

ПРОГРАММА  
ОБНОВЛЕНИЕ ГУМАНИТАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
В РОССИИ

Н.Д. ГОРДЕЕВА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ПСИХОЛОГИЯ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО  
ДЕЙСТВИЯ



ББК88 Г68

**Р е ц е н з е н т ы :**

Академик Российской академии образования

*B. B. Давыдов, Академик Российской академии образования*

*H.H. Нечаев.*

**Научная редакция и предисловие: В.П.**

*Зинченко.*

Н.Д. Гордеева. Экспериментальная психология исполнительного действия.— М.: Тривола, 1995.— 324 с., ил.

В учебном пособии широко представлен зарубежный и отечественный опыт изучения движения и действий, включая историю и современное состояние проблемы, представлены распространенные сейчас концептуальные схемы анализа движений и наиболее известные модели. Отражен также собственный богатый экспериментальный материал автора, показан разработанный и используемый в исследованиях метод микроструктурного и макродинамического анализа движений и действий, дана оригинальная модель предметного действия.

Гордеева Наталья Дмитриевна — психолог-экспериментатор, старший научный сотрудник факультета психологии Московского Государственного Университета. Свыше 20 лет с группой сотрудников работает в области психологии действия: построение движений и произвольных действий, регулирующая роль образа, генезис чувствительности и реактивности действия. Автор более пятидесяти опубликованных работ, в том числе трех монографий.

**ISBN 5-88415-015-6**

© Н.Д. Гордеева. 1995

© "Тривола" Оригинал-макет. 1995

Данное издание представляет собой авторскую работу, подготовленную в рамках программы "Обновление гуманитарного образования в России", которая осуществляется Государственным комитетом РФ по высшему образованию и Международным фондом "Культурная инициатива".

Спонсором программы является известный американский предприниматель и общественный деятель Джордж Сорос.

### Стратегический комитет программы:

*Владимир Кинелев Владимир  
Шадриков Валерий Меськов Теодор  
Шанин Дэн Дэвидсон Виктор  
Галичин*

# ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	1
Предисловие	9
Глава 1. Общие представления об исполнительном действии	27
Глава 2. Современные представления об управлении движениями и действиями	43
2.1. Представление о моторном программировании	44
2.2. Роль обратных связей в управлении действиями	54
2.3. Модели управления двигательными актами	60
Глава 3. Методы анализа инструментальных действий	81
3.1. Типы слежения	88
3.2. Оценка эффективности деятельности слежения	91
3.3. Микроструктурный анализ действия, средства регистрации исследуемых характеристик и экспериментальные переменные	93
Глава 4. Формирование инструментальных действий	101
Раздел 1. Роль программирования в формировании действия	101
Раздел 2. Формирование однокоординатных, одиночных действий	111
4.2.1. Структура моторного компонента двигательного акта	111
4.2.2. Чувствительность компонентов действия к смене внутреннего способа его осуществления	116
Раздел 3. Формирование пространственных, одиночных и экстренных действий	124
4.3.1. Сравнительный анализ формирования инструментальных действий в стабильных и динамических условиях	125
4.3.2. Серийные действия: регуляция, взаимовлияние и взаимоотношения между когнитивными компонента- ми действия	133
4.3.3. Экстремные действия: особенности организации и регуляции	142
Глава 5. Зависимость эффективности действия от обратных связей	157
Раздел 1. Проблема совместимости в управлении движениями и действиями	157
5.1.1. Влияние пространственного смещения зрительной обратной связи на успешность выполнения действия	157

5.1.2. Влияние нарушения совместимости перцептивного и моторного полей на качественные и количественные характеристики сенсомоторного действия	165
Раздел 2. Роль зрительной обратной связи в управлении Действием	174
5.2.1. Влияние задержки и прерывания зрительной афферентации на успешность выполнения действия	174
5.2.2. Зависимость структурной организации сенсомоторного действия от полноты зрительной афферентации	184
5.2.3. Перестройка сенсомоторного действия в зависимости от внешних средств деятельности	190
5.2.4. Перцептивное обучение как метод повышения успешности работы в условиях нарушения обратной связи	199
Раздел 3. Исследование взаимосвязи между амплитудой, временем, скоростью и точностью действия	208
Раздел 4. Модификация структуры сенсомоторного действия при вариативности прилагаемых усилий	221
Раздел 5. Зависимость временных, точностных, скоростных и структурных характеристик инструментального действия при изменении передаточных отношений	233
Глава 6. Микродинамический анализ сенсомоторных действий	247
6.1. Исследование явления психологической рефрактерности сенсомоторного действия	247
6.2. Экстренный сигнал как средство изучения чувствительности и реактивности структуры действия	255
6.3. Текущая перестройка сенсомоторного действия при изменениях передаточных отношений в процессе его осуществления	264
6.4. Изменение структуры серийных действий при введении экстренных сигналов	273
Заключение. Модель предметного действия: способы построения, структура организаций и система функционирования	283
Литература	307

## **ОТ АВТОРА**

Проблематика психологии инструментального действия начала развиваться около двадцати лет назад на кафедре психологии труда и инженерной психологии факультета психологии Московского государственного университета под руководством В.П. Зинченко.

Условием развертывания большого цикла исследований стал разработанный В.М. Девишвили и А.Н. Назаровым и созданный В.Г. Ромаювой при участии Л.И. Юматовой и М.С. Белоховской экспериментальный комплекс для изучения инструментальных пристранственных действий. Уже первые достаточно интересные и новые результаты послужили основанием для разработки целого ряда разнообразных исследовательских программ, реализация которых не завершена и сегодня. Под новые задачи постоянно усовершенствовался и модифицировался экспериментальный комплекс, возможности которого существенно расширились благодаря включению в него ЭВМ. Использование компьютера на линии эксперимента позволило фиксировать и анализировать микроизменения, происходящие в структуре действия. Техническое и программное обеспечение исследований осуществлялись А.Н. Кричевцом и М.С. Белоховской.

Новые методические средства позволили продолжить многолетние исследования живого движения и произвольного действия Н.А. Бернштейна и А.В. Запорожца, подтвердить экспериментально некоторые их гипотезы и прогнозы, реализовать неосуществленные замыслы этих замечательных ученых. Их представления о построении движения и формировании произвольного действия послужили основанием для систематизации огромного экспериментального материала, накопленного во многих психологических лабораториях.

В книге нашла отражение значительная часть исследований, выполненных автором. В них принимали участие мои коллеги и сотрудники М.С. Белоховская, И.В. Евсевичева, Е.Б. Сироткина, С.Б. Ребрик, А.Н. Кричевец, Л.И. Юматова. Большую помощь в подготовке книги оказали И.В. Евсевичева, а ее компьютерной версии — Т.В. Федорова, Н.Ю. Спомиор и сотрудники издательства "Тривола". Всем им приношу искреннюю благодарность.

Хочу выразить глубокую признательность Владимиру Петровичу Зинченко — моему учителю и другу, многолетнему соавтору, редактору этой книги за поддержку и помощь в моей научной работе, за ни с чем не сравнимые беседы о психологии.

Автор признателен Российской Академии образования, Фонду "Культурная инициатива" и Международному фонду фундаментальных исследований за поддержку комплексных программ "Геном культурного и духовного развития человека" и "Координаты поступка", в рамках которых выполнена часть исследований, изложенных в книге, а также за поддержку настоящего издания.

## **ПСИХОЛОГИЯ ДЕЙСТВИЯ** **(предисловие)**

Учебное пособие Н.Д. Гордеевой посвящено экспериментальным исследованиям инструментального действия. По признанию автора, оно выполнено в русле психологической теории деятельности, связанной с именами А.В. Запорожца, А.Н. Леонтьева, С.Л. Рубинштейна, и в русле физиологии активности (ее нередко называют психологической физиологией), связанной с именами А.А. Ухтомского и Н.А. Бернштейна. Сейчас можно с уверенностью сказать, что основное значение психологической теории деятельности для науки состоит не в выдвижении принципа деятельности, объясняющего всю психологическую реальность. Эта претензия оказалась чрезмерной и преждевременной, что к концу жизни признали и ее авторы. Важнее то, что в ее рамках проводились фундаментальные исследования предметно-практических (исполнительных), перцептивных, мемических, умственных, знаково-символических действий. По словам Э.Г. Юдина, понятие действие является квинтэссенцией деятельностного подхода. Более того, именно благодаря понятию предметного психического действия и благодаря полученной в рамках психологической теории деятельности внешней и внутренней картины действия, сама эта теория стала широко распространенной и общеизвестной не только в отечественной психологии. Частично в рамках теории деятельности, частично за ее пределами начинает складываться специальная наука о действии, которая имеет для будущего психологии не меньшее значение, чем наука о зрении или наука о памяти, мышлении и т.д.

Инструментальные действия — основной предмет изложения автора — относятся к предметно-практическим действиям. Они будучи

предметными, представляют собой удобный объект для тщательного экспериментального изучения. Они достаточно легко поддаются регистрации и микроструктурному и микродинамическому анализу, продуктивность которого была продемонстрирована в психологической физиологии, а затем в когнитивной психологии.

Действность и действия человека строятся и осуществляются не в вакууме. Они происходят в пространстве и времени созданного человечеством предметного мира, в опредмеченном и названном — частично освоенном, частично разрушенном — мире Природы и Космоса. Они "овременяют пространство", располагаясь вдоль "стрелы времени" или над ней, создают собственное внутреннее предметное время, время смысла. Поэтому действие называют предметным. Предметный мир может быть податливым, сопротивляющимся, не-редко агрессивным. В любом случае регулятором действия является более или менее полный, адекватный и осмысленный образ этого мира. Движения и действия, осуществляющиеся на предметном уровне, следуют не за пространственным, а за смысловым образом. Смысл — это еще одно — пятое (а может быть — первое?!) измерение человеческого бытия, человеческой жизнедеятельности. Поэтому действие называют предметным и осмысленным.

Действие может быть естественным, в том смысле, что его субъект пользуется лишь своими естественными органами. Оно может быть орудийным, инструментальным: человеческая рука есть орудие орудий. Орудийное действие не обязательно сложнее естественного. В любом случае действию нужно учиться. Когда речь идет об орудийном действии, его можно назвать дважды предметным, поскольку оно с помощью одного предмета — орудия воздействует на другой предмет — материал. Поэтому, когда говорят о предметном, орудийном действии — это не тавтология.

Естественное действие часто называют непосредственным, а орудийное — опосредствованным. Это не вполне точно, поскольку и естественное действие также опосредствовано опытом, обучением, символами, словом, мотивами, целями, задачами и многими другими привходящими и меняющими его переменными. Поэтому орудийное, инструментальное действие дважды предметно и дважды опосредствовано. Оно совмещает в себе биомеханику, психологию, физиологию функционирования естественных органов человека с кинематикой и логикой оперирования искусственными орудиями. Последние не только продолжают естественные органы, но чаще всего требуют трансформации естественных или построения новых движений. В идеале желательно, чтобы такая, в принципе необходимая трансформация, не деформировала и не уродовала телесные органы движения и организма в целом.

Различие между естественным органом человека и искусственным орудием с психологической точки зрения весьма относительно. К этой относительности чувствителен язык. Естественные органы иногда называют орудиями, а орудия, инструменты — органами. Ламарк, восхищаясь органами чувств, назвал их преизящно устроеными орудиями. П.А. Флоренский рассматривал искусственные орудия как органопроекцию естественных органов. Н.Ф. Федоров сетовал на то, что люди прилагают значительно большие усилия для создания искусственных органов, чем для развития и совершенствования собственных. Он мечтал о том времени, когда и тем и другим будет уделяться хотя бы одинаковое внимание, результатом чего должна стать "полноорганность". Это не беспочвенные мечтания. "Полноорганность", то есть высочайшее овладение предметом, орудием, требующее не менее высокого развития собственных органов, встречается в искусстве, в трудовой деятельности, в спорте высоких достижений. На уровне искусства, мастерства естественные и искусственные органы, движение и предмет, знак, символ смыкаются в единое психофизиологическое и даже психофизическое образование. Хорошо поясняет сказанное отрывок из интервью с Мстиславом Ростроповичем. На вопрос В.Чернова, выяснились ли до конца его отношения с виолончелью Страдивари-Дюпор, мастер ответил:

"А никаких отношений больше нет. С некоторых пор я не могу понять, где мы с ней разъединены. У меня есть два моих портрета, один давнишний, Сальвадора Дали, другой, сделанный позже, такого замечательного художника Гликмана, он живет в Германии, ему за восемьдесят сейчас. Так у Дали мы вдвоем с виолончелью, я ее держу, все отлично. А у Гликмана — я есть, а виолончель стала таким красным пятном у меня на животе, вроде вскрытой брюшины. И в самом деле, я ощущаю ее теперь так, как, видимо, певец ощущает свои голосовые связки. Никакого затруднения при воспроизведении звуков я не испытываю. Я же говорю, не отдавая себе отчета — как. Так же и играю, безотчетно. Она перестала быть инструментом.

— Ей, наверное, обидно. Так раствориться...

— Еще как обидно-то! Ничего, потерпит." (Владимир Чернов. "Мстислав Ростропович — гражданин мира, человек России". Ж-л "Огонек". 1994, февраль, N 8, с. 12).

Этот пример инструментального действия, конечно, уникален. Он превосходно схвачен Художником и описан Мастером. Если воспользоваться образом М.Мерло-Понти, то виолончель инкрустирована в тело музыканта. Инкрустация — больше, чем овладение. Ее дости-

жение требует огромного и вдохновенного труда. Это и есть полноорганиность, или временное сочетание удивительно согласованных сил, способных осуществить определенное достижение. Именно так А.А. Ухтомский характеризовал не анатомический, а функциональный орган. Можно даже сказать организм. Подобное возможно лишь в том случае, если человек одухотворяет предмет, вкладывает в него и в действие с ним свою душу или хотя бы ее частицу. Но этого мало В случае Ростроповича мастер вобрал в себя через виолончель часть души ее создателя Страдивари. Орудия, таким образом, могут выступать не только как продолжение или усиление органов человеческого тела, но и как продолжение души. Звучащая виолончель Дюпор представляет собой продолжение душ Страдивари — Ростроповича. На этом превосходном примере видно, что построить действие с предметом-инструментом столь же трудно, сколь трудно создать живой инструмент. Сказанное справедливо не только для инструментального, но и для естественного действия Пушкинский "Душой исполненный полет" язык не поворачивается назвать естественным, так как у поэта речь идет об искусстве, о знакомом, символическом действии, о сценическом действии, о магии балета.

