяется обычно максимальная скорость ввода данных).

2. Средняя скорость вычислений ρ , определяемая средневзвешенной скоростью выполнения основных арифметических операций

$$\rho = \frac{1}{0,85 \tau_c + 0,09 \tau_s + 0,06 \tau_m}$$

Параметры быстродействия и объемы оперативной памяти некоторых типов ЭВМ и стоимость основного оборудования

Параметры	Средние ЭВМ (вычислительные центры)		Малые ЭВМ (для систем АСУ)			Вычислительные управляющие микросистемы (БУМС)		Требования в системах управления экспериментом
	ЕС 1022	ЕС 1033	СМ-1М	СМ-2М	СМ-4	«Электроника-60»	ДЗ-28	
Среднее время выполнения коротких операций, мкс	7—10	4—8	5	2,1	2,4	5—10	50—60	10—100
Объем оперативной памяти, кбайт	256	512	64	128	256	64	128	8
Средняя скорость вычислений ρ , тыс. опер./с	100	200	100	270	160	17	5,5	1—1,5
Время реакции на внешнее прерывание, мкс	—	—	10—50	10—50	10—50	50—150	200—300	$1 \cdot 10^3$
Параметр PDR (М бит/с)	6,1	9,2	2,3	11,2	6,2	0,3—0,4	0,1	—
Удельная производительность, $\frac{\text{оп} \cdot \text{бит}^{1/2}}{\text{с} \cdot \text{м}^3}$	18	34	28	32	30	14—18	12	—
Стоимость основного оборудования (тыс. руб.):								
с периферийным оборудованием	500	700	100	150	150	35—45	30—40	10
без периферийного оборудования						16	7,5	

где τ_c , τ_s , τ_m — соответственно время, требуемое на выполнение операции сложения с фиксированной запятой, плавающей запятой и умножения с плавающей запятой.

3. Время реакции вычислительной системы на внешнее прерывание t_r .

В ходе управляемого психологического эксперимента ЭВМ принимает последовательность данных и производит вычисления. В интервале между поступающими друг за другом отсчетами измеряемых величин производится серия вычислений. Результат расчета определяет следующий шаг эксперимента и готовит данные к последующей обработке и регистрации. Величина интервала между соседними отсчетами и необходимое для таких расчетов число вычислительных операций определяет нужное быстродействие ЭВМ в управляемом эксперименте. В опытах по исследованию сенсомоторной, перцептивной и мнестической деятельности интервал времени между соседними измерениями составляет 1—10 с. За это время производится регистрация и предварительная обработка данных, обработка внешнего прерывания, формирование очередного стимула и расчет параметров следующего стимула. Полагая на каждую из этих операций в среднем 30—50 вычислений, минимально допустимая производительность процессора составит 120—200 операций/с для каждого канала управления. Использование 5—10 независимых каналов требует быстродействия 1,2—2 тыс. операций/с. Обработка данных опыта, вывод результатов на регистрирующие приборы, расчеты параметров модели производятся по окончании серии измерений.

В нейропсихологических экспериментах требования к быстродействию каналов ввода данных возрастают. Так, при полосе частот аналоговых сигналов до 10 кГц требуемое быстродействие канала ввода данных составляет 20 кГц. Быстродействие 20 тыс. коротких операций в секунду позволит осуществить прием входных данных с полосой до 1 кГц одновременно по 10 каналам. Формирование сигналов управления и обработка внешних прерываний может осуществляться подключением к ВУМС микропроцессорных блоков. Обработка результатов эксперимента производится периодически по окончании серии ввода данных.

Эффективность работы ЭВМ существенно зависит от объема оперативной памяти. Поступающая в ходе психологического исследования информация записывается в оперативную память. Ее объем должен позволить ввод данных по крайней мере одной или нескольких серий эксперимента. Допуская, что экспериментальная серия содержит от 100 до 1000 отсчетов, а также, что часть оперативной памяти отводится под запись программы обработки данных и управления, приемлемый объем памяти составит 8—16 кбайт. Многие эксперименты, выполненные за последнее десятилетие с применением ЭВМ старых выпусков («Днепр», «Наири» и др.) обслуживались вычислительными установками с объемом оперативной памяти примерно 8 кбайт [3, 4, 15].

В табл. 1 приведены характеристики быстродействия и объема оперативной памяти ЭВМ трех основных типов: средних ЭВМ, используемых обычно в стационарных вычислительных центрах, малых ЭВМ, предназначенных для задач управления в системах АСУ, и современных вычислительных управляющих микросистем (ВУМС), а также перечислены основные требования, предъявляемые к ЭВМ для управляемого психологического эксперимента, и приблизительная стоимость оборудования.

Сравнительный анализ показателей быстродействия ЭВМ и сопоставление величин этого показателя с оценкой требуемых значений показывает, что применение ВУМС в системах управляемого психологического эксперимента позволяет удовлетворить поставленным требованиям при значительной экономии средств. По показателю удельной производительности ВУМС не уступают более мощным вычислительным средствам — из эксплуатационные качества, технологическая и элементная база отвечают высоким современным требованиям.

Суммарная вычислительная производительность десятка современных ВУМС сопоставима или превышает производительность средних стационарных ЭВМ при значительно меньшей суммарной стоимости. Фактическая производительность ВУМС при решении задач управления психологическим экспериментом возрастает за счет удобства программирования, простоты организации систем передачи данных. Установки обеспечиваются независимыми программами обработки данных, при этом упрощаются вычислительные работы и исключается избыточность системного программного обеспечения [14, 15, 22—26].

СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ВУМС. СЕРИЙНО ИЗГОТАВЛИВАЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ БЛОКИ

Выбором ЭВМ для системы управления психологическим экспериментом не завершается создание этой системы. Прежде всего возникает вопрос о структуре: целесообразно ли систему управления строить по блочному принципу, так чтобы выбранная модификация отвечала направлению исследований, или система управления должна быть универсальной, пригодной для любых психологических исследований? Какое оборудование следует использовать в системе: только серийно выпускае-

мые приборы или часть узлов может составить разработанная аппаратура?

Блочный принцип и применение специально разработанных узлов позволит иметь компактную и наиболее приспособленную для решаемых задач систему. По требованиям, предъявляемым к вычислительной технике управления экспериментом, можно выделить три основных направления психологических исследований. Задачи каждого из них могут решаться необходимым минимумом аппаратуры и устройств.

Первое направление предъявляет повышенные требования к каналам ввода данных, поступающих в аналоговой форме от источников информации. Число входных каналов обычно не превышает 10, но в сложных психофизиологических исследованиях может достигать 20—30. Уровни входных сигналов при этом определяются уровнем помех во входных цепях и внутренними шумами аппаратуры, составляя единицы микровольт или милливольт. Датчиками сигналов служат контактные электроды. В состав системы обработки данных и управления экспериментом входят чувствительные биоусилители (в случае работы с нейрофизиологическими характеристиками объекта), коммутаторы каналов аналоговых сигналов, аналого-цифровой преобразователь, генераторы тактовых импульсов и стимулирующих сигналов. Обработка данных предполагает использование программы ввода, формирования массивов, спектральный и корреляционный анализы, выделение данных по признакам, заданным экспериментатором или определенным в ходе эксперимента, выдачу результатов обработки на графопостроитель и цифрочасть, построение гистограмм, спектральных, авто- и взаимокорреляционных характеристик [3, 4, 10, 26]. Управляющие сигналы (сигналы стимуляции) формируются вычислительной машиной в ходе эксперимента во времени [5, 24], либо при появлении заданных признаков в потоке входных данных [5, 26]. Полоса частот управляющих сигналов составляет от 0 до 20 кГц, динамический диапазон — 2—3 десятичных порядка. Примерами психологических исследований первого направления являются работы по изучению нейронных механизмов психических феноменов [10, 21], работы, выполняемые с использованием показателей ЭЭГ [14] и других объективных показателей состояния испытуемого в тех или иных экспериментальных условиях.

Для второго направления психологических исследований характерно то, что данные в основном представлены в дискретной (цифровой) форме. Например, в психофизических экспериментах ответы испытуемых кодируются на пульте комбинацией цифровых сигналов, а предъявляемые испытуемому последовательности стимулов могут следовать от ЭВМ в виде последовательности цифр [9, 11, 21]. Каналы ввода данных в этом случае содержат коммутатор цифровых каналов — мультиплексор. Общее число таких каналов достигает 8—16 при разрядности каждого канала 8—16 бит. Математическое обеспечение содержит программы ввода данных в цифровой форме: формирование массивов входных данных, методы статистического анализа потоков импульсов, программы ввода результатов на графопостроитель и цифрочасть с построением гистограмм распределений межстимульных интервалов, корреляционных и спектральных характеристик. В ходе эксперимента обычно требуется измерение времени с точностью до единиц или десятков миллисекунд, что обеспечивается измерителем временных интервалов — таймером. Управляющие сигналы от ЭВМ формируют стимульное поле по командам таймера или по результатам анализа входных данных [1, 24, 26]. Допустимые величины временных задержек не более 10—100 мс.

Для третьего направления психологических исследований характерны эксперименты, в ходе которых от объекта исследования сигналы поступают как в аналоговой, так и в цифровой форме. Например, при изучении операторской деятельности регистрируются объективные по-