Движения и действия выступают как объект для исследователя, но для обучающегося они предстают как предмет построения. Действие оказывается не средством достижения некоего результата, а целью деятельности, как бы внешним предметом, который нужно построить А.В. Запорожец как-то заметил даже, что действие для обучающегося выступает и как внешний субъект. Это похоже на правду, поскольку выполняющий его субъект должен уподобиться живому действию - образцу, раствориться в нем, возможно, превзойти его. Но далее, система движений, бывшая раньше чем-то внешним, являвшаяся объектом усвоения, превращается постепенно в орган индивидуальности, в средство выражения и реализации отношения человека к действительности. В действии человек не только выражает, но и собирает себя, становится целостным, делает свою индивидуальность действительной для другого, а тем самым и для себя (ср. М.М. Бахтин поступок — не алиби в бытии). Это и есть познание себя:

*Познай себя, кто говорит "Я — сущий", Познай  
себя — и нарекись "Деянье" Познай себя  
свершается свершитель, И делается деятель,  
ты — будешь*

*(Вя.ч Иванов)*

Условием подобного познания, идентификации себя с действием и даже его персонификации должна быть чувствительность действия

к самому себе, способность действия заглядывать внутрь себя самого. Тогда и построенное действие будет живым, мастерским, свободным, участным в бытии, преодолевающим, порой взрывающим покой бытия. Поэтому подлинный человеческий акт — это одновременно актер и зритель. Фундаментом индивидуального, личного действия, мастерства и свободы являются свойства реактивности, чувствительности, рефлексивности живого движения и действия, с которыми читатель познакомится в книге. Конечно, этих свойств недостаточно для того, "чтоб звучали шаги как поступки", но они образуют первоначальные координаты будущих свободных действий — поступков. Первоначальные потому, что поступок определяется не только координатами времени пространства и смысла, но и координатами сознания и мысли о смысле. Но он как и действие оказывается предметом. На сей раз сошлюсь не на психолога, а на мудрого историка М.Я. Гефтера не чуждого психологии и литературы, которого многие годы волновала "Трагедия о принце Датском":

"Сцилла и Харибда трагедии — мысль и поступок Гамлета мнимого начала в плену их единства. Дальше — разлом, дальше — загадка совместимости. Мысль обгоняет муками внутренней речи, доискивающейся собственного предмета и обнаруживающей с пронзительной силой, что предметом-то является поступок. Буквальный, неотложный Единственный и неизвестный — никому на свете..."  
("Из тех и этих лет", М., Прогресс, 1991, с 23)

Вернемся к понятию орудия. Оно объемлет не только инструменты Л.С. Выготского, развивавший идею об орудийной природе психики, рассматривал знак как орудие общения, орудие интеллекта. Движения, выполняющее знаковую, коммуникативную функцию также рассматриваются как орудия О. Мандельштама, разделявший взгляд на слово как на орудие, говорил, что при произвольном обращении со словом, в частности, при словообразовании, слово становится безорудийным, словарным, чисто количественным. В свете сказанного не должна удивлять идущая от А.А. Ухтомского и Н.А. Бернштейна традиция понимания движений и действий, а также регулирующих их образов, как функциональных органов-орудий индивида, имеющих собственную морфологию. Их строительным материалом является биодинамическая, чувственная, эмоциональная и смысловая ткань. Именно эта "материя" образует тело, а возможно, и душу психического действия. Эту традицию разделяет и развивает автор настоящей книги.

Действие может быть непроизвольным, вызванным внешними обстоятельствами. Такое действие называют реактивным, рефлекторным или просто — реакцией, рефлексом. Реактивность далеко не

всегда адаптивна. Реакции могут быть ошибочными. Известно, что нередко человек ошибается не потому, что не успел, а потому, что поторопился. Реакции основаны на выборе из пространства возможных, а выбор может быть как верным, так и ложным.

Действие может быть активным, произвольным, продуктивным, творческим. Естественно, что активное действие также может быть ошибочным, но в этом случае природа ошибки иная. Она связана не с выбором, а с недостаточной оценкой ситуации, с неверно принятым решением или с плохой реализацией правильного решения.

Реактивные, рефлекторные действия часто называют ситуативными, а активные — надситуативными. Для их обозначения используется и другая терминология. Первые называют полевыми, то есть зависимыми от поля внешних условий, а вторые — волевыми, спонтанными, то есть не зависимыми (конечно, в известных пределах) от поля, ситуации, внешних обстоятельств. Независимость от ситуации требует решения далеко не тривиальной задачи: нужно подняться над полем, оценить ситуацию, принять решение о действии или бездействии, которое тоже труд, активность, требующая высокой дисциплины двигательного аппарата, способности "держать паузу". Итогом такой нелегкой работы будет не ситуативное, а осмысленное, осознанное, разумное действие. Выполнение подобной работы, казалось бы, требует времени, несизмеримого со временем простой инстинктивной или рефлекторной реакции. Тем не менее, наблюдения показывают, что разумное действие занимает лишь немногим больше времени, чем простая реакция. Оно оказывается не только быстрым, но и точным. Древние говорили, что свободный человек не делает ошибок. Трансформация живого движения в акцию, в свободное и разумное действие — это центральная проблема психологии действия. Излагаемые в книге исследования представляют собой необходимый этап на пути к ее постановке и решению.

Реакции и рефлексы обычно характеризуются как более или менее адаптивные. Для произвольных, предметных, опосредствованных, осмысленных действий такая характеристика недостаточна. Их характеризуют как целенаправленные, целесообразные и даже целеобразующие.

Перечисленные свойства действия (их можно рассматривать и как требования к нему) известны науке, в том числе и психологии давно. Так же давно ученых занимает проблема, как действие приобретает перечисленные (и неперечисленные) свойства. Как движения управляются волей, как движение становится действием?

На первый взгляд, распространенный и до настоящего времени ответ достаточно прост. Человек — существо разумное, он может воспринимать окружающее, запоминать, вспоминать, думать, принимать решение, хотеть, наконец, а действие — это дело техники,

если есть руки и ноги. Такое представление о действии не противоречит эмпирическому опыту и здравому смыслу. Оно удовлетворяло многие поколения психологов, которые, конечно, понимали, что техникой выполнения действия нужно овладеть с помощью соответствующих упражнений, что скорость и качество обучения зависят от организации упражнений, от распределения их во времени, от способностей обучающегося, его мотивации и пр. Но это не колебало взгляд на действие как на технический или механический элемент поведения и деятельности. До сих пор в психологии и педагогике распространено понятие моторного обучения, которое как бы изолировалось от психической сферы, хотя, конечно, признавалось ее влияние на него. Впрочем, в этом смысле действие не было исключением. Столь же изолировано рассматривались и другие психические функции: восприятие, внимание, память, мышление, эмоции, а затем между ними устанавливались внешние связи и взаимодействия. Например, больше других повезло вниманию, которое определяло и восприятие, и память, а через них — мышление и даже творчество. Но внимание как таковое, его собственные механизмы анализировались значительно меньше.

Аналогичным образом исследовались служебные, так сказать, функции движений. Признавалась их роль в формировании образа осознания и зрительного образа, в управлении вниманием. В осуществлении мышления подчеркивалась роль забытых сейчас психологами идеомоторных актов. Предлагались даже моторные теории восприятия. Но связи между движениями, действиями и другими психическими процессами и функциями рассматривались как связи внешние. Двигательным актам отказывалось в том, что они являются психическими процессами. Они выступали во вспомогательной функции, как средство внешнего механического исполнения чего-то рожденного в глубинах и тайнах души, а не в самом действии.

Подобному взгляду противоречит нередко встречающееся в истории мысли изумление и даже преклонение перед возможностями человеческого тела:

"...Того, к чему способно тело, до сих пор никто еще не определил... но, говорят, из одних лишь законов природы, поскольку она рассматривается исключительно как телесная, невозможно было бы вывести причины архитектурных зданий, произведений живописи и тому подобного, что производит одно только человеческое искусство, и тело человеческое не могло бы построить какой-либо храм, если бы оно не определялось и не руководствовалось душою, на я показал уже, что они не знают, к чему способно тело и что можно вывести из одного только рассмотрения его приро-

ды..." (Бенедикт Спиноза. Этика, ч. III, теорема 2, схолия)

Эти слова Л.С. Выготский не случайно взял в качестве эпиграфа к "Психологии искусства". Он понимал загадочность для науки способностей человеческого тела.

Не менее патетически писал о теле и его движениях Исаак Ньюトン:

"Каким образом тела животных устроены с таким искусством, и для какой цели служат их различные части? Каким образом движения следуют воле, и откуда инстинкт у животных?" (Оптика. М.-Л., 1927, с. 287).

Вопросы, поставленные великими мыслителями, живы и сегодня. И сегодня мы не можем ответить на вопрос, является ли душа с ее атрибутами (познание, чувство, воля) чем-то внешним по отношению к движениям и действиям или она присутствует, а может быть, и рождается в них. Ведь писал же Чарльз Шеррингтон:

"В осуществлении действий, направленных на окончательный, завершающий акт, в процессе отбора открывается - возможность элементам памяти (хотя иrudиментарной) и элементам предвидения (хотя и незначительным) развиваться в психическую способность к "развертыванию" настоящего назад, в прошлое, и вперед, в будущее, которая у высших животных является непременным признаком более высокого умственного развития" (Интегративная деятельность нервной системы. Л. 1969, с. 314).

Но умственное развитие, равно как и элементы памяти и предвидения — это и есть, согласно классическим представлениям, атрибуты души. Примечательно, что великий физиолог локализовал их не в мозге, а в завершающих актах действия.

Нужно сказать, что открытие сложности человеческого движения и действия как таковых пришло в психологию из биомеханики и физиологии. А.А. Ухтомский и Н.А. Бернштейн шли к этой сложности от рассмотрения природы и устройства человеческого тела. Ее источник лежит в огромном и избыточном по отношению к каждому отдельному исполнительному акту числу степеней свободы кинематических цепей человеческого тела. Парадоксально, но эта избыточность представляет собой необходимое условие необыкновенных и далеко еще не раскрытых возможностей человеческого действия.

А.А. Ухтомский, Н.А. Бернштейн, А.В. Запорожец рассматривали движение и действие как свободные динамические системы. Выполненный ими анализ функционирования таких систем намного

предвосхитил достижения теории необратимых процессов, которая представляет собой существенный вклад в современное естествознание. В 1960 г. А.В. Запорожец следующим образом резюмировал результаты исследований построения движений Н.А. Бернштейна (1947) и свои исследования развития произвольных движений:

".. .никакая, даже самым точным образом дозированная система пусковых эfferентных импульсов не может однозначно определить требуемое направление и силу выполняемого произвольного движения" (Избранные психол. труды. Т. II, М., 1986, с. 22).

В 1980 г. И.Р. Пригожин писал:

".. .в неустойчивых динамических системах невозможно задать начальные условия, которые привели бы к одинаковому будущему для всех степеней свободы" (От существующего к возникающему. М., 1985, с. 6).

Сходство этих фундаментальных выводов очевидно. Но далеко не очевиден механизм, посредством которого неустойчивые, свободные, динамические системы становятся на время своего функционирования устойчивыми, даже жесткими и в высшей степени эффективными. От неустойчивости системы остается лишь неустранимый разброс пространственно-временных и динамических характеристик действия при повторных воспроизведениях (повторение без повторения, по Н.А. Бернштейну).

Для того, чтобы разрешить парадокс необратимости-воспроизведимости, повторимости-неповторимости живого движения и действия, необходимо расширить концептуальную структуру пространства, времени и динамики за счет включения в нее жизненного укорененного в бытии смысла. В строгом значении слова действие не обратимо, а смертно, оно не воспроизводится, а возрождается, воскресает. Поэтому оно точнее всего описывается понятием хронотоп (А.А. Ухтомский, М.М. Бахтин), представляющим собой виртуальную элементарную единицу вечности. Этот сюжет выходит за пределы книги.

Удивление вызывает не только способность свободной двигательной системы к осуществлению прецизионных движений (например, способность подковать блоху), а то, что возможности и способности этой системы описываются как сенсомоторный, практический, наглядно-действенный интеллект. Движения оказываются умными не потому, что ими руководят внешний и высший по отношению к ним интеллект, а сами по себе.

Это отчетливо понимал А.В. Запорожец. В докладе, прочитанном на заседании кафедры психологии Харьковского педагогического института в 1938 г., он говорил:

"Ранее единое практическое действие как бы раскалывается на две части — теоретическую и практическую: осмысливание задачи и ее практическое решение. Важно отметить, что первоначально эта первая теоретическая часть действия лишена того внутреннего идеального характера, которого она достигает впоследствии с помощью речи в рассуждении. И цели ее предметны, и способы ее практические, она теоретическая лишь по содержанию. Первичная форма понимания заключается не в непосредственном усмотрении, не во внутренней активности субъекта, а в том, что он делает задачу понятной практически, фактически изменяя ее задачу таким образом, что употребление известного способа решения становится возможным" (Избранные психологические труды. М., 1986. Т. 1, с. 189).

Согласно А.В. Запорожцу, оба акта, на которые раскалывается ранее единое действие, не равнозначны. На первом акте локализуется само осуществление мышления (это положение превосходно дополняет приведенное выше высказывание Ч. Шеррингтона). Но изменение мышления и развитие происходят как раз на втором акте, ибо предметное значение, практическое обобщение, которое было применено к решению задачи, во-первых, проверяется, во-вторых, обогащается, претерпевает изменения на этом втором этапе. Следовательно, возможна эманципация мышления от предметной ситуации, находящаяся недалеко и открыта простор спонтанному развитию мышления.

Таким образом, мысль о том, что мышление, память, предвидение первоначально локализованы в действии не нова. Тем не менее, предметно-практическое, инструментальное, исполнительное действие по-прежнему редко выступает перед исследователями в своей действительной самоценности. В большинстве случаев оно изучается не как таковое, а в своей функциональной, служебной роли. Действие как бы преследуют обращенные к нему прагматические вопросы: каковы скорость и точность, как быстро оно усваивается и т.д.

Исследователи сомневались в его самодостаточности и рассматривали его не как фундамент, а как трамплин, облегчающий прыжок к восприятию, памяти, мышлению, эмоциям. А.В. Запорожец, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн даже выстраивали систему аргументов в пользу трактовки действия как такого же полноценного предмета психологического изучения, каким являются восприятие, внимание, память, мышление. Но им (пожалуй, кроме А.В. Запо-

рожца) не терпелось перейти, прыгнуть от действия к высшим психическим функциям, к числу которых действие они все же не относили.