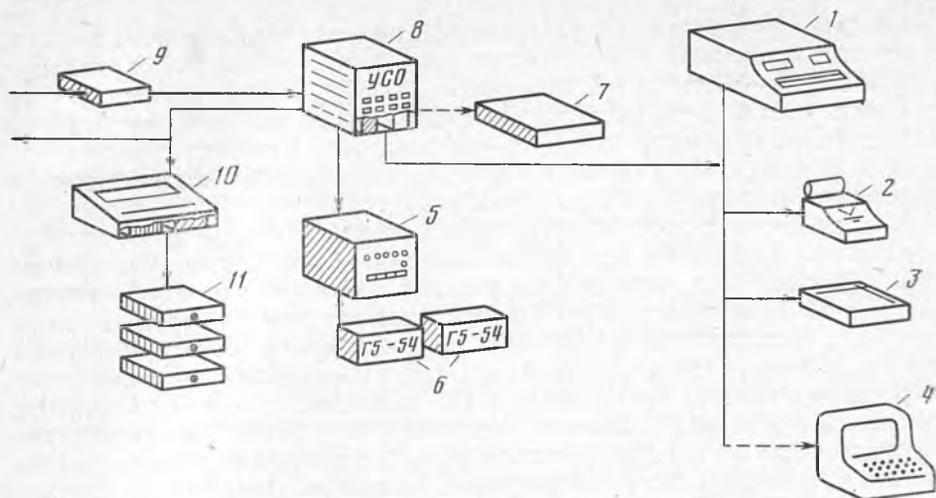


Рис. 1. Блок-схема типовой системы управления психологическим экспериментом устройства, выпускаемые серийно: 1 — ВУМС ДЗ-28; 2 — ЦПУ «Консул 260.1»; 3 — графопостроитель; 4 — устройство ЕО 9002 (дисплей, вывод на широкую магнитную ленту); 5 — АЦП Ф4222; 6 — генератор импульсов Г5-54; 7 — микро-ЭВМ. Устройства изготавливаемые: 8 — пульт оператора и устройство связи с объектом (УСО): а — блок коммутатора аналоговых сигналов, связи с АЦП; б — блок, содержащий внешнюю оперативную память, таймер, интерфейс, источники питания, цифроаналоговый преобразователь; 9 — биоусилители; 10 — пульт экспериментатора содержит блоки: а — мультиплексора, формирователи стимулирующих сигналов; б — коммутатора аналоговых сигналов, линейных усилителей; 11 — тахистоскопы на основе диапроектора «Свистязь»

казатели (ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ, КГР и др.), поступают в аналоговой форме, а психофизические характеристики, формируемые при помощи датчиков дискретных сигналов, поступают в цифровой форме [1, 26]. Устройства обработки информации содержат периферийные блоки, предназначенные для приема данных в аналоговой форме и цифровой. Программы обработки обеспечивают взаимокорреляционный анализ сигналов импульсных последовательностей и объективных показателей состояния испытуемого. Управляющие сигналы вырабатываются ЭВМ в ходе эксперимента.

Особенности формы существования входных сигналов позволяют выдвинуть предложение о том, что типовую установку для проведения психологических исследований целесообразно создавать в трех основных модификациях. 1. Установка с комплектом оборудования, рассчитанным на обработку данных, поступающих в аналоговой форме. Часть блоков — коммутатор цифровых сигналов, блок формирования стимульных воздействий в пульте испытуемого и экспериментатора могут отсутствовать. 2. Установка, комплект оборудования которой рассчитан на обработку цифровых сигналов. В этом случае могут отсутствовать блоки биоусилителей, коммутаторы аналоговых сигналов, микро-ЭВМ канала быстрого управления, аналого-цифровой преобразователь. Вместо этого в пульт испытуемого устанавливается блок формирования стимульных воздействий. 3. Установка с полным комплектом оборудования для решения задач, в которых информация поступает и в аналоговой и в цифровой форме.

На рис. 1 приведена схема типовой установки для проведения управляемого психологического эксперимента. Необходимо отметить, что массивы исходных данных и результатов обработки могут выводиться на широкую магнитную ленту, что позволяет прямое считывание в системах ЕС ЭВМ для создания банков данных и дальнейшей обработки.

Создание установки в трех модификациях позволит сэкономить средства: если стоимость полного комплекта периферийного оборудования составляет 20—30 тыс. руб., стоимость ВУМС (ДЗ-28) 7,5 тыс. руб., то стоимость системы управления экспериментом с полным комплектом оборудования будет составлять 30—40 тыс. руб. Стоимость установки, предназначенной для работы в одном из направлений психологических исследований, уменьшается на 10—15 тыс. руб.

Созданные на основе больших интегральных схем микропроцессорные системы уже сейчас приобрели качества, позволяющие использовать их в лабораторных устройствах местной автоматики и управления. ВУМС с объемом памяти 16—64 кбайт с комплектом необходимых периферийных и согласующих устройств по стоимости и объему оборудования представляет собой обычные лабораторные приборы и может быть встроена в установку исследователя [26]. При этом цифровая обработка данных на месте эксперимента обеспечивает точность и быстродействие, короткие связи с системой управления дают высокую помехоустойчивость и чувствительность измерительных каналов. Например, в установках с аналоговым выходом на осциллограф или фоторегистратор погрешность измерения уровней напряжения и временных интервалов составляет 5—10% от измеряемой величины [10, 21]. Цифровые каналы обработки и вывода данных обеспечивают измерения с точностью на порядок выше практически определяемой шумами источников сигналов и выходных цепей.

Часть узлов и устройств, входящих в комплект установки для управления психологического эксперимента, серийно не выпускается (рис. 1). Поэтому полностью обойтись без конструктивных разработок невозможно. Кроме того, целесообразно применить микросхемы последних выпусков в тех устройствах, где такое применение дает заметный эффект в размерах и надежности оборудования. Например, цифроаналоговый преобразователь промышленного изготовления Ф723 имеет вес около 15 кг, размеры 480×120×420 мм; применение двух интегральных микросхем — операционного усилителя и микросхемы К572 ПА-1 позволяет заменить этот прибор; или устройство «Биокод-2», коммутирующее 24 аналоговых канала, заменяется тремя микросхемами К564 КП2 и несколькими микросхемами вспомогательного назначения. Применение такого рода разработок существенно улучшает конструктивные характеристики всей системы управления психологическим экспериментом; она становится более портативной, приспособленной к работам в полевых условиях.

СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ВУМС ДЗ-28

С целью отработки принципиальных схем создаваемой типовой установки управления психологическим экспериментом на основе ВУМС ДЗ-28 были созданы и в настоящее время проходят испытание две системы: одна предназначена для проведения нейропсихологических исследований (с комплектом оборудования для обработки данных в аналоговой форме), вторая создана для исследования операторской деятельности (с комплектом оборудования для обработки данных, поступающих в цифровой форме). Структурные схемы установок приведены на рис. 2—4.