Поиск, ориентировка, запоминание, выбор, решение — это высшее, а исполнение — оно и есть исполнение, оно служебное, само собой разумеющееся, элементарное, почти низшее. Хотя это последнее слово не произносилось, но оно подразумевалось. А от низшего, естественно, хочется быстрее перейти к высшему. И переходили, ссылаясь на теорию интериоризации, согласно которой практическое действие с весомыми, грубыми, зримыми предметами "вращается", постепенно переходит в тонкую идеальную материю собственно психического, во внутренний план умственной деятельности. Такая логика кажется бесспорной, самоочевидной, эмпирически оправданной. И в самом деле, ребенок сначала считает палочки пальцами и громким голосом, потом только глазами и голосом, потом "про себя", наконец, в уме. Очень наглядно и даже кажется излишними экспериментальные исследования, которые, впрочем, вскрыли не только удивительно интересные детали обучения, но и уроки предметности, которые сохраняют высшие психические функции, несмотря на свою автономизацию от предметного действия.

Внешнее предметное действие реализует идеальный замысел и умирает в продукте. Теория интериоризации — это своего рода похороны внешней предметной деятельности. А раз у предметной деятельности все равно такая судьба, то зачем ее исследовать? Достаточно признать действие исходной единицей анализа всей психики, неразвитым началом развитию целого, а затем найти или выбрать такое действие, которое скорее бы "скончалось", куда-то вросло, будь-то голова, мозг, внутренний идеальный план и т.д.

После этого можно красиво пофантазировать относительно левого и правого полушария или о межнейронных взаимодействиях при запоминании или решении задач или о том, что в процессах интериоризации внутренний план впервые рождается, а потом он развивается и способен экстериоризироваться, выйти наружу либо в той форме, в какой он вошел, либо в какой-то другой форме. Возможностей много, а верифицировать их невозможно. Сказанное не означает, что гипотеза интериоризации, вращения неверна. Но пора бы вонять, а что собственно вращается? Неужели так: посадили предметное действие, а из него выросло перцептивное, мнемическое или умственное...

Ведь для того, чтобы нечто вросло куда бы то ни было, а тем более было способно что-то породить, это нечто само должно уже быть. Оно должно появиться, родиться, как-то оформиться, хотя бы подрасти, приобрести порождающие способности.

Простая двигательная реакция в ответ на стимул тоже представляет собой предметное действие. Реакция может повторяться бесконечно, но она ничего не породит и никуда не "врастет". Она или выполняется, или не выполняется. Если же взять сложные формы предметной деятельности и попробовать их формировать, то окажется, что такие формы представляют собой особую территорию, поле, на котором при соответствующей обработке можно выращивать об разы, программы, схемы памяти, интеллектуальные операции и т.д. Дело не в сокращениях и редукции (кстати, этот принятый в контексте исследований интериоризации термин вполне двусмыслен), а в совершенствовании внешней исполняющей формы, в рождении и развитии его внутренней или внутренних форм. Последние могут быть весьма разнообразны и функционально различны. Важно отметить, что внутренние формы представляют собой реальность субъективного и не поддаются, тем не менее, "языку внутреннего", ускользают от него, отличаются от него и упорно сопротивляются любым своим концептуализациям. Это похоже на невозможность концептуализировать множество оттенков широкой гаммы эмоциональных переживаний, оттенков цвета, запахов и т.п.

Это другой взгляд на интериоризацию, взгляд, делающий, возможно, излишним само понятие, которое исчерпывает свой объяснятельный потенциал.

Предметное действие не интериоризуется, оно сохраняется как таковое или бесконечно совершенствуется или разрушается от неупотребления. Оно остается самим собой. Другое дело, что рожденные и выращенные в предметном действии плоды могут автономизироваться от него, использоваться в другой констелляции с другими родственными плодами и по другому поводу.

Глубокие соображения по этому поводу мы находим у Гегеля, который указывал, что если растение, взаимодействуя с объектом, разрушает последний, превращая его в самое себя, то более высокая форма жизни характеризуется тем, что животное в своей деятельности, использует объект, оставляя его самим собою. Но ведь и предметное действие в случае так называемой интериоризации остается самим собой, оно продолжает храниться в памяти, в моторных программах и актуализируется вновь и вновь. Иную судьбу могут иметь сложившиеся в нем и обогатившие его внутреннюю форму новообразования.

Альтернативой теории интериоризации может служить идея дифференциации, которая последовательно проводится в книге. Целое действие не складывается, не составляется из готовых частей. Их просто еще нет. Наоборот, оно дифференцируется на части, которые

впоследствии отрываются, автомизируются от целого. (О. Мандельштам сказал бы выпархивают из целого.)

Эманципация мышления от предметного действия, трансформация его в вербальный интеллект уменьшает его возможности непосредственно руководить предметно-практическим действием. Это 'Своебразная расплата субъекта за свободу мышления. К счастью, развитие формально-логического мышления не уничтожает его предметно-практических корней. Это замечательно описал М. Булгаков в "Белой гвардии":

"Достаточно погнать человека под выстрелами, и он превращается в мудрого волка; на смену очень слабому и в действительно трудных случаях ненужному уму вырастает мудрый звериный инстинкт".

Простим писателю ссылку на инстинкт. Она ничуть не хуже более привычных психологам ссылок на интуицию, иррациональное или бессознательное. Все они не более чем метафоры и будут оставаться таковыми, пока мы не поймем, что собой представляет знание до знания, каким образом оно добывается и обеспечивает регуляцию предметно-практических действий. Это и есть объективная реальность субъективного, которая не может быть сведена к актам, действиям какой-либо "знающей" сущности, к ее умственным построениям. Иначе необъяснимым и даже скандальным "чудом" для естественно-научной картины мира была бы, например, превосходно описанная М. Булгаковым точность свободного действия и обеспечивающих его структур (превосходящая, как известно, и точность инстинкта и точность мышления) — как их анализировать, где они возникают, в каком пространстве и времени, в "настоящем моменте" воздействия стимула, а может быть, в повторении таких моментов? (См. В.П. Зинченко, М.К. Мамардашвили. Проблема объективного метода в психологии // Вопр. философии. 1977, N 7.)

Читатель столкнется с огромным потенциалом развития и сопутствующей ему поразительной глубиной дифференциации живого движения, являющегося главным предметом исследований (прежде всего исследований автора), излагаемых в книге. Основной пафос этих исследований направлен против чисто механической трактовки движения и действия. Именно инструментальный характер исследуемых движений, как это не парадоксально, позволяет читателю убедиться, что они живые, а не механические.

Издавна принятное в психологии разделение компонентов или фаз действия: когнитивная, исполнительная и коррекционно-контролирующая, конечно, принимается автором. Но логика построения исследований и их результаты показывают размытость временных и

функциональных границ между ними. В более широких структурах деятельности трудно однозначно локализовать тот или иной компонент. Они непрерывно соприсутствуют, дополняют друг друга, обменяиваются своими функциями и временем. Их цементирует общая цель и единый путь. Микроструктурный и микродинамический анализ — основной методический прием, на котором построены излагаемые в книге исследования — позволил на каждой фазе выделить волны и кванты действия, сохраняющие свойства целого. Это дало основания Н.Д. Гордеевой заключить, что не только молярная, но и молекулярная единица действия гетерогенна и содержит в себе когнитивные, исполнительные и оценочные компоненты.

Дыхание микроstructured и микродинамики живого движения и инструментального действия подобно тому, что происходит при рождении речевого высказывания или наблюдается в стихотворении. Сослусь на авторитетный анализ О. Мандельштама:

"Распределение времени по желобам глагола, существительного и эпитета составляет автономную внутреннюю жизнь александрийского стиха, регулирует его дыхание, его напряженность и насыщенность. При этом происходит как бы "борьба за время" между элементами стиха, причем каждый из них подобно губке старается впитать в себя возможно большее количество времени, встречаясь в этом стремлении с притязаниями прочих. Триада существительного, глагола и эпитета в александрийском стихе не есть нечто незыблемое, потому что они впитывают в себя другое содержание, и нередко глагол является со значением и весом существительного, эпитет со значением действия, то есть глагола и т.д. Вот эта зыбкость соотношения отдельных частей речи, их плавкость, способность к химическому превращению при абсолютной ясности и прозрачности синтаксиса чрезвычайно характерны для стиля Шенье" (Слово и культура: Статьи. М., 1987, с. 93-94).

Поставим на место глагола — исполнение, на место существительного — когницию — образ ситуации, на место эпитета — оценку и получим "борьбу за время", "обмен функциями", "плавкость и способность к химическим превращениям", обнаруженные автором при изучении формирования и реализации действия. Обмен функциями между контрастными компонентами действия способствует их своеобразному синтезу в целостный акт. Это говорит о внутреннем или, точнее, существенном сходстве слова и дела. Действие ведь тоже текст, который нужно научиться не только исполнять, но и читать. Читатель убедится, что путь к установлению такого сходства далеко не прост. Изучение движений потребовало не меньшей методической

изощренности, чем филологическое и лингвистическое исследование. Не исключено, что дальнейшее проникновение в микроструктуру и микродинамику действия позволит обнаружить еще более элементарные единицы по сравнению с волнами и квантами.

Для пояснения того, что означает гетерогенность действия в целом и его компонентов, включая волны и кванты, воспользуясь еще одной метафорой О. Мандельштама. Двигательный акт — это одновременно и слепой и поводырь. Чтобы научиться плавать, надо набраться окаянства, закрыть глаза и, очертя голову, броситься в воду. Но "лиха беда" не только начало. Необходимо разделение и распределение внимания между ситуацией, в которой выполняется действие, и самим выполнением. Казалось бы, это очевидно: "Пришел, увидел, победил". Однако в исследованиях обнаружена такая частота смены фокуса внимания, что ее размерность и разделенность во времени недоступна сознательной координации выполняющего действие субъекта. Значит поводырь находится и вне и внутри действия, которое живо и свободно своими внутренними формами:

*В закрыты глаз, в покое рук — Тайник движенья  
непочатый.  
(О. Мандельштам)*

Этот тайник и есть внутренняя форма, внутренняя картина движения или образ возможного действия. Образ действия обладает не меньшими энергетическими характеристиками, чем собственно моторный компонент действия. А.Ф. Лосев указывал на существование, наряду с материальной и целевой, эйдетической причины деятельности (аристотелевской энталехии). Он рассматривал эйдетическую причину, то есть эйдос, образ, как уже определенным образом организованную энергию (см. А.Ф. Лосев. История античной эстетики. Аристотель и поздняя классика. М., 1975, с. 701). Иное дело, что природа этой энергии остается загадочной. О. Мандельштам, не мудрствуя лукаво, назвал ее "трансцендентальным приводом".

Н.Д. Гордеевой потребовались тонкие методические средства, чтобы разделить чувствительность движения к ситуации и к возможностям его осуществления. Чередование обеих форм чувствительности происходит несколько раз в секунду с интервалом 125-250 мс. Важно понять, что речь идет не просто об обратных связях, с помощью которых поступает информация о мере соответствия движения инициировавшей его программе, хотя это, конечно, тоже существует. Главное в том, что посредством действия не только достигается "потребное будущее", о чём писал Н.А. Бернштейн. Каждый шаг действия, уменьшая неопределенность ситуации или доопределяя ее, создает новую неопределенность, порой разрушает, видоиз-

меняет, перестраивает ситуацию. Аналогичным образом с каждым шагом действия меняются необходимые для его выполнения ресурсы. Они не только уменьшаются, часто прирастают. В действии рождаются порывы-смыслоносители. Обнаруженные формы чувствительности и их реципрокность необходимы для улавливания этой двойной динамики. Но этого мало. Показания, даваемые обеими формами чувствительности, должны быть сопоставлены друг с другом и со стоящей перед субъектом двигательной задачей. Значит, от него требуется решение рефлексивной задачи в микроинтервалах времени, за которые нужно принять решение о сохранении или изменении способа управления и организации движения. Применительно к таким интервалам не может быть и речи о сознательной координации этих сложных процессов. Тем не менее, координация происходит и осуществляется не извне, а средствами самого действия, которое, как показано в книге, становится из реактивного чувствительным и рефлексивным.

Когда мышление, рефлексия автономизируются от действия или становятся действиями слишком умственными, практическое действие и его субъект могут завязнуть в них, утратить имя действия:

*Так трусами нас делает раздумье, И от  
решиимости природный цвет Хиреет под налетом  
мысли бледным, И начинанья, взнесшиеся мощно,  
Сворачивая в сторону свой ход, Теряют имя  
действия...*

(В. Шекспир)

Когда-то Анри Бергсон говорил о науке, что как бы далеко она не уходила от действительности, но будучи брошенной на поле действия, она должна оказаться на ногах. Я уверен, что еще мало распаханное поле исследований действия питательно для психологии. Его культурная обработка уже дает богатый урожай. Ведь в конце концов и "умное делание" (не только в теологическом смысле) произрастает на поле действия. А будучи опосредовано сознанием, действие трансформируется в поступок, который является результатом и условием познания человеком самого себя. Здесь мы сталкиваемся с совершенно новой проблемой. Каким образом автономизировавшиеся от предметного действия мысль, мышление, сознание вновь "вращаются" в него на следующем витке формирования и развития?

В книге подробно рассмотрены порождающие возможности действия, благодаря которым становится все более богатой его внутренняя форма. Внутренняя дифференциация действия связана с тем, что оно носит опосредсованный характер. Действие опосредовано мно-

гими внешними и внутренними обстоятельствами. Поэтому его сложность соизмерима со сложностью мира, в котором оно осуществляется. Здесь действие выступает, так сказать, в страдательной роли, в своей зависимости от мира. Но одновременно с этим действие ведь выполняет и активную, творческую роль. Оно само опосредствует отношения человека с миром, с другими людьми, то есть является не только опосредствованным, но и опосредствующим. Для того, чтобы опосредствованное действие стало активным посредником в отношениях человека с миром, оно само должно стать как бы непосредственным, естественным и свободным, как полет Терпсихоры. Говоря философским языком, оно должно сохранять свою опосредствованность в снятой или латентной форме. Это не мешает тому, чтобы на следующем витке развития непосредственное действие вновь стало опосредствованным. Ссылка на философию, на диалектику развития не снимает психологической проблемы механизмов взаимной трансформации непосредственного и опосредствованного. Ф.М. Достоевский когда-то сказал, диалектика кончилась и начались жизнь. Здесь более пригоден, во всяком случае — более понятен парадигма еще одной мандельштамовской метафоры: действие — садовник, оно же — и цветок. Это особый и специальный сюжет о посредническом действии или о действии-посреднике — главной движущей силе и главном механизме психического развития. Новая проблематика исследования действия-посредника интересно развернута в книге Б.Д. Эльконина "Введение в психологию развития", вышедшей в этой же серии в 1994 году. Автор поставил акцент не на дифференцирующих, а на интегрирующих функциях действия. Их совместное рассмотрение откроет новые перспективы развития психологии действия.