Установка для проведения нейропсихологических исследований содержит следующие нестандартные устройства в макетном исполнении: два блока усилителей биопотенциалов, пульта экспериментатора и оператора, коммутатор аналоговых сигналов на 8 каналов, устройство согласования аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с ВУМС, блок оперативной памяти для формирования сигналов управления, цифроаналоговый преобразователь с коммутатором управляющих сигналов. В со-

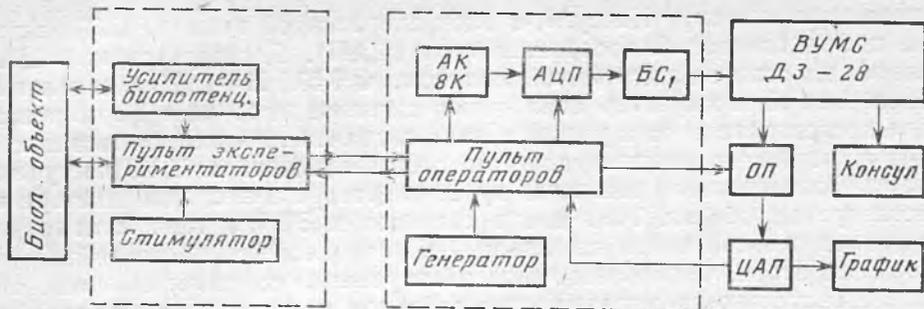


Рис. 2. Структурная схема установки для нейропсихофизиологических исследований

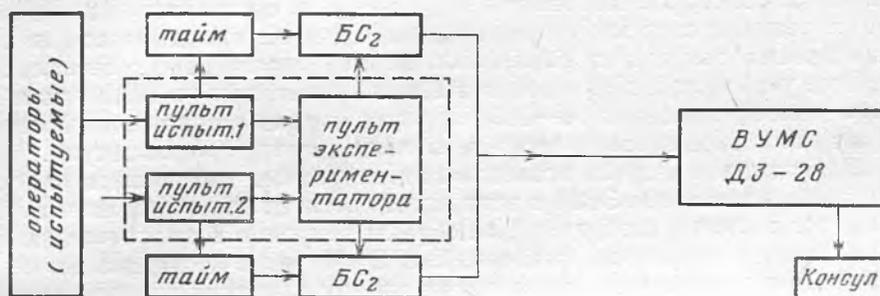


Рис. 3. Структурная схема для установки исследования операторской деятельности

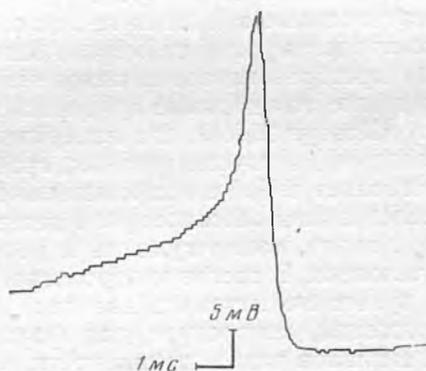


Рис. 4. Потенциал действия нейрона виноградной улитки, вычерченный графопостроителем

став установки входят также стандартные приборы: ВУМС ДЗ-28, АЦП Ф4222, два генератора сигналов Г5-54, цифропечатающая машина «Консул 260.1», источник питания, осциллограф, цифровой вольтметр Ф4214, графопостроитель Н306. Технические характеристики биоусилителей: входной ток $I_{вх} = 10^{-11}$ А, коэффициент усиления по напряжению — 16, уровень шумов, приведенных ко входу, — не более 100 мкВ, полоса частот — до 10 кГц, входная емкость — 20 пф, время преобразования аналогового сигнала в цифровой — 10 мкс, при амплитуде входного сигнала ± 1 В и шаге дискретности преобразования 2 мВ.

При работе установки усиленные биопотенциалы по линиям связи поступают на электронный коммутатор, затем в АЦП и через блок связи (БС₁) принимаются в оперативную память ДЗ-28. Полученная в результате обработки данных последовательность сигналов выводится на пе-

печатающую машину «Консул», в блок оперативной памяти (ОП), затем на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). Десятиразрядный ЦАП создан на основе интегральной микросхемы К572 ПА-1. Двухканальный электронный коммутатор аналоговых сигналов позволяет формировать две последовательности управляющих сигналов из чисел, записанных в ОП по четным и нечетным адресам. Выходные сигналы ЦАП поступают на графопостроитель или через пульт оператора и экспериментатора на исследуемый объект. Темп ввода сигналов в ЭВМ и темп считывания сигналов из оперативной памяти на ЦАП определяется частотой импульсов генератора. Синхронный ввод одновременно со считыванием из ОП последовательности управляющих сигналов позволяет исследовать переходные характеристики объекта, осуществлять управление стимуляцией в ходе эксперимента. Максимальный темп ввода данных в ЭВМ ограничивается скоростью работы интерфейса и составляет 12—15 кГц. Время реакции системы на принимаемый сигнал складывается из времени приема данных, их обработки, вывода управляющих сигналов во внешнее устройство. Для массивов 10—100 байт, при условии, что обработка данных занимает 10—100 коротких команд, управляющий сигнал может быть сформирован через несколько десятков миллисекунд.

На установке ведутся исследования нейронных механизмов пластичности. Использование ЭВМ в этих экспериментах позволило начать изучение роли электровозбудимой мембраны нейронов в пластических преобразованиях нейронных ответов. Без ЭВМ такие исследования невозможны, так как они основываются на точном изучении динамики развития потенциалов. Данные, полученные при помощи ЭВМ, подтверждают ранее выдвинутую гипотезу о роли мозаичности мембран в процессах памяти [6].

Установка для исследования операторской деятельности содержит разработанные и изготовленные в Институте психологии АН СССР блоки связи ВУМС с контролографом и таймером, блок оперативной памяти, цифроаналоговый преобразователь с выходным коммутатором аналоговых сигналов, а также стандартные приборы: ВУМС ДЗ-28, цифropечатающую машину «Консул 260.1», два измерителя временных интервалов ЧЗ-33, контролограф, источник питания, графопостроитель Н306. Контролограф представляет собой электромеханическую систему, предназначенную для исследования сенсомоторной деятельности операторов, процессов внимания, памяти, саморегуляции и резервных психологических возможностей человека. В состав контролографа входит пульт экспериментатора, два пульта испытуемых, два диапроектора, экран для предъявления изображений, аппаратура для формирования световых вспышек и звуковых сигналов разной тональности, самопишущий регистратор для контрольной записи ответов испытуемых на теплочувствительную бумагу.

При работе контролографа испытуемым по установленной программе предъявляется серия (до 50) информационных слайдов через диапроектор «Альфа». Демонстрация одного слайда производится в течение 1—5 с и сопровождается подачей дополнительных сигналов — звуковых и световых, имитирующих различного рода помехи. В промежутке между предъявлениями информационных слайдов через второй диапроектор демонстрируются отвлекающие изображения. Оператор анализирует содержание информационных слайдов. Ответом оператора является серия нажатий на клавиши пульта. Ответы выводятся на самопишущие приборы и вводятся в ЭВМ по каналам цифровых данных. Интервал времени между моментом предъявления слайда и первым ответом также вводится в ЭВМ. Результаты обработки и массивы входных данных могут быть распечатаны на цифropечатающей машине (см. Приложение). В настоящее время проводятся эксперименты и создаются программы обработки данных для контролографических испытаний.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ВУМС серии «Электроника-60» и ДЗ-28 предполагают встроенные трансляторы для работы на языках высокого уровня — «Фортран», «Бейсик». Для систем ДЗ-28 разработано и поставляется заводом 11 томов стандартных программ. Среди них есть программы статистического и корреляционного анализа и др. В установках управляемого психологического эксперимента в Институте психологии АН СССР используются программы, составленные на языке «Ассемблер» и в кодах машины. Для примера в Приложении приведены три программы, используемые в практической работе, — программа ввода и вывода массивов данных, а также программа анализа Фурье аналоговых сигналов с выводом результатов на цифropечать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ показал, что в психологическом эксперименте может быть применена вычислительная техника со сравнительно невысокой скоростью переработки информации, в частности вычислительные управляющие микросистемы. Системы для управляемого психологического эксперимента с точки зрения габаритов и стоимости целесообразно строить в блочной конструкции в трех модификациях, определяемых характеристиками сигналов исследуемых объектов. При этом число блоков, подлежащих заводской разработке и изготовлению, составляет 3—5. Остальное оборудование систем комплектуется из серийно изготавливаемых приборов и устройств.

Созданные на основе управляющей вычислительной микросистемы ДЗ-28 установки обладают преимуществами техники для местных систем автоматизации: они удобны в обслуживании, малогабаритны (по объему сравнимы с обычным лабораторным оборудованием) и имеют сравнительно невысокую стоимость.

С целью большей универсальности оборудования целесообразно при создании интерфейса предусмотреть возможность подключения к системе вместо ДЗ-28 ВУМС «Электроника-60», серийный выпуск которой налажен в последнее время. Это позволит применить оборудование различной модификации и облегчить условия комплектации систем.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Программа ввода массива данных и вывода на цифropечатающую машину «Консул 260.1». Контрольная сумма 870. Число шагов 67.

Работа программы: при подключении внешнего устройства (адрес внешнего устройства 004) нажимается клавиша «ПУСК» (S). После ввода массива данных 2 кбайта происходит остановка машины. Следующее нажатие клавиши «ПУСК» (S) позволяет производить вывод принятых данных. Формат вывода — 8 столбцов. Формат печати — 6 знаков до запятой, один знак после запятой.

Текст программы и пример вывода приведены в табл. 2.

Таблица 2

Программа

ввод массива 2 кбайта. Вывод данных на цифropечать

00000	04 08	00009	00 00
00001	08 08	00010	15 04
00002	13 04	00011	00 04
00003	00 04	00012	05 15
00004	13 05	00013	04 08
00005	00 00	00014	01 00
00006	13 08	00015	07 01
00007	00 08	00016	07 00
00008	13 09	00017	07 02

Таблица 2 (продолжение)

00018	07 04	00044	02 01
00019	04 13	00045	05 14
00020	12 03	00046	04 08
00021	07 02	00047	10 12
00022	04 13	00048	13 04
00023	12 08	00049	00 03
00024	04 08	00050	13 05
00025	02 00	00051	15 13
00026	07 08	00052	13 07
00027	04 13	00053	08 13
00028	12 10	00054	09 14
00029	04 08	00055	07 10
00030	02 01	00056	13 08
00031	09 05	00057	00 00
00032	04 03	00058	13 09
00033	11 00	00059	00 01
00034	08 03	00060	14 01
00035	04 13	00061	14 00
00036	04 04	00062	04 12
00037	04 12	00063	06 15
00038	06 15	00064	04 07
00039	04 11	00065	02 00
00040	06 01	00066	05 12
00041	14 08		
00042	04 10		
00043	04 07		

КОНТРОЛЬНАЯ СУММА
870
ЧИСЛО ШАГОВ 67

Программа вывода данных во внешнюю оперативную память.