В заключение, несколько слов о построении книги. Ее композиция соответствует тому, как строится предметное действие — главный логический и смысловой центр изложения. В начале книги дан образ прошлой и настоящей ситуации исследования движений и действий, путей и методов их изучения. Затем задан обобщенный образ действия как предмета экспериментальных и прикладных исследований. Наибольшую часть книги занимает изложение экспериментальных исследований инструментального действия. Это прежде всего исследования автора и его сотрудников, которые весьма эффективно использовали микроструктурный и микродинамический анализ в качестве своего рода зондов для регистрации внешней и проникновения внутренней формы действия. В каждом исследовании анализируются функции и свойства отдельных компонентов действия. Ясно, что такой путь потребовал декомпозиции заданного вначале обобщенного образа действия. У читателя создается полное представление о

каждом из изученных компонентов, об их вкладе в различные способы управления и организации действия, об их микроструктуре и т.д., но целостное действие при этом выступает в качестве слабого фона.

Наконец, в Заключении Н.Д. Гордеева на основании всего цикла изложенных в книге исследований знакомит читателя с итоговой функциональной моделью предметного действия. Другими словами, в конце осуществляется новая композиция образа ситуации и образа действия, описываются не только свойства компонентов, но и типы связей между ними. На них читателю следует обратить особое внимание. Связи между компонентами — это кровеносная система функционального органа, который называется предметным действием. В случаях переучивания, переавтоматизации, переутомления, гиперстресса эта система может закупориваться.

На модели показываются возможные типы формирования, управления и организации действия. Объяснительный потенциал модели достаточно высок. Во всяком случае он не ниже, чем у семейства моделей, приведенных в начале книги. С помощью модели можно описать, объяснить, найти способы формирования многих действий, которые не были предметом исследований, изложенных в книге.

Автор приводит убедительные аргументы в пользу того, что организация естественных действий подчинена тем же закономерностям, что и организация инструментальных действий. Это дает основания назвать модель моделью предметного, а не только инструментально-го действия. Разумеется, действие, оставаясь предметным, может выполнять знаковые, символические, изобразительные, коммуникативные, интеллектуальные функции. Действие, понимаемое в широком смысле слова, может осуществляться под контролем сознания и без такого контроля. Оно может быть в большей или меньшей степени наполнено когнитивными и оценочными компонентами, отражать не только моторный, но и когнитивный стиль индивида, нести на себе печать индивидуальных, личностных, социальных установок. Все это широко известно, но мало исследовано. Мне представляется, что изложенный в книге опыт изучения пространственных инструментальных действий и развитая модель предметного действия могут послужить фундаментом для дальнейшего исследования, так сказать, высших форм предметного и символического действия. Естественно, что предложенная модель предметного действия не является окончательной. Она вновь может быть подвергнута декомпозиции и ее отдельные компоненты и связи станут предметом новых экспериментальных исследований, к которым приглашает автор. Их результатом может быть новая композиция образа действий, новая модель, имеющая более высокий объяснительный потенциал.

*В.П. Зинченко*

## **Глава 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИСПОЛНИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ**

В сферу экспериментальных психологических исследований издавна входят разнообразные формы активности: рефлекс, реакция, действие, поведение, деятельность. Соответственно, в психологии оформилось достаточно развитые научные направления: рефлексология, реактология, бихевиоризм, психологическая теория деятельности. Между представителями этих направлений было немало дискуссий. Их история, конечно, поучительна, но она требует специального и объемного изложения, далеко выходящего за рамки задач настоящей книги, посвященной экспериментальной психологии действия.

Разницы между перечисленными направлениями, как правило, размыты. Классический пример — И.М. Сеченов, который в такой же степени представитель рефлексологии, как и представитель деятельностного подхода в психологии. Если первое общеизвестно, то на второе внимание обращается значительно реже, хотя он весьма определенно утверждал, что психология не может быть ничем иным как наукой о психических деятельностиах. В начале своей научной биографии Н.А. Бернштейн, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, А.Р. Лuria широко использовали понятия реакции и рефлекса, изучая отдельнывиды реакций, например, доминантные, аффективные и т.д. Н.А. Бернштейн изучал соотношение реакций и движений, его интересовало "наслаждение реакций на форму движений".

В дальнейшем мы будем оперировать концептуальным аппаратом, методами и фактами, полученными в контексте психологической теории деятельности, психологии действия и физиологии актив-

ности. Последнюю нередко называют психологической физиологией, поскольку она оперирует преимущественно понятиями живого движения и предметного действия, а не понятиями реакции и рефлекса.

Замечательной особенностью исследований, выполнявшихся в русле психологической теории деятельности, равно как и психологической физиологии, было единство концептуального аппарата, используемого для описания внешних и внутренних форм поведения и деятельности. Основным понятием в этих направлениях стало понятие действия, которое всегда двулико, то есть обязательно имеет свои более или менее богатые внешние и внутренние формы. Обе эти формы являются предметом психологического изучения. В то же время обе они обеспечиваются соответствующими физиологическими механизмами. Последние в настоящей книге останутся вне рассмотрения.

Проблема действия в отечественной психологии начала систематически разрабатываться с середины 30-х годов учениками и последователями Л.С. Выготского А.В. Запорожцем, П.И. Зинченко, А.Н. Леонтьевым и др. Постепенно накапливался богатый опыт изучения и определения различных познавательных действий: сенсорных, мнемических, перцептивных, умственных, при этом особо подчеркивалась их связь с предметно-практическими действиями. Исследования по формированию первых орудийных действий у младенцев и преддошкольников проводил П.Я. Гальперин, позднее он прошел большой цикл исследований формирования умственных действий и понятий. В.И. Ленин исследовал процессы формирования исполнительных действий и навыков в зависимости от условий проведения экспериментов, к числу которых относились полнота представлений о задаче и знание о результате действия. А.В. Запорожец наряду с исследованием сенсорных и мыслительных действий определял эмоции как акты, действия, изучая восприятие детьми-дошкольниками различного возраста сказок, басен, рисунков. П.И. Зинченко ввел понятие мнемического действия, исследуя процессы запоминания. А.Р. Лuria изучал патологию различных форм действия. Исследуя процесс формирования зрительного образа, В.П. Зинченко впоследствии ввел понятие перцептивного действия, определив его как активный, динамический, регулируемый задачами процесс, обладающий механизмами обратной связи и предвосхищения, подчиняющийся особенностям обследуемого объекта [71]. Благодаря этому богатейшему опыту изучения разнообразных форм познавательных действий были созданы объективные предпосылки

для исследования психического действия как такового, включая исполнительные, моторные и эмоциональные акты.

Исполнительное действие, например, в психологии труда, в эргономике — это приобретенное в результате обучения и повторения умение решать трудовую задачу, оперируя орудиями труда (ручной инструмент, органы управления и контроля и т.п.) с заданной точностью и скоростью. Обычно исполнительные действия входят в качестве компонентов в более широкие структуры трудовой деятельности обеспечивают ее эффективное выполнение наряду с такими ее оппонентами, как познавательные (когнитивные) и оценочные действия, включая и принятие решения. В зависимости от вида трудовой деятельности удельный вес исполнительных действий может быть весьма различен. Эти действия могут совершаться либо эпизодически, либо занимать все рабочее время. Иными словами, в структуре деятельности они могут занимать место основной цели, либо выступать в качестве средства достижения цели. В первом случае, когда исполнительные действия составляют основное содержание деятельности, такая деятельность будет по преимуществу исполнительной (например, деятельность оператора-технолога или оператора-манипулятора). Условием их успешного выполнения является формирование, нередко длительное, соответствующих умений и навыков работы с весьма разнообразным инструментом или сложными органами управления. Во втором случае основным содержанием выступают когнитивные действия (перцептивные, мнемические, умственные), а исполнительные, моторные акты, как правило, просты и не требуют длительного обучения [71]. Подобная характеристика справедлива и для исполнительных действий, совершаемых в быту, в игре, в спорте и т.д.

Если действие имеет отчетливо выраженную внешнюю форму, его называют орудийным, инструментальным, исполнительным — предметным в широком смысле этого слова. Если действие не имеет отчетливо выраженной внешней формы, его называют психическим или когнитивным (перцептивным, мнемическим, умственным). Это давнее разделение действий на два больших класса является весьма вотносительным.

Столь же давней является традиция раздельного изучения когнитивных и исполнительных действий. На самом деле исполнительные действия могут быть пробующими, ориентировочно-исследовательскими, то есть выполнять когнитивные функции. Когнитивные действия, в свою очередь, могут быть исполнительными. В этом случае в качестве своеобразных "орудий" когнитивных действий выступают образы, понятия, знаки, символы, схемы, образно-концептуальные

модели реальности и программы исполнительных действий. Об относительности разделения действий на исполнительные и когнитивные говорит и то, что в ткань исполнительных действий входят когнитивные, оценочные, рефлексивные компоненты. Равным образом, в ткань когнитивных действий входят исполнительные, моторные компоненты. Это означает, что оба класса действий имеют как внешние выраженные и достаточно легко регистрируемые формы, так и внутренние, недоступные непосредственному наблюдению формы.

По поводу различия внутреннего и внешнего высказываются различные точки зрения: внешняя и внутренняя деятельность абсолютно тождественны, абсолютно различны или обладают принципиальной общностью строения. Понятие интериоризации — это связующее звено между внешней и внутренней формами деятельности и утверждение об их тождественности вообще обесмысливает принцип интериоризации. Абсурдна и неразрешима была бы проблема интериоризации при принятии точки зрения об их абсолютном различии. Точка зрения об общности строения внутренней и внешней деятельности, развиваемая Л.С. Выготским, А.Н. Леонтьевым и С.Л. Рубинштейном, представляется наиболее конструктивной. Главное, благодаря чему можно устраниТЬ разделение деятельности на две формы, А.Н. Леонтьев видел в возможности переходов одной ее формы в другую. При этом он обращал внимание на возможности не только интериоризации внешней деятельности, но и на обратные переходы от внутренней к внешней деятельности (экстериоризация), указывая на то, что интериоризация — это процесс, в котором внутренний план впервые формируется [95]. Данные микроструктурного анализа познавательных и исполнительных действий подтвердили положение А.Н. Леонтьева о наличии взаимопереходов и взаимопревращений внешней, материальной практической деятельности и деятельности внутренней, идеальной, психической. Однако, по мере развертывания исследований микроструктуры и микродинамики когнитивных, особенно кратковременных процессов, обнаруживаются новые формы внутренних действий, для которых трудно отыскать непосредственный аналог во внешней предметной деятельности. Это связано с тем, что в течение длительного времени методы исследования, применяемые в когнитивной психологии, в том числе и методы анализа функциональной структуры и микроструктуры, давали более расчлененную картину строения познавательных процессов, чем методы, применяемые для исследования моторных процессов.

Для того, чтобы выявить различия или найти сходство между внутренней и внешней формами действия, необходимо иметь, во-

первых, расчлененное представление как о структуре внешнего предметного действия, так и о структуре сохраняющего предметные черты внутреннего действия, а во-вторых, метрику и процедуры соизмерения внешних и внутренних действий. Для этого необходимо обратиться к характеристике внешней деятельности и попытаться найти в ней компоненты, традиционно относимые к деятельности внутренней [71 ].

Внешнее, чувственно-предметное, материальное действие, которое содержит в своем составе, в своей биодинамической ткани когнитивные и эмоционально-оценочные компоненты психики, может служить источником возникновения и развития многих превращенных форм действия, в том числе и действий внутренних, обособившихся и освобожденных от своей внешней оболочки. Но при любых формах автономизации внутренних действий сохраняется их генетическая связь с действиями материальными, т.е. сохраняется их связь с породившим их источником. Иначе говоря, чувственно-предметное действие содержит в себе как внешние, так и внутренние компоненты психического: когнитивные, исполнительные и эмоционально-оценочные. Поэтому-то оно в целом должно рассматриваться как действие психическое. Это, впрочем, не отменяет задачи поиска внутреннего во внешнем, решение которой должно опираться на анализ исходных форм действия или "живого движения" (термин Н.А. Берштейна). Это соответствует и деятельностной трактовке психики, в основе которой лежит представление о действии, базальным компонентом которого является живое движение. Такое представление складывалось в результате изучения сенсорных и перцептивных действий (А.В. Запорожец, В.П. Зинченко, А.Н. Леонтьев); мнемических действий (П.И. Зинченко); развития произвольных движений (А.В. Запорожец); формирования умственных действий и понятий (П.Я. Гальперин, В.В. Давыдов).

Многочисленные исследования, выполненные в русле психологической теории деятельности, позволяют предположить, что любое идеальное, умственное действие содержит в себе в явном или скрытом виде реальное движение. Но еще задолго до этого многие ученые не только усматривали наличие внешних связей между движением и теми или иными психическими функциями, но и выделяли эти функции в самой ткани двигательного акта.

Связь между категориями движения и памяти отмечалась еще Аристотелем, который писал, что ощущение формируется под воздействием внешних предметов, а припоминание исходит из души; и то и другое отражается в движениях и что движение, связанное с припоминанием, оставляет в душе некоторый след.

Близкие к этому идеи мы находим у Августина, который связывал действие не только с памятью, но и с предвидением: "Ожидание относится к вещам будущим, память — к прошедшему. С другой стороны, напряжение действия относится к настоящему времени; через него будущее переходит в прошедшее, причем, ожидание конца начатого действия невозможно без памяти... Следовательно, в действии должно быть нечто такое, что относится к тому, чего еще нет" [цит. по 121 ]. Действие, таким образом, представляет собой средство, соединяющее прошедшее с будущим, и в себе самом содержит элементы предвидения и памяти.

В не менее определенной форме идеи о связи действия с памятью и предвидением развивал Ч. Шеррингтон: "В осуществлении действий, направленных на окончательный, завершающий акт, в процессе отбора открывается возможность элементам памяти (хотя иrudimentарной) и элементам предварения (хотя и незначительным) разиться в психическую способность к "развертыванию" настоящего назад, в прошлое, и вперед, в будущее, которая у высших животных является непременным признаком более высокого умственного развития" [148, с. 314]. П. Жане также связывал простейшие формы памяти с движением и с обязательным при осуществлении движений ощущением длительности. Последнее, по мнению П. Жане, возникает при первых попытках управления действиями и приложения усилий. Он, как и Ч. Шеррингтон, локализовал мнемические эффекты в моментах окончания действия и связывал движения с предвидением и поиском.

Что же собой представляет живое движение и каковы его особенности? Наиболее существенным признаком, отличающим живое движение от механического, является то, что оно представляет собой не только и не столько перемещение тела в пространстве и времени, сколько овладение пространством и временем, т.е. оно обладает чертами активного хронотопа. Рассмотрим, благодаря каким свойствам живое движение приобретает такие черты. А.А. Ухтомский на основании работ Н.А. Бернштейна по биомеханике говорит, что "микроскопия времени" и "микроскопия хронотопа" не анатомическая, а физиологическая, т.е. "микроскопия не неподвижных архитектур, но микроскопия движения в текуче-изменяющейся архитектуре при ее деятельности" [132, т. 5, с. 75].

Разработанные в то время Н.А. Бернштейном методы регистрации и анализа движений и проведенные на их основе исследования позвоночнику или ему сформулировать ряд важнейших положений. Главное из них состоит в том, что движения живого организма должны рассматриваться как своего рода органы со свойствами, присущими анатоми-

ческим органам: "Во-первых, живое движение реагирует, во-вторых, оно закономерно эволюционирует и инволюционирует" [19, с. 178]. При изучении реактивности движения он обнаружил ее избирательность. Это привело его к заключению, что "движение не есть цепочка деталей, а структура, дифференцирующаяся на детали,— структура целостная при наличии в то же время высокой дифференциации элементов и разнообразно-избирательных форм взаимоотношений между ними" [там же, с. 179 ].

Таким образом, живое движение, по Н.А. Бернштейну,— это реактивный, развивающийся функциональный орган\*, обладающий дифференцирующейся на детали структурой и собственной биодинамической тканью. Орган, который нельзя редуцировать к материальному субстрату движения, хотя последний, определяющий протекание живого движения, обладает совершенно особыми качественными характеристиками. Столь сложное образование, как живое движение, должно обладать определенными жизненными функциями, для характеристики которых Н.А. Бернштейн использовал понятие «двигательная задача». Задача "построения движения" в уникальной предметной ситуации является фантастической по своей сложности. Чтобы решить ее, тело, обладающее психикой, вынуждено каким-то нерациональным, нерассудочным путем постичь сложнейшую физику (статику, динамику, кинематику) конкретной предметной ситуации и согласовать ее с телесной биомеханикой.

Решение подобных задач действительно требует формирования сложнейших функциональных органов, в ткань которых должны входить не только утилитарные акты исполнения, но и когнитивные, эмоционально-оценочные компоненты, которые Н.А. Бернштейн соотносил с "моделями потребного будущего". Живое движение в концепции Н.А. Бернштейна — это не реакция, а акция, не ответ на внешнее раздражение, а решение задачи. Характеризуя работы Н.А. Бернштейна, С.Л. Рубинштейн писал: "Таким образом преодолеваются ходячие, традиционные, вульгарно-дуалистические представления, согласно которым психологические моменты в человеческой деятельности являются силами, извне управляющими движе-

\* Под функциональным органом, в соответствии с идеей А.А. Ухтомского, следует понимать всякое временное сочетание сил, способное осуществить определенное достижение, и совершенно не обязательно с понятием органа связывать представление о морфологически сложившемся, статически постоянном образовании К числу подвижных функциональных органов он относил интегральный образ, воспоминания, доминанту, парабиоз и т.п [113].

нием, а движение рассматривается как чисто физическое образование..." [124, с. 3].

Живое движение менее всего похоже на механическое перемещение тела в пространстве. Н.А. Бернштейн на основании обобщения всей совокупности топологических и метрических свойств моторики в ее взаимоотношениях с внешним пространством ввел понятие моторного поля. В последнем топология преобладает над метрикой. Тщательный анализ рисунка движений, даже хорошо заученных и многократно повторяющихся в одной и той же ситуации, в том числе анализ их задающих, программирующих, собственно физических и коррекционно-контролирующих компонентов свидетельствует об их уникальности. Биодинамическая ткань моторного акта так же неповторима, как отпечаток пальца. Отсутствие устойчивых идентичных линий в моторном поле, неповторимость движений наводят на мысль о том, что живое движение каждый раз строится заново. Остаточный и неустранимый разброс во времени осуществления движений необходим для построения и удержания образа пространства, для построения собственного моторного поля, которое строится посредством поисковых пробующих движений, зондирующих пространство во всех направлениях.

Движение имеет не только пространственные и временные координаты, но и смысловые; именно поэтому многие ученые связывали движение с памятью, предвидением, с двигательной задачей. Как показывают многочисленные исследования, в функциональную структуру действия входят два когнитивных компонента: план-программа предстоящего действия (т.е. элементы предварения в терминах Ч. Шеррингтона или потребного будущего в терминах Н.А. Бернштейна), находящаяся перед собственно исполнительным компонентом действия, и контроль, связанный со схемами памяти, находящийся после него и завершающий движение.

В живом движении в нераздельном единстве присутствуют пространство и время. Перетекание времени из будущего в прошедшее возможно лишь на основе активного действования в пространстве, на основе его преодоления и овладения им. Движение выступает в качестве необходимого соединительного звена между предвидением и памятью. Неизбежное рассогласование между ними преодолевается за счет "напряженного действия" в настоящем. Живое движение действительно обладает чертами активного хронотопа и представляет собой уникальное средство преодоления и овладения пространством и временем. Это овладение возможно в том числе и потому, что живое движение является средством обмена — или лучше сказать — трансформации пространства во время и обратно. Следовательно,

функциональная структура живого движения является пространственно-временной, но кроме того, в структуру живого движения должно входить нечто, что, не являясь движением, придает ему смысл, управляет его протеканием, инициирует его, регулирует пространственно-временные характеристики, наконец, прерывает или прекращает его. Этим нечто является предмет. Ведь именно движение осуществляет непосредственно ту практическую связь человека с окружающим предметным миром, которая лежит в основе развития его психических процессов. А.Н. Леонтьеву принадлежат положения о возможности существования различных степеней предметности двигательной задачи, которую он трактовал не просто как один из факторов, влияющих на движение, а как решающий момент, от которого зависит осуществление произвольного двигательного процесса, особенности его собственного строения [96]. Предметность движения — это выход живого существа за пределы координат собственного тела в систему внешних пространственных координат окружающего мира, необходимое условие отражения этого мира и одновременно с этим включение предмета в координаты собственного тела: в моторное, зрительное и ментальное пространство.

Наиболее очевидным примером расширения схемы тела является включение в нее транспортного средства, например, автомобиля. Зонд врача, скальпель хирурга, кисть художника, смычок музыканта и т.п. не только включаются в схему тела. Они представляют собой средство превращения внутреннего идеального действия во внешнее. Условием такого превращения является приобретение ими свойств чувствительности. Когда чувствительность человека перемещается на кончик зонда, он становится "осознанным щупалом" (И.М. Сечев-нов). Значит, полное овладение орудием — это одновременно и его одушевление. Определяющее действие и одушевление предмета — два идущих навстречу друг другу процесса. Момент их встречи и есть рождение осознанного, целенаправленного предметного действия, вершиной которого является творческий исполнительский акт.

Следовательно, к пространственно-временным характеристикам живого движения необходимо добавить свойство предметности. Указанные характеристики представляют своего рода "бытийный слой" живого движения. Он определяет собой то, что было названо А.В. Запорожцем внутренней картиной движения, или внутренней моторикой, т.е. моторикой, не входящей в состав внешних движений, непосредственно выполняющих данный двигательный акт. Можно предположить, что внутренняя моторика — это представление субъекта о пространстве возможных действий или возможных способах действия в той или иной ситуации. Формирование внутренней мотори-

ки — это начало формирования внутреннего плана деятельности, начало интериоризации внешнего предметного действия.

Используя терминологию Ю. Конорски, можно сказать, что внутренняя моторика представляет собой кинестетическое гностическое поле, кинестетический гноэзис. Согласно клиническим наблюдениям этого автора, существуют формы патологии, в которых происходит диссоциация между кинестетическим гноэзисом и выполнением действия. Больной может правильно програмировать движение, передавать команды на его выполнение, но не может выполнить его. В этих случаях у больного даже появляются галлюцинации выполнения движения, возникающие по механизму галлюцинаций в экстрапцептивных анализаторах [80].

Бели верна аналогия между кинестетическим гноэзисом и внутренней моторикой, то последняя должна быть тесно связана со своего рода "осознательной геометрией" (А.А. Ухтомский) и со зрительным образом.

Вернемся к поставленной выше проблеме поиска внутреннего во внешнем. Этот поиск должен опираться на анализ "живого движения", разрешающего поведенческую задачу и имеющего в своем составе в неразвитом виде смысловые, потребностно-мотивационные, когнитивные, эмоционально-оценочные и исполнительные компоненты. Живое движение, имеющее в развитом виде все перечисленные свойства,— это и есть чувственно-предметное действие.

В свое время психология и физиология труда внесли существенный вклад в изучение элементарных исполнительных действий и операций, методическую основу которого составил моторно-временной анализ. Однако в том виде, в котором он был предложен, нельзя выявить структуру и механизмы как сложных исполнительных действий, так и целостной исполнительной деятельности человека. "Надо подчеркнуть,— писал еще в 1930 г. Н.А. Бернштейн,— что не только методы, но и само понятие рационализации движений далеко не так просты, как мыслилось раньше. Нехитрая борьба Тейлора, а позднее Гилбрета с лишними движениями и понимание биомеханической операции как простой суммы последовательных движений, которую можно просеивать как зерно на сортировке, начинает уступать свое место пониманию двигательного комплекса как органически нераздельного целого, всегда отзывающегося на изменения какой-нибудь одной детали перестройкой всех остальных" [16, с. 7]. Не случайно сложные исполнительные действия и исполнительную деятельность сравнивали с "умным деланием", и психология описывала их в таких терминах, как сенсомоторный, или практический интеллект. Иначе говоря, разделение действий на внешние и внутрен-

вие, исполнительные и когнитивные при его экспериментально-методической полезности неадекватно отражает действительное положение вещей. Действие может быть внешним, исполнительным и вместе с тем когнитивным, интеллектуальным, разумным. Действие может быть внутренним и вовсе не обязательно разумным, целесообразным. Именно поэтому для анализа исполнительных действий недостаточно регистрации таких слишком общих характеристик как время и точность их выполнения. Необходимы знания о внешних и внутренних формах одного и того же действия, будь оно исполнительным, когнитивным или эмоционально-оценочным, знания о его предметно-временном, исполняющем рисунке и о его внутренней картине, об источнике его движущих сил. Рисунок внешнего исполняющего движения, с какой бы точностью оно ни регистрировалось, не может исчерпать существенных особенностей действия без анализа его внутренней картины, внутренней моторики. Каковы же эти существенные особенности, обуславливающие трудности изучения действия?

Всякое целесообразное действие представляет собой решение некоторой задачи, имеющей смысл для выполняющего его человека. Оно может быть реактивным, а может быть и спонтанным, активным. В общем случае действие — это не реакция, а акция, что подчеркивалось многими учеными. Это не противоречит тому, что в действии имеются реактивные, ситуативные элементы и силы, связанные с условиями его осуществления. Этими последними предметными обстоятельствами в большей мере определяются способы выполнения действия, а не его цели. Именно способ действия является живым отображением предмета. Следовательно, действие одновременно целесообразно и предметно. В действии субъект, движение и предмет сливаются в единое психофизиологическое и психофизическое образование. М. Мерло-Понти писал о том, что наше тело "образует из других вещей сферу вокруг себя, так что они становятся его дополнением и продолжением. Вещи уже инкорюстированы в плоть моего тела, составляют часть его полного определения, и весь мир скроен из той же ткани, что и оно" [104, с. 15].

Действие в целом и слагающие его движения должны обладать чувствительностью. Имеется общее правило формирования действия: для того, чтобы стать управляемым, оно должно быть ощущаемым (А. В. Запорожец). Процессы построения действия и управления км основаны на двух видах чувствительности: чувствительность к ситуации и чувствительность к исполнению. Экспериментальные исследования дали основания полагать, что оба эти вида чувствительности чередуются с весьма малыми временными интервалами

(порядка 150-250 мс). Оценка эффектов указанных видов чувствительности — это, по существу, начало рефлексивной оценки ситуации, взятой не самой по себе, не абстрактно, а в отношении к собственным возможностям действия в актуальной или будущей предметной действительности. Действие содержит в себе не только элементы реактивности и чувствительности, но также и элементы памяти, предвидения и оценки. Без предвидения, т.е. без цели, оно не может начаться, без памяти оно не может закончиться, без оценки и контроля оно лишь случайно может быть эффективным. Действие является средством связи между собой настоящего, прошедшего и будущего.

Действие с предметом включает в свой состав систему предметных операций (способов), представляющих собой "кристалл действия". Эта система охватывает собой предмет в целом и объединена единой предметной формулой. Осуществление различных систем операций, включенных в действие с предметом, преследующие разные цели, ведет, соответственно, к формированию достаточно полного и адекватного действиям образа предмета. Развернутые во времени предметные исполнительные и ориентировочные действия и операции приводят впоследствии к формированию целого и воспринимаемого одномоментно пространственного образа предмета. Значит, действие, так же как и основа его — живое движение, является средством трансформации времени в пространство и пространства во время. В последнем случае одномоментный пространственный образ, выступающий в качестве регулятора действия, развертывается во временную картину движений.

Образ — это целостное, интегральное отражение действительности, в котором одновременно представлены основные перцептивные категории (пространство, движение, цвет, форма и т.д.) и важнейшей функцией которого является регуляция исполнительных актов. Пространственная структура образа складывается в результате предметных действий субъекта благодаря преобразованию биодинамической ткани движения в чувственную ткань пространственного образа. По мере формирования образ наполняется предметным содержанием, в сформированном образе биодинамическая и чувственная ткань представляют как бы две стороны одного целого. При формировании пространственного образа ведущую роль играет биодинамическая ткань движения, действия. В сформированном образе ведущее положение занимает чувственная ткань, а при построении движения осуществляется обратный перевод, т.е. чувственная ткань образа трансформируется в биодинамическую ткань движения. Движение в конечном счете представляет собой как бы субстанцию,

каркас образа. И если верно положение о том, что деятельность умирает в продукте, то точно также должно быть справедливо положение о том, что образ умирает, воплощаясь в действии, чтобы возродиться в результате его завершения. Именно поэтому образы обладают свойством открытости. Чувственная ткань пространственного образа, связанная по своему происхождению с активными движениями субъекта в окружающем мире, может выступать в качестве регулятора исполнительных действий. Осуществление последних вновь приводит к трансформации биодинамической ткани в чувственную, к расширению и фиксации в образе все новых и новых свойств предметной действительности [40, 68 ].

В действии формируются не только образы предметов, но также практические, предметные обобщения, предметные, ситуативные и операциональные значения. Все они представляют собой необходимое условие осмысливания наличной ситуации и переноса сложившихся форм поведения и действия в новую ситуацию. Такой перенос не может быть полным и автоматическим, поскольку при осуществлении действия учитывается не только прошлый опыт, но и изменения в ситуации, произошедшие в том числе под влиянием предшествующего действия, а также новая цель и задача действия.