Контрольная сумма 159. Число шагов 4.

Работа программы. При нажатии на клавишу «ПУСК» (S) из оперативной памяти ЭВМ, начиная с ячейки памяти с номером 2048 (начальный адрес данных 1024), во внешнее устройство с номером 0008 (внешнюю оперативную память) выводится содержимое 256 ячеек памяти.

Текст программы приводится в табл. 3.

Таблица 3

Программа
Вывод данных во внешнюю память

00000	04 08
00001	07 09
00002	13 04
00003	00 04
00004	13 05
00005	00 00
00006	13 08
00007	00 01
00008	13 09
00009	00 00
00010	15 05
00011	00 08
00012	05 15
00013	05 12

КОНТРОЛЬНАЯ СУММА
159
ЧИСЛО ШАГОВ 13
НАЧАЛЬНЫЙ АДРЕС ДАННЫХ 2048
ЧИСЛО ВВОДИМЫХ БАЙТ 256

Программа ввода массива данных, вывода данных на цифropечать, анализ Фурье. Контрольная сумма 3469. Число шагов 358.

Работа программы. При подключении внешнего устройства (номер 0004) нажимается клавиша «ПУСК» (S). Вводится массив данных 12 кбайт.

Нажимается клавиша «ПУСК» и производится подготовка массива для Фурье-анализа с одновременным выводом исходных данных на ЦПМ «Консул 260.1». Максимально допустимое число отсчетов в подготовленном массиве — 166.

Нажатием клавиши «ПОИСК» (Δ) «1» производится запуск программы анализа Фурье с выводом данных на цифropечатающую машину «Консул 260.1».

Формат вывода: первая строка: среднее значение, число отсчетов. Вторая строка: первая гармоника: коэффициент при косинусном члене, a_1 , коэффициент при синусном члене, b_1 , аргумент, модуль $C_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$. Далее печатаются коэффициенты следующих гармоник в том же порядке.

Изменяя начальный адрес в ячейках программы 34, 35, 36, 37, вводится следующий участок исходных данных. Поиск по метке 0100. Затем «ПОИСК» (Δ) по метке 1. Обрабатывается следующий массив. Данные подготовливаемого массива могут быть взяты из массива исходных данных не подряд, а в разбивку. Например, каждое второе, пятое, десятое число. Для этого вместо числа 2 (шаг увеличения адреса), записанного на шаге 40 программы, следует ввести с пульта числа 4, 10, 20 соответственно.

Текст программы приводится в табл. 4.

Таблица 4

Программа

Ввод трех массивов данных. Анализ Фурье. Вывод на цифрпечать

00000	04	08	00055	11	00	00110	06	04
00001	12	12	00056	08	10	00111	07	02
00002	13	04	00057	04	13	00112	06	02
00003	00	08	00058	04	04	00113	04	05
00004	13	05	00059	04	12	00114	00	00
00005	00	00	00060	06	15	00115	06	03
00006	13	08	00061	04	11	00116	04	05
00007	03	00	00062	05	01	00117	00	03
00008	13	09	00063	04	15	00118	06	02
00009	00	00	00064	00	01	00119	04	05
00010	15	04	00065	05	04	00120	00	06
00011	00	04	00066	04	00	00121	06	02
00012	05	15	00067	00	02	00122	04	12
00013	04	08	00068	04	07	00123	05	14
00014	00	07	00069	01	00	00124	06	02
00015	07	00	00070	04	08	00125	04	14
00016	04	04	00071	07	01	00126	00	01
00017	00	02	00072	04	05	00127	06	05
00018	04	04	00073	00	00	00128	03	00
00019	00	03	00074	06	04	00129	04	04
00020	04	04	00075	04	03	00130	00	02
00021	00	04	00076	00	02	00131	04	15
00022	04	04	00077	04	05	00132	00	07
00023	00	05	00078	00	02	00133	05	05
00024	07	01	00079	04	11	00134	04	15
00025	07	11	00080	05	01	00135	00	02
00026	04	04	00081	06	05	00136	06	02
00027	00	00	00082	04	11	00137	06	06
00028	07	01	00083	05	01	00138	04	14
00029	07	00	00084	07	00	00139	00	02
00030	04	04	00085	04	11	00140	04	00
00031	00	01	00086	05	01	00141	00	04
00032	04	08	00087	04	11	00142	04	05
00033	12	13	00088	05	01	00143	00	01
00034	07	02	00089	07	01	00144	02	00
00035	07	00	00090	07	11	00145	04	15
00036	07	04	00091	04	04	00146	00	02
00037	07	08	00092	00	06	00147	06	02
00038	04	13	00093	07	01	00148	06	05
00039	12	10	00094	07	00	00149	04	00
00040	07	02	00095	04	04	00150	00	05
00041	04	13	00096	00	07	00151	04	15
00042	12	08	00097	04	08	00152	00	00
00043	04	08	00098	01	01	00153	07	01
00044	01	00	00099	07	01	00154	06	01
00045	07	01	00100	04	00	00155	04	05
00046	04	00	00101	00	03	00156	00	06
00047	00	00	00102	04	08	00157	05	09
00048	04	00	00103	01	02	00158	04	07
00049	00	01	00104	07	01	00159	01	02
00050	04	15	00105	04	00			
00051	00	00	00106	00	06			
00052	07	15	00107	04	00			
00053	09	05	00108	00	07			
00054	04	10	00109	06	09			

Таблица 4 (продолжение)

00160	04	15	00227	05	01	00272	06	03
00161	00	00	00228	06	05	00273	06	05
00162	07	02	00229	04	11	00274	06	08
00163	06	03	00230	05	01	00275	04	12
00164	04	05	00231	07	00	00276	06	11
00165	00	03	00232	04	04	00277	06	01
00166	05	09	00233	00	04	00278	07	11
00167	04	07	00234	04	04	00279	07	01
00168	01	04	00235	00	05	00280	06	02
00169	04	05	00236	07	01	00281	07	12
00170	00	00	00237	07	11	00282	07	05
00171	04	03	00238	04	04	00283	05	08
00172	00	04	00239	00	06	00284	04	07
00173	04	03	00240	07	01	00285	15	08
00174	00	05	00241	07	00	00286	07	11
00175	07	02	00242	04	04	00287	05	07
00176	04	02	00243	00	07	00288	04	07
00177	00	05	00244	04	07	00289	15	08
00178	04	15	00245	01	01	00290	04	08
00179	00	04	00246	04	08	00291	15	07
00180	04	05	00247	03	00	00292	06	09
00181	00	05	00248	06	04	00293	06	02
00182	05	15	00249	07	09	00294	04	14
00183	04	07	00250	07	00	00295	00	08
00184	01	06	00251	06	00	00296	06	05
00185	04	08	00252	06	05	00297	07	13
00186	01	04	00253	04	08	00298	04	04
00187	05	08	00254	02	00	00299	00	09
00188	04	07	00255	06	04	00300	07	01
00189	01	05	00256	04	04	00301	07	05
00190	05	15	00257	00	08	00302	06	04
00191	04	08	00258	07	03	00303	07	01
00192	01	05	00259	07	06	00304	04	04
00193	07	02	00260	07	00	00305	00	10
00194	04	02	00261	06	03	00306	04	08
00195	00	04	00262	06	06	00307	15	06
00196	04	02	00263	06	08	00308	04	05
00197	00	05	00264	06	02	00309	00	09
00198	04	05	00265	04	05	00310	07	11
00199	00	00	00266	00	08	00311	04	02
00200	04	03	00267	06	06	00312	00	10
00201	00	04	00268	06	01	00313	06	05
00202	04	03	00269	07	01	00314	04	03
00203	00	05	00270	07	08	00315	00	10
00204	04	15	00271	07	00	00316	07	01
00205	00	04				00317	06	01
00206	04	05				00318	06	05
00207	00	05				00319	04	03
00208	04	11				00320	00	10
00209	05	01				00321	07	01
00210	06	06						
00211	04	11						
00212	05	01						
00213	04	03						
00214	00	05						
00215	07	13						
00216	06	06						
00217	07	13						
00218	06	00						
00219	06	05						
00220	06	12						
00221	06	04						
00222	04	05						
00223	00	05						
00224	08	07						
00225	07	11						
00226	04	11						

КОНТРОЛЬНАЯ СУММА

3469

ЧИСЛО ШАГОВ 357

00322	04	00	00350	04	15
00323	00	10	00351	00	00
00324	07	14	00352	07	02
00325	04	00	00353	06	03
00326	00	10	00354	04	05
00327	07	01	00355	00	03
00328	06	01	00356	05	15
00329	05	09	00357	05	12
00330	04	07			
00331	15	06			
00332	04	05			
00333	00	10			
00334	04	15			
00335	00	08			
00336	06	02			
00337	06	05			
00338	05	11			
00339	04	08			
00340	15	08			
00341	06	01			
00342	06	01			
00343	06	05			
00344	07	11			
00345	06	04			
00346	04	07			
00347	15	07			
00348	04	08			
00349	01	06			

Пример распечатки результатов операторской деятельности (испытуемый Д. В.)

	\bar{X}	n	σ				
	2930.2	25	1587.1				
X_i	5958.2	7685.7	7170.0	4165.9	645.5	4794.4	3064.3
$1 \leq i \leq 25$	2326.2	2924.5	4011.3	3141.7	1432.4	2770.3	1876.5
	2129.7	4675.2	2333.8	2571.5	4122.1	4723.6	3717.5
				k			k
L_{ij}	2			1	6		1
$1 \leq i \leq 25$	0			1	14		1
$1 \leq j \leq 13$	6			1	0		1
	6	6	6	4	6	6	2
	1	15	6	3	0	6	2
	6	6		2	6	6	2
	3	14	6	3	6	6	2
	3	14	6	3	6	6	2
	1	14	4	14	6	6	2
	1	15	14	3	15	14	2
	1	14	3	14	3	15	3
	6	5	15	6	6	6	1
	4	4	14	2	14	6	2
				6			

X_i — время принятия решения испытуемого на предъявление i -го кадра; \bar{X} — среднее время принятия решения на n кадров; n — текущий номер кадра; σ — среднее квадратическое отклонение времени принятия решения на кадры; L_{ij} — время принятия решения испытуемого на кадр; j — номер начального кадра; k — количество действий (нажатий на кнопку) испытуемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев О. В., Бурнусузов Р. П., Елатомцев Б. В., Корниевский А. В., Косолапов А. А. Измерительно-вычислительный комплекс для автоматизации эргономических экспериментов. — Техн. эстетика, 1981, № 1, с. 27—29.
2. Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и биофизические методы. М., 1976, с. 120.
3. Величковский Б. М., Капица М. С. Хронометрический анализ восприятия пространственного положения, направления движения и симметричности формы объекта. — Вестн. МГУ. Сер. Психология, 1980, т. 14, № 1, с. 54—61.