Любое действие не повторяется, а строится. Согласно Н.А. Бернштейну, упражнение — это повторение без повторения. Иными словами, при построении действия всегда можно наблюдать соревнование или конкуренцию его консервативных свойств, определяемых сложившимися программами и мнемическими схемами, и его динамических свойств, определяемых новизной ситуации, новизной целей и смыслов возникшей двигательной задачи.

На основании часто интуитивно представляемой внутренней картины действия и его внешнего исполняющего рисунка в научной (и художественной) литературе используются многочисленные противопоставления и метафоры, сопровождающие понятия движения и действия: мертвое, физическое, механическое, машинообразное и живое, биологическое, раскованное, творческое, свободное; внешнее и внутреннее, превращенное, психологическое, осмыщенное, духовное и т.п. В психологической науке создается классификация действий. К выделенным классам относятся управляющие, исполнительные, утилитарно-приспособительные, перцептивные, мнемические, умственные, коммуникативные (в их числе речевые). Имеются и другие основания для классификации. Действия разделяют на: импульсивные, реактивные и осмыщленные, разумные; непроизвольные и произвольные, регулярные и экстренные и т.п. Наконец, важно разделение действий на игровые, учебные, трудовые, сценические,

спортивные. Каждое из них оснащается теми или иными внешними средствами и аксессуарами и требует формирования внутренних средств и способов.

Сложность изучения действия связана с его изначальной двойственностью, выражющейся в сложнейшем переплетении биодинамической и чувственной ткани. Многообразие функций действия объясняется гетерогенностью, порождающей не только реактивные и исполнительные функции, но также функции памяти, предвидения и оценки [70].

Сложность внутренней формы действия и взаимоотношения с внешней, отчетливо наблюдаемой и регистрируемой формой, служат основаниями того, что действие может выступать во множестве обличий. Оно может быть не только исполнительным в широком смысле этого слова. Действие может выполнять функцию знака и даже символа, изобразительную функцию. Оно может выполнять функцию образца для усвоения. Для человека, усваивающего действие, оно выступает в качестве цели, а для человека, усвоившего действие, его исполнение может выступать в качестве потребности и мотива. Все это необходимо учитывать и специально использовать как при организации учебной, так и трудовой деятельности. Организация этих видов деятельности не может опираться лишь на представления об оперативно-технических характеристиках действия. Она должна предусматривать учет его предметных, смысловых аспектов и эффективно использовать когнитивную, мотивационную, эмоционально-волевую и личностную сферы.

В соответствии с представлениями, развиваемыми в современной психологии, деятельность в целом должна рассматриваться как органическая система, где как в живом организме каждое звено связано со всеми другими, где все отражается в другом, а это другое отражает в себе все. Но этого мало, деятельность, имеющая столь сложное строение, непрерывно развивается. Непременным признаком развивающейся органической системы является то, что она в процессе своего развития способна к созданию недостающих ей функциональных органов. В качестве таковых индивид в своей деятельности рождает и новые виды действий, и новые внешние и внутренние средства (способы) их оснащения. К числу последних относятся новые образы, новые языки описания проблемных ситуаций, новые способы (операции) действия и принятия решений, новые цели, программы и средства их достижения, новые формы контроля (обратной связи) за протеканием деятельности и осуществлением действия и его элементов и критерии оценки эффективности деятельности [68]. Порождение перечисленных новообразований достаточно сложный

процесс как по существу, так и в качестве предмета изучения, организации и проектирования. Его сложность связана с тем, что новообразования формируются не поочередно и не изолированно друг от друга. Новые цели должны быть опробованы имеющимися средствами, новые формы контроля должны опираться на достижения в развитии способов действия и т.д.

Рассмотренные выше существенные особенности действия, взятого во всей сложности взаимоотношений между его внешней и внутренней формами, требуют принципиально нового методологического, методического и аппаратурного обеспечения его исследования, организации и проектирования. Многие из описанных особенностей действия представляют собой результат теоретических изысканий и лабораторных экспериментальных исследований, однако необходимы более отчетливые и строгие данные о функциональной структуре действия, о закономерностях ее качественных и количественных изменений и перестроек. В психологии лишь в последние десятилетия стали разрабатываться адекватные методы, с помощью которых оказывается возможным проникнуть во внутреннюю структуру исполнительного, когнитивного или оценочного акта. Благодаря развитию методов анализа функциональной структуры и микроструктуры когнитивных и исполнительных актов предметом изучения стали не только внешние особенности исполнительного действия, но и его многочисленные и сложно организованные когнитивные и оценочные компоненты, а также законы связи между ними.

Задача дальнейшего изложения состоит в том, чтобы на целом ряде экспериментальных исследований дать характеристику методов и средств функционально-структурного и микроструктурного анализа инструментального исполнительного действия, описать найденные приемы выделения его компонентов и установления взаимоотношений между ними, а также методы определения количественных изменений и качественных перестроек, возникающих в целостной структуре в процессах обучения, тренировки, переучивания и, наконец, методы определения влияния общего контекста деятельности на структуру входящих в ее состав исполнительных действий. Следует учитывать, что методы анализа функциональной структуры и микроструктуры действия еще недостаточно развиты и пока не могут дать ответы относительно всех перечисленных выше свойств исполнительного действия. Тем не менее, на их основе уже удалось предложить первоначальные варианты функциональных моделей предметного исполнительного действия.

Необходимым условием изучения исполнительных действий является создание адекватных целям исследования и удобных для ис-

пользования в эксперименте средств регистрации пространственно-временной картины движения. Для решения подобных задач создаются специальные и достаточно сложные экспериментальные стенды и тренажеры, на которых ведутся исследования инструментальных действий разной степени сложности.

## **Глава 2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯМИ И ДЕЙСТВИЯМИ**

Психологическая сложность процесса управления движениями впервые была показана в конце прошлого столетия американскими учеными У. Джеймсом [211] и Р. Вудвортсом [307]. Биомеханическая сложность их организации была продемонстрирована в начале XX в. немецкими учеными В. Брауне и О. Фишером [по 19]. Но как часто бывает в науке, в последующие годы психологи и физиологи пошли по линии упрощения проблематики двигательного поведения и стали оперировать понятиями стимулов, реакций, рефлексов. Лишь в редких случаях движение и действие являлись предметом изучения как таковые, в большинстве же исследований они выступали в качестве показателей, индикаторов других процессов.

Казалось бы, существенный шаг в исследовании движений мог быть сделан бихевиоризмом. Однако, отрицание представителями этого направления внутренней психической жизни не позволило дать содержательную характеристику внешнего поведения.

Восстановление интереса к движениям и действиям произошло во второй половине XX столетия, что было связано с проникновением в биологию и психологию идей кибернетики и теории автоматического регулирования, с развитием инженерной психологии и появлением профессии операторов систем управления. Проблематике построения движений стало уделяться большое внимание в психологии, физиологии и биомеханике. Предметом исследования служили самые различные классы движений: естественные и орудийные, изолированные и серийные, быстрые и медленные, врожденные, заученные

и вызванные (реактивные). При их изучении использовались разнообразные методы — от простого наблюдения до совершенных средств регистрации временного и пространственного рисунка движения. Накопленный богатый эмпирический материал оказался противоречивым, привел к возникновению слабо согласуемых гипотез, многие из которых были справедливы лишь для описания узкого класса решаемых задач. Ярким примером этому могут служить теории открытого (К. Лешли) и закрытого (Дж. Адамс) контура регулирования.

Однако, несмотря на возникшие сложности, исследователи двигательного поведения пытались собирать, анализировать и синтезировать результаты различных экспериментальных исследований, которые могли бы послужить основой не частных теорий управления какими-либо отдельными видами движений, а общей теории построения и управления двигательными актами.

Анализ существующих подходов к проблеме управления движениями свидетельствует о наличии во многих из них компонентов, сходных по своему функциональному значению. В некоторых теориях рассматриваются функциональные компоненты в их взаимосвязи, другие посвящены детальному анализу какого-либо одного компонента и не затрагивают других. Ниже будут рассмотрены наиболее типичные представления и теории построения движений в целом и частные теории, относящиеся к наиболее существенным компонентам двигательного акта.

## 2.1. Представления о моторном программировании

Центральным моментом в существующих теориях моторного обучения являются представления о программном и корrigирующем механизмах, об их взаимоотношениях и взаимовлияниях. Термин "центральное" или "моторное" программирование ввел Р. Вудвортс [307], доказав наличие моторных программ, обеспечивающих быстрые произвольные движения человека. Анализируя результаты исследований, он пришел к заключению о наличии двух фаз движения. Фазы, определяемой первоначальной программой и не зависящей от зрительной обратной связи, и фазы, следующей за первой, совершающей с учетом зрительной афферентации и обеспечивающей точность движения.

К. Лешли [97, 234] первым сформулировал отчетливую концепцию моторного программирования. В исследованиях на человеке и животных он нашел доказательства тому, что реализация движения представляет собой центрально-организованный процесс, в осуществ-

влении которого проприоцептивные механизмы могут не играть существенной роли. Он показал, что, когда исключена обратная связь, испытуемый не делает ошибки в выборе направлений произвольного движения и в оценке его протяженности. На этом основании был сделан вывод, что точное движение одиночного сустава возможно и в отсутствии обратной связи от движущегося органа, когда управление движением осуществляется на основе центральных моторных программ. Вывод К. Лешли подтвердили в своей недавней работе М. Фишман и Т. Шнейдер [189].

В теории моторного программирования (открытого контура управления) утверждается, что образец иннервации движения структурируется прежде начала движения. Этому образцу или плану принадлежит главная роль в управлении движением. При этом подразумевается, что обратная связь не играет существенной роли в организации движения, и лишь в некоторых случаях ей отводится модулирующее значение. Большой вклад в развитие представления о моторной программе, как механизме, обеспечивающем осуществление движения по типу открытого контура, внесли исследования, проведенные на деафферентированных животных. Это исследования процесса обучения крыс передвижению в лабиринте при исключении проприоцептивной обратной связи [К.С. Лешли, 97]; исследования сенсорной регуляции движений саранчи [Д.М. Уилсон, 306]; исследования Е. Тауба и А. Бермана [286, 287] на обезьянах, подвергшихся деафферентации. Сходные эмпирические данные приводят в своей работе Дж. Саммерс [285], ссылаясь на результаты, полученные Дж. Ротвилом с сотр. при исследовании лиц с потерей кинестетической чувствительности в результате болезни или врожденного дефекта. Они обнаружили, что пациент, у которого отсутствует обратная связь от движений верхних и нижних конечностей в результате атрофии периферических нервных путей, способен к выполнению широкого класса двигательных задач: теппингу, рисованию фигур в воздухе, быстрым целевым движениям. В последнем случае даже фиксируется электромиограмма, сходная с таковой у здоровых испытуемых. Несмотря на то, что исследования с деафферентацией доказывают возможность осуществления движений без использования обратных связей, это не означает, что для нормального управления движениями можно обходиться без их участия. Деафферентированные движения человека и обезьян никогда не бывают "нормальными". Они почти всегда неловкие, с характерным ухудшением тонкой регулировки и уменьшением точности. Это еще одно доказательство того, что обратная афферентация необходима для отработки тонких

деталей движения и оценки точности выполнения моторной программы.

Наиболее существенное подтверждение наличия центрального моторного программирования было получено в многочисленных исследованиях движений глаз [Х. Тьюбер, 290; Л. Фестингер и Л. Кэрон, 187; Г. Гудвин и др., 198; Л. Фестингер и А. Эстон, 188; Р. Мартенюк, 242; М. Шеридан, 276]. На их основе был сделан вывод о том, что перцептивная система получает информацию от эффекторных команд, а не через перцептивную обратную связь от мышечных рецепторов. Результаты исследований движений глаз показали, что центральная команда содержит всю необходимую информацию в случае совершения саккадических движений глаз в отличие от следящих движений, где необходима обратная афферентация.

Трудно возражать против того, что концепция моторного программирования дает наиболее экономное объяснение механизму управления баллистическими движениями, которые начинаются и полностью завершаются в течение 200 мс [М. Фишман, Т. Шнейдер, 189]. Однако, до настоящего времени не получено решающих доказательств того, что произвольное движение человека может осуществляться без периферической обратной связи, только по командам, получаемым от моторной программы. Тем не менее, во всех современных теориях и моделях управления движениями моторная программа представлена одним из ведущих компонентов [Р. Мартенюк, 242]. Подтверждение возможности управления движениями в отсутствии обратной связи Дж. Саммерс находит в исследованиях С. Грилнера о врожденном характере моторных программ, предположившим, что врожденные механизмы центральных паттернов лежат в основе ходьбы человека. Было показано, что у младенцев наблюдаются характерные спонтанные движения ногами, которые по своей пространственно-временной структуре сходны со зрелой локомоцией. Однако и Дж. Саммерс, ссылаясь на Дж. Келсо, А. Фогеля с сотр., высказывает мысль о том, что врожденные двигательные паттерны используются лишь в качестве основы для выработки новых моторных программ [285].

Понятие моторного программирования подразумевает, что наборы моторных команд, как врожденных, так и заученных, хранятся в центральной нервной системе и могут вызываться и синтезироваться в требуемое или желаемое движение. Программы, по предположению С. Кила [220], содержат информацию о мышце или группе мышц, которые должны активизироваться, они определяют их спецификацию, интенсивность и продолжительность активации. Кроме того, программы определяют временной порядок и специфику вре-

менной структуры, которая будет управлять координацией отобранных единиц.

Б. Мегу [245], анализируя и обобщая результаты собственных исследований, приходит к выводу об иерархическом строении моторных программ с жестко фиксированным положением в иерархии. С. Клапп [227], напротив, предложил модель параллельного программирования двигательного акта, в которой постулируется одновременность и независимость протекания друг от друга процессов организации движения (например, выбора направления и величины прилагаемого усилия). Подобное противоречие может быть объяснено тем, что анализировались движения разного класса. В первом случае анализировались движения в задаче дискретного слежения за целью, тогда как в анализируемой С. Клаппом ситуации, ответом на сигнал было нажатие на кнопку.

Д.А. Розенбаум [122], опираясь на результаты экспериментальных исследований быстрых моторных последовательностей, предполагает, что моторные программы иерархически структурированы. Выполнение программы осуществляется по принципу ветвящегося дерева. Это означает, что коды предписаний высокого уровня программы декодируются раньше предписаний более низкого уровня. Поэтому, чем больше декодирующих операций необходимо совершить при подготовке движения, тем больше потребуется для этого времени и тем выше вероятность совершения ошибки. Преимущество иерархического строения состоит в возможности организации сложной последовательности поведения с помощью связывания элементарных ранее заученных последовательностей. В процессе построения моторных программ Д.А. Розенбаум выделяет два ключевых момента. Во-первых, моторные программы строятся путем привязки реальных параметров предстоящего действия к упорядоченному списку моторных программ. И во-вторых, при создании моторной программы необходима работа по отбору соответствующих подпрограмм и их правильному упорядочиванию.

Такой метод программирования, по мнению Д.А. Розенбаума, избавляет от необходимости хранения в памяти большого количества программ, ибо введение разных параметров в некоторый ограниченный набор программ создает возможность для их подстройки под конкретную выполняемую задачу.

Идею иерархической и целостной организации моторной программы разделяют С. Келсо, Д. Гудман и др. [225], считая, что программу нельзя рассматривать как сумму информации о каждом параметре моторного акта. Этот взгляд поддерживают Р. Пью [253] и Р. Шмидт [270], согласно которым моторная программа не является

специфичной для определенной группы мышц, напротив, она обладает набором инвариантных свойств.

Одним из аспектов проблемы моторного программирования является вопрос о соотношении количества моторных программ и движений. Предполагается маловероятным хранение в памяти программ для каждого из выполняемых движений. В.С. Гурфинкель и Ю.С. Левик [50] экспериментально показали, что два способа локомоций — ходьба и бег, представляют собой один и тот же тип локомоторной программы. Они изучали режим ускоряющейся локомоции с переходом ходьбы в бег. Предполагалось, что в случае использования двух различных программ для ходьбы и бега будет зафиксирован скачок в изменении кинематических параметров и временной картины электрической активности, который свидетельствовал бы о переключении в работе двух программ. В другом случае, при использовании при ходьбе и беге одной и той же программы предполагалась регистрация плавных изменений указанных характеристик. Результаты подтвердили второе предположение: зафиксированы плавные изменения временных и амплитудных характеристик.

А. Уэлфорд [304] предложил 3-х компонентную модель построения движения: на первом уровне анализируются и интегрируются данные, получаемые из разных точек пространства, извлекается релевантная цели действия информация. Построенный симультанный образ ситуации используется как информация для работы второго уровня, где этот образ переводится в образ моторных программ, которые затем реализуются в требуемом движении (третий уровень).

Разделяя идею уровневого строения моторной программы, Д. Гленгресс [197] считает, что на первом (ведущем) уровне происходит обработка и передача на хранение информации, поступающей по каналам обратных связей. Второй уровень представлен системой открытого контура управления в виде моторной программы. В начальном периоде обучения нагрузку за организацию обучения берет на себя задающая система, которая выделяет единицы действия и способствует их объединению в моторную программу, выполняющую затем функцию регулятора. Информация о скоростных, пространственных и энергетических параметрах движения объединена в одну обобщенную программу, и их раздельное кодирование возможно только на более низких уровнях регуляции. С. Кил и Р. Иври [78] в модульной концепции моторного управления предполагают наличие трех систем, ответственных за обеспечение организации движения. Одна система определяет последовательность активности и локализации движений, вторая — силы, требуемой для каждого движения, третья — измеряет время между последовательными дей-

ствиями. Предполагается, что прежде, чем моторное действие может инициироваться, все вычисления и расчеты должны быть сведены вместе в моторной коре. До тех пор, пока не начнется реализация моторного действия, не сможет на чаться и следующий цикл описания действия, его силы и времени.

Б. Джонс [216] выделил гипотетическую единицу моторной памяти, которая функционирует независимо от периферической обратной связи. Единица моторной памяти — это эfferентная копия импульса от совершенного быстрого движения. Б. Джонс считает, что основным условием запоминания простых движений является центральное управление афферентацией. В результате исследований он пришел к выводу, что проприоцептивная информация необходима в этом случае, когда отсутствует возможность планировать совершаемые действия, например, в случае пассивных движений.

В теории Ф. Генри и Д. Роджерса [209] утверждается, что нейронные команды, продуцирующие движение, хранятся в памяти в виде обобщенных образов, которые могут быть использованы как основа для выработки моторных команд. Отсюда следует, что сложному движению предшествует более длительная латентная фаза, чем более простому, т.е. более обширная программа требует больше времени для подготовки координированного двигательного ответа.

Д. Рассел [268] предположил, что организация и управление движениями основаны на информации о пространственном положении цели. Он считает, что эта информация хранится центрально и содержит знание о текущем положении. Иначе говоря, движения могут быть организованы на основе хранящейся информации о пространственных положениях, а не на основе специфической информации от движения. Это снимает проблему хранения информации специфической для каждого движения.

Хотя структура и содержание моторных программ до сих пор являются предметом дискуссий, исследователи сходятся на том, что моторная программа есть многоуровневая система, в которой абстрактное представление о действии тщательно перерабатывается в конкретные специфические команды.

Обобщая представления разных исследователей о моторных программах, Дж. Саммерс [285] замечает, что до сих пор нет единого определения моторной программы. В. Брукс, например, считает, что моторная программа — это взаимодействие в центральной нервной системе, основанные на прошлом опыте и способные производить разные приспособления и движения; согласно Э. Эвартсу, моторная программа — это спускающиеся вниз сигналы от моторной коры. Д. Миллер определяет программу как особый уровень моторной сис-

темы, абстрактный план действия. По Д. Розенбауму, программа — это механизм, управляющий отдельными аспектами моторного поведения, например, такими как время движения.

Р. Пью утверждает, что нельзя предлагать некоторую общую интегральную концепцию моторной программы, так как она может иметь различные представления на разных уровнях моторной системы. Наиболее удачным, по мнению Дж. Саммерса, следует считать определение С. Кила: моторная программа — это центральное представление последовательности моторного действия. Главная особенность моторной программы состоит в возможности организовать серию движений заранее, до начала их выполнения. Вместе с тем, обратная связь "наблюдает" за процессом осуществления действия, а информация, полученная от нее, используется при необходимости для модификации заученных двигательных паттернов. Доля вклада моторной программы и обратной связи в управление движением определяется статичной или динамичной средой, требованиями к точности и другими факторами. В ситуациях, когда невозможно заранее точно определить подробности предстоящего действия, субъект совершает короткие запрограммированные движения, которые оцениваются обратной связью и при необходимости корректируются.

Согласно К. Ньюэллу [250], программирующий механизм можно рассматривать как гетерархическое образование, которое, с одной стороны, должно быть достаточно обобщенным, а с другой стороны, достаточно гибким, способным конкретно отражать специфику планируемого действия. Ссылаясь на П. Грина [201], К. Ньюэлл пишет о том, что на высших уровнях исполнительной системы вырабатывается "черновой" вариант ответа, который конкретизируется на низших уровнях. К. Ньюэлл предполагает, что моторная программа является конкретизированным планом действия. Степень детализации программы зависит от множества факторов, в том числе от специфики двигательной задачи (при баллистических движениях она выше, при медленном слежении — ниже), от уровня обученности испытуемого и т.д. План действия строится с учетом внешних условий. На основе плана действия разрабатываются конкретные варианты его реализации, которые могут модифицироваться с помощью обратных связей, в результате чего действия совершенствуются.

В теории кольцевого управления Н.А. Бернштейна [18, 19, 20] программа идентифицируется с задающим элементом, имеющим уровневое строение. Макроуровень ответственен за представление результата действия, осмысливание двигательной задачи и формирование общей программы действия; микроуровень ответственен за

перешифровку обобщенных представлений в детализированные команды.

Роль программного компонента в теории функциональных систем П.К. Анохина [4] выполняет афферентный синтез, в котором синтезируются сигналы от доминирующей мотивации и обстановки в данный момент, от пускового сигнала и от предшествующих действий.

Интересна попытка представить механизмы, инициирующие движение как форму следовых эффектов. В модели Е.Н. Соколова [131] такой инициирующей функцией обладает след заданного эталона, который определяет избирательную двигательную реакцию. Он фиксируется и сохраняется длительное время после однократного применения, "обладает чертами устойчивой образной памяти". След заданного эталона является самостоятельным образованием, в функции которого входит активация анализатора и передача сигналов к центрам исполнения реакций. Его можно скорее представить как Инициирующий, чем как программирующий механизм, поскольку в нем никак не отражены представления о задаче и способах ее выполнения. Его функции ограничиваются возбуждением анализатора и способностью передачи сигналов к двигательным центрам.

Функцию программирующего элемента в теории двигательного научения Дж. Адамса [155, 156] выполняет след в памяти, действующий в разомкнутой схеме, управляя программно без коррекций начальным участком движения.

В представлениях об организации движений Р. Пью [253], которые автор считает близкими к теории Дж. Адамса, постулируется существование схем памяти как источника хранения информации об организации движения, при реализации которого выбирается определенный паттерн, сообразно поставленным целям.

В теории схемы Р. Шмидта [269] вызывающая память выполняет роль программирующего механизма, в функции которого входит по-парное соотнесение спецификаций (характеристик) действия с фактическим результатом, в результате чего вырабатывается устойчивая схема, которая может продуцировать спецификации для большого количества движений одного типа.

Н.Д. Гордеева и В.П. Зинченко [43] выделили два программирующих компонента. Интегральную программу, содержащую информацию о смысле двигательной задачи, плане действия и общие представления о требуемых параметрах, таких как направление, степень пространственности, время, амплитуда перемещения и т.д.; и дифференциальную программу, где поступающая из интегральной программы информация детализируется и вырабатываются соответствующие команды для реализации действия.

По сравнению с понятием моторного программирования в современных взглядах на природу управления двигательным актом значительно реже встречаются размышления об образе, его функциональная значимость еще недостаточно оценена. Хотя проблема образа как регулятора действия является важнейшей для понимания двигательного поведения. Еще И.М. Сеченов [126] указывал на то, что понимание процесса построения движений невозможно без анализа взаимодействия образа и действия. Идеи интегрального образа развивались А.А. Ухтомским [132], который считал, что образ является продуктом пережитой доминанты, ее инерции, выражющейся в том, что, во-первых, однажды вызванная она стойко держится в центрах и, во-вторых, она может восстанавливаться. Эти идеи вполне согласуются с характеристикой образа как регулятора поведения. Н.А. Бернштейн [19], развивая положения И.М. Сеченова и А.А. Ухтомского о регуляторной функции образа, в своей модели кольцевого управления наделил образ или "представление результата действия" функциями "ведущей директивы", что дает возможность по ходу действия перестраивать программу реализации и осуществлять требуемые коррекции.

А.В. Запорожец [63], придавая важное значение образу как регулятору действия, показал, что образ сам строится на основе развернутой ориентировочно-исследовательской деятельности и способствует выработке более совершенного действия. На основе сложившегося образа начинает формироваться и исполнительная часть действия и в ходе этого формирования возникают достаточно сложные взаимовлияния между образом и действием. А.В. Запорожец различал процессы формирования образа ситуации, в которой действие должно быть выполнено, и образа самого выполняемого действия. Сходную позицию занимает М. Турвей [294], считая образ предстоящего действия центральным в организации движения. Его функция состоит в регуляции целесообразных действий. При этом сам образ постоянно обогащается по ходу осуществления регулируемого им действия, являясь тем самым постоянно становящейся структурой.

В исследовании, посвященном выработке навыка письма у детей, П.Я. Гальперин (совместно с Н.С. Пантиной) [35] показал, что в ориентировочно-исследовательскую деятельность входят представления о процессе совершения действия и его результате, учет наличных условий действия, его фактическое течение и сопоставление последнего с принятым образцом.

В исследованиях В.П. Зинченко [71, 72] показано, что процесс формирования образа включает в себя ряд перцептивных действий, таких как обнаружение, выделение адекватных задаче информатив-

ных признаков объекта, обследование выделенных признаков и собственно построение образа. В ходе осуществления перцептивных действий формируются и развиваются различные когнитивные структуры: сенсорные и перцептивные эталоны, оперативные единицы восприятия, перцептивные схемы, интегральные образы и т.д. Сложившийся перцептивный образ участвует в формировании сенсомоторного образа, включающего в себя образы реальной ситуации и конкретных исполнительных действий.

В последнее время представление об образе как регуляторе движения находит все большее отражение в работах, направленных на исследование двигательного поведения, хотя в понимании образа, его свойств и функций имеются существенные различия. Так, например, некоторые авторы пытаются наделить образ широкими "полномочиями", включая в него и данные о взаимодействии между вновь поступившим стимулом и хранящейся в памяти информации о прошлых действиях, двигательную программу, и, наконец, знание о выполнении моторных команд. Другие авторы, напротив, пытаются ввести некоторую дифференцировку. А.Т. Уэлфорд [304] считает, что симультанный образ ситуации, сформированный на стадии анализа и интегрирования данных, переводится в образ моторных программ, реализуемых затем в действии. Р. Мартенок [242] в обзоре, посвященном исследованиям когнитивных процессов и моторной кратковременной памяти, приводит положение М. Познера о том, что образ может быть понят как основной код, представленный в виде пространственной карты, содержащей детальную информацию о характеристиках движения. Р. Пью [253] считает одним из ведущих компонентов системы организации движений образ ожидаемых от выполнения действия сенсорных последствий, включающий в себя двигательную программу, данные о взаимодействиях между стимулами, процессы отбора внутри схем памяти, информацию об организации целесообразных действий, знание о выполнении моторных команд. А.С. Батуев и О.П. Таиров [9] в предложенной ими модели организации движения выделили образ организма в среде, складывающейся из образа среды и представлении о схеме тела. Этот компонент непосредственно связан с программой движения и его выполнением и рассматривается как сенсорный фон движения. Н.Д. Гордеева и В.П. Зинченко [43] в модели предметного действия, вслед за А.В. Запорожцем, выделяют образ ситуации и образ действия. Образ ситуации, понимаемый как "актуальное будущее поле" деятельности, является предметным и смысловым образованием. Ситуация в образе отражается не беспристрастно, а в контексте предстоящей и текущей деятельности. В образе действия в большей степени пред-

ставлены субъективные аспекты, такие, как схема тела, актуальное состояние субъекта, его цели, мотивы, представления о возможности осуществления действия.

Из приведенных представлений о роли образа в управлении движениями наиболее отчетливо выделяется его функция как регулятора действия. Особо подчеркивается, что он непосредственно связан с программой и планом действия, выполняя функции, по выражению Н.А. Бернштейна, "ведущей директивы", что дает возможность по ходу осуществления действия вносить корректизы в программу его реализации.