4. Воронин Л. Г., Коновалов В. Ф., Журавлев Г. И., Сериков И. С., Федочев А. И. Экспериментальный анализ некоторых факторов, влияющих на воспроизведение запечатленной информации.— *Вопр. психологии*, 1980, № 3, с. 124—129.
5. Гасанов У. Г. Управляемый эксперимент.— *Успехи физиол. наук*, 1979, № 10, с. 76—95.
6. Греченко Т. Н., Соколов Е. Н. Изолированная сома нейрона как объект электрофизиологических исследований.— *Биол. науки*, 1979, № 9, с. 5—21.
7. Давиденко К. Я., Левин А. П., Шенброт И. М. Тенденции развития автоматизированных средств управления технологическими процессами.— *Измерения, контроль, автоматизация*, 1978, № 3, с. 55—65.
8. Душков Б. А., Ломов Б. Ф., Рубахин В. Ф., Смирнов Б. А. Основы инженерной психологии. М., 1977.
9. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психофизиология и психофизика. М., 1977, с. 232—273.
10. Зосимовский В. А. Использование ЭВМ ЕС 1020 для экспериментальных исследований синаптического взаимодействия нейронов моллюска.— *Ж. высш. нервн. деят.*, 1980, т. 30, с. 1306—1310.
11. Зыков М. В. Использование кодирования функций алгебры логики для исследования зрительной памяти у людей.— В кн.: *Физиологические механизмы памяти*. Пущино-на-Оке, 1973, с. 68—77.
12. Иностранная авиационная и космическая информация.— *Авиация и космонавтика*, 1980, № 11, с. 47—53.
13. Иностранная авиационная и космическая информация.— *Авиация и космонавтика*, 1979, № 12, с. 45—49.
14. Каширина Л. В. Психологическая оценка различных уровней напряженности.— *Техн. эстетика*, 1978, № 5, с. 6—7.
15. Леонова А. Б., Романюта В. Г. Нормативный стандарт для оценки динамики функционального состояния человека в процессе деятельности.— *Техн. эстетика*, 1979, № 7, с. 34—35.
16. Методы инженерно-психологических исследований в авиации. М., 1975.
17. Пасынкова А. В., Шпатенко Ю. А. О механизме субъективного отражения времени.— В кн.: *Вопросы кибернетики — проблемы измерения психических характеристик человека в познавательных процессах*. М., 1980, с. 93—103.
18. Пащенко Ц., Бройде А. На экранах — сложная ситуация.— *Авиация и космонавтика*, 1979, № 3, с. 33—34.
19. Пржиялковский В. В. Сравнительный анализ оценок производительности разных ЭВМ.— *Вопр. радиоэлектроники. Сер. электр.-выч. техн.*, 1980, № 3, с. 3—12.
20. Прибрам К. Языки мозга. М., 1975.
21. Соколов Е. Н., Зимачев М. М., Измайлов Ч. А. и др. Автоматическая диагностика цветового зрения.— *Психологический ж.*, 1980, т. 1, № 1, с. 53—84.
22. Bornstein M., Monroe M. Chromatic information processing: rate depends on the stimulus location in the category and psychological complexity.— *Psychol. Res.*, 1980, v. 42, p. 213—225.
23. Nork D. Stagi-Pilot effectiveness of F-18 testing in simulator.— *Aviat. Week*, 1967, v. 106, № 3131, p. 64—69.
24. Pinter R. B., Harris L. R. Temporal and spatial response characteristics of the cat superior colliculus.— *Brain Res.*, 1981, v. 207, p. 73—84.
25. Seimour P. Internal representation of the month.— *Psychol. Res.*, 1980, v. 42, p. 255—273.
26. Souček B., Carlson A. Computers in neurobiology and behaviour. N. Y., 1976.

Поступила в редакцию 10.IV.1981

1978 г.

Паповян С. С. «Количественные методы исследования психологической структуры первичного коллектива»

Назаретян А. П. «Информационно-смысловой анализ эффективности пропаганды»

1979 г.

Казаков В. Г. «Социально-психологический аспект в советской психологии труда. 1917—1936 гг.»

Кроник А. А. «Психологические механизмы межличностного оценивания статуса в контактных группах»

1980 г.

Влас В. Г. «Критический анализ современной французской социально-психологической теории и практики «гуманизации труда»

Грacheв А. А. «Выбор цели в ситуации общения»

Фрыгина Н. И. «Факторы превращения когнитивного конфликта в межличностный в условиях группового обсуждения»

Кряжева И. К. «Социально-психологические факторы адаптированности личности»

1981 г.

Жигулев С. И. «Образование групповых норм в первичных коллективах разного уровня развития»

Люкин В. В. «Психологическое содержание, происхождение и эффективность индивидуального стиля руководства». (Продолжение см. стр. 150.)