Резюмируя, можно констатировать, что широкий смысл понятия "моторное программирование" вбирает в себя понятие об образе, плане и программе предстоящего действия как гетерархически организованном целом, где образ предстоящего действия занимает ведущий центральный уровень, следующий уровень содержит обобщенное представление (план) предстоящего действия, а более низкие уровни отражают конкретную специфику действия и детальную программу его исполнения.

## **2.2. Роль обратных связей в управлении движениями**

Наряду с моторной программой ведущим механизмом управления движениями является корректирующий механизм, в основе которого лежит обратная афферентация. Обратная афферентация — достаточно емкое понятие, охватывающее различные виды обратных связей от сенсорных систем: зрительной, проприоцептивной, слуховой, тактильной. Естественно, что вклад той или иной сенсорной модальности при совершении движений различного вида не одинаков. Например, вклад тактильной афферентации наиболее значим при совершении ощупывающих движений и почти отсутствует при бросковых; вклад зрительной афферентации возрастает при совершении точностных прицельных движений, в отсутствии же зрительной афферентации повышается роль кинестетической и т.д. Вклад обратной афферентации значим не только на завершающих этапах движения, но, что не менее важно, и в процессе совершения движения. Обнаружение механизма, способного передавать текущую информацию и тем самым корректировать очередной импульс, идущий к периферии, послужило основанием для замены представлений о рефлекторной дуге представлениями о рефлекторном кольце. В конце прошлого века У. Джеймс [211] предположил, что средством, соединяющим цепные рефлексы, является периферическая обратная связь, которая, возникая от одной части движения, вызывает следующую его

часть. Н.Н. Ланге [91] писал о том, что внешнее раздражение, приходящее в высший нервный центр, преобразуется в двигательный импульс, который распространяется на нижележащие двигательные центры и далее на мышечные аппараты. За этим первым этапом процесса следует центростремительная импульсация от эффекта, вызванного к действию центробежным импульсом. Этот обратный импульс вызывает следующий центробежный процесс, повторяющий, корректирующий, усиливающий или ослабляющий первоначальный эффект. Р. Вудвортс [307] считал, что только первая фаза движения осуществляется под действием программы, а уже следующая за ней совершается с учетом зрительной афферентации, обеспечивающей точностные характеристики движения. В статье "Доминанта как фактор поведения" А.А. Ухтомский, характеризуя доминанту, сформулировал принцип афферентной регуляции: "рефлекс А вызывает определенное мышечное возбуждение; мышечное возбуждение создает чувствующие стимулы для центров. Отсюда — новая рефлекторная дуга вступает в работу. Но эта новая рефлекторная дуга одновременно с этим возбуждает свою мускулатуру. Мускулатура эта опять дает для центров сенсорные стимулы,— и цепь, однажды сдвинувшись, продолжается далее надолго" [132, т. 1, с. 298-299].

В начале 30-х годов Н.А. Бернштейн и П.К. Анохин, видимо, независимо друг от друга, но несомненно под влиянием идей А.А. Ухтомского ввели близкие по смыслу понятия сенсорной коррекции и обратной афферентации. К сожалению, эти ранние представления были надолго забыты и понятие обратной связи стало общепринятым в физиологии и в гуманистических науках после появления в 1948 г. книги Н. Винера "Кибернетика".

Широкое распространение концептуального аппарата кибернетики, теорий информации и автоматического регулирования в психологии произвело двоякий эффект. С одной стороны, это, как казалось, придавало большую строгость психологическим исследованиям и интерпретации результатов. С другой, обедняло собственный концептуальный аппарат психологии. Так, например, признание необходимости использования обратной связи в управлении движением Привело к развитию целого ряда теорий двигательного поведения, основанных на замкнутой системе управления. В общих чертах, использование обратных связей в управлении движениями предусматривает: восприятие и передачу информации от текущего ответа на компаратор; обнаружение ошибки в текущем ответе за счет сравнения текущей информации с представлением требуемого движения; исполнение соответствующих коррекционных движений на основе

обнаруженных ошибок. Корректирующее движение должно быть произведено так, чтобы ошибка, обнаруженная во время  $t_1$ , была бы уточнена и исправлена к моменту  $i$ , который вычисляется:  $t_2 = t_1 + \Delta t$ . Параметр  $\Delta t$  является периодом от восприятия информации об ошибке и до совершения движения, исправляющего эту ошибку.

Это описание в общем виде, конечно, справедливо как для технического устройства, так и для человеческого действия. За исключением одного. Функционирование или влияние обратной связи на организацию действия опосредствовано образом ситуации и образом действия, что представляет собой самостоятельную проблему. Ее решение необходимо для понимания построения движения, формирования предметного действия.

Обратная связь представляет собой основу функционирования коррекционного механизма и необходимое условие достижения точности исполнительного действия. В современных представлениях об управлении движениями обязательно присутствует специальный компонент, ответственный за оценку и коррекцию совершающегося движения. Этот компонент у разных авторов носит различное название и выполняет различный набор функций.

Согласно одним взглядам, в основе коррекционного механизма лежат следы памяти. Эти взгляды наиболее последовательно и полно представлены в теориях П.К. Анохина [5], Е.Н. Соколова [131], Дж. Адамса [155]. Дж. Адамс называет этот компонент "перцептивным следом", П.К. Анохин "акцептором действия", Е.Н. Соколов "нервной моделью стимула". Все эти авторы считают, что в основе формирования коррекционного механизма лежит многократное подкрепление и повторная стимуляция. Прочность следа зависит от числа проб. Основная функция коррекционного механизма состоит в сличении прогнозируемого и реально достигнутого результата. Их несовпадение приводит к развертыванию ориентировочной деятельности, или, по Дж. Адамсу, вербально-двигательных реакций, а совпадение вызывает завершение действия. Согласно П.К. Анохину, действие становится "санкционированным" только в том случае, если обратная афферентация от него окажется адекватной возбуждениям акцептора действия.

Согласно другим взглядам, в основе коррекционного механизма лежат определенные формы активности. Эти взгляды наиболее последовательно отражены в работах Н.А. Бернштейна [19, 20], Р. Пью [253], Р. Шмидта [269], Н.Д. Гордеевой, В.П. Зинченко [40, 43]. Основной функцией этого механизма является сличение прогнозируемого результата с действительным (или образа потребного будущего с актуальным образом) и осуществление коррекций. Ошибка,

найденная в результате сравнения, может быть исправлена либо в процессе этого же движения (текущая коррекция), либо может служить основанием для корректировки программы следующих за этим движений. Наиболее важная форма активности связана с участием коррекционного механизма в перестройке образа, программы (плана) действия, т.е. в построении образа и программы новых действий. Перечисленные функции осуществляются с помощью различных видов обратных связей, важнейшими из которых являются:

- Внешняя обратная связь, т.е. связь, получаемая от динамики управляемого объекта через экстэрорецепторы.
- Внутренняя (упреждающая) обратная связь, дающая возможность исправить ошибку до моторного ответа. Поскольку внешняя обратная связь требует значительного времени и поэтому не может служить основанием для объяснения быстрых коррекционных ответов, было выдвинуто предположение о существовании центрального механизма обнаружения возможных ошибок, функционирующего до начала движения.
- Обратная связь от движения, т.е. информация получаемая как прямое следствие сокращения мышц.

Различные виды обратных связей не являются взаимоисключающими. Элементы перечисленных способов регулирования могут присутствовать на всех стадиях обучения и при выполнении освоенных действий. При исследовании различных способов регулирования учитывается также сенсорная модальность обратной связи (зрительная, тактильная или проприоцептивная), тип движения (дискретное или непрерывное слежение, предсказуемое место появления цели или случайное и т.д.), фаза движения (начальный или конечный участок, т.е. фаза разгона или торможения). Результаты исследования роли обратной связи в регуляции движений в большей степени определяются типом выборки данных (непрерывный или прерывистый; в последнем случае важен шаг или временной интервал между выборками).

Большое внимание изучению роли обратных связей в осуществлении движений уделялось в инженерно-психологических исследованиях. К. Крайк [177, 178] показал, что человек-оператор в основном ведет себя как дискретно корректируемая система. Компенсирующие движения имеют баллистический характер, параметры которых задаются на основании прошлого моторного опыта. В баллистической теории регуляции движений сформулировано представление о роли сенсорных систем в регуляции движений. Движения не могут непре-

рывно регулироваться с помощью зрения или проприорецепции, поэтому зрение, например, играет роль модификатора и организатора баллистических движений. Гипотеза о дискретной природе управления движениями нашла свое подтверждение в многочисленных работах. Вместе с тем имеются данные, указывающие на непрерывный характер двигательной регуляции. Так К. Гибbs [193] и К. Смит [278], базируясь на электрофизиологических данных, свидетельствующих о непрерывности афферентной импульсации во время движения, высказались за наличие постоянной коррекции моторных действий.

Многие авторы считают, что для систем регуляции движений характерны как дискретные, так и непрерывные формы функционирования. Накапливается все больше фактического материала об использовании организмом различных форм коррекций, в зависимости от характера и условий выполнения двигательной задачи.

В движениях, длительность которых больше, чем время осуществления обратной связи, имеется потенциальная возможность использования афферентной информации для текущего управления движением. Р. Черников и Ф. Тайлор [171], исследуя кинестетическую обратную связь, нашли, что время ее колеблется от 109 до 120 мс. Дж. Хиггинс и Р. Анжел [210] обнаружили, что верхний предел находится на уровне 170 мс. Д. Падью [252] определил, что время проприоцептивной реакции находится в диапазоне 123-155 мс при стандартном отклонении — 11,8 мс. Минимальное время восприятия и действия на основе визуальной информации, по данным С. Кила и М. Познера [221], составляет от 190 до 260 мс. В исследовании Р. Шмидта и Д. Рассела [273] показано, что быстрые движения, осуществляемые за 160 мс, совершаются практически без участия обратной связи, в то время как движения, совершаемые за 650 мс оказываются в сильной степени зависимыми от обратной связи. В работе Р. Шмидта [269] выделены различные типы обратных связей, используемые для исправления двух видов ошибок. Первый тип обусловливается непредвиденными изменениями в окружающей среде (например, сдвиг цели). Источником для обнаружения таких ошибок является экстероцептивная обратная связь, поступающая по зрительным, слуховым и другим каналам. Время исправления таких ошибок составляет 200-250 мс. Второй тип ошибок возникает из-за того, что правильно выбранная моторная программа при ее реализации привела к ошибкам. В этом случае обратная связь, используемая для исправления ошибок, может иметь наряду с экстероцептивными источниками и проприоцептивные. Эти ошибки могут быть исправлены за 100 мс, поскольку они корректируются в пределах старой

моторной программы, что обеспечивает незначительные модификации ответа. Ошибки же, относящиеся к первому виду, требуют в два раза больше времени для своего исправления.

Что же касается внутренней обратной связи (эфферентная копия, результативный разряд, упреждающая связь), то ее цикл совершается за время значительно более короткое. Исследования быстрой коррекции ошибок показали, что испытуемые в ходе выполнения задания с альтернативным выбором иногда начинают двигаться в неверном направлении, но часть из них исправляют ошибку с запаздыванием в 60 мс, т.е. за время значительно меньшее, чем время, необходимое для петли периферической обратной связи. Одно из объяснений дают Р. Анжел и др. [158, 159], которые нашли, что время исправления ошибки меньше, чем время проприоцептивной реакции. На основании этого они предположили, что испытуемый может управлять своим поведением, сравнивая команду к действию с "правильной" командой, и при расхождении между ними ответ может быть задержан. Е. Тауб и А. Берман [287], проведя исследования на деафферентированных животных, предположили наличие механизма центральной эфферентной регуляции. По их мнению, при совершении непроизвольного движения или изменения позы посыпается нисходящий разряд не только к периферическим эффекторам, но одновременно с ним и центральный разряд посыпается от моторной к сенсорной системе, подготавливая ее к тем изменениям, которые произойдут в результате движения. Э. Эвартс [185] считает, что внутренние круги обратной связи необходимы и имеют место при осуществлении как произвольных движений, так и рефлекторных актов. Х. Тьюбер [290, 291] полагает, что с помощью механизма, устроенного по типу упреждающей связи, можно предсказывать ожидаемые последствия нашего действия. Такая упреждающая связь или центральный результативный разряд является механизмом, с помощью которого центральная нервная система различает произвольные (активные) и непроизвольные (пассивные) движения. По мнению Р. Шмидта [268], эфферентная копия, как внутренняя обратная связь, играет двоякую роль. Во-первых, она обеспечивает выработку ожидаемых сенсорных последствий. До начала движения формируются ожидаемые проприоцептивные, слуховые, зрительные ощущения, чтобы затем сравниваться с действительно поступающими сенсорными последствиями для обнаружения ошибки движения и выработка соответствующей поправки. И, во-вторых, в функции упреждающей связи входит передача информации о выполнении программы и сведения о том, что продуцируемая обратная связь является следствием осуществления именно программы активного

движения. Таким образом, любой вид обратной связи обеспечивает функционирование коррекционного механизма и достижение точности исполнительного действия.

Выше были приведены результаты, на первый взгляд, разрозненных, слабо связанных между собой исследований, посвященных роли программирования движений и обратных связей в их регуляции. Но именно наличие разброса в данных, допускающего их множественную интерпретацию, привело исследователей к необходимости формулирования целостных концепций управления движениями и построения моделей этих процессов.

### **2.3. Модели управления двигательными актами**

Схемы и модели, описывающие управление и регуляцию двигательных актов и построение движений, различаются количеством компонентов, характеристиками свойств и функций каждого из них, типом взаимоотношений между ними (линейные, иерархические, гетерархические). В одних моделях представлен процесс формирования двигательного акта, обучения движениям и действиям, в других описывается осуществление как отдельного действия, так и широкого класса движений.

Достаточно полно и последовательно процессы регулирования довольно большого класса движений описывает теория, развитая Н.А. Бернштейном [19,20]. Она создана на основе оригинальных исследований, выполненных автором при изучении различных видов трудовых действий, спортивных упражнений, циклографического анализа игры выдающихся пианистов.

Н.А. Бернштейн предложил обобщенную схему замкнутого кольцевого координированного управления сформированного двигательного акта. Он убедительно показал, что управление сложным двигательным аппаратом человека и животных невозможно без постоянного притока в центральную нервную систему афферентных сигналов о состоянии кинематической цепи. Хотя принцип сенсорных коррекций рассматривался Н.А. Бернштейном в качестве ведущего в координации движений, однако он не менее важное значение придавал образу, функция которого состоит в осмысливании двигательной задачи и предвосхищении результата ее решения. Образ или представление результата рассматриваются Н.А. Бернштейном в качестве инварианта, который определяет программу реализации и корректирования действия. На рис. 1 представлена блок-схема координированного управления двигательным актом. Она содержит в себе следующие составные части: 1. Источник механической энергии — эф-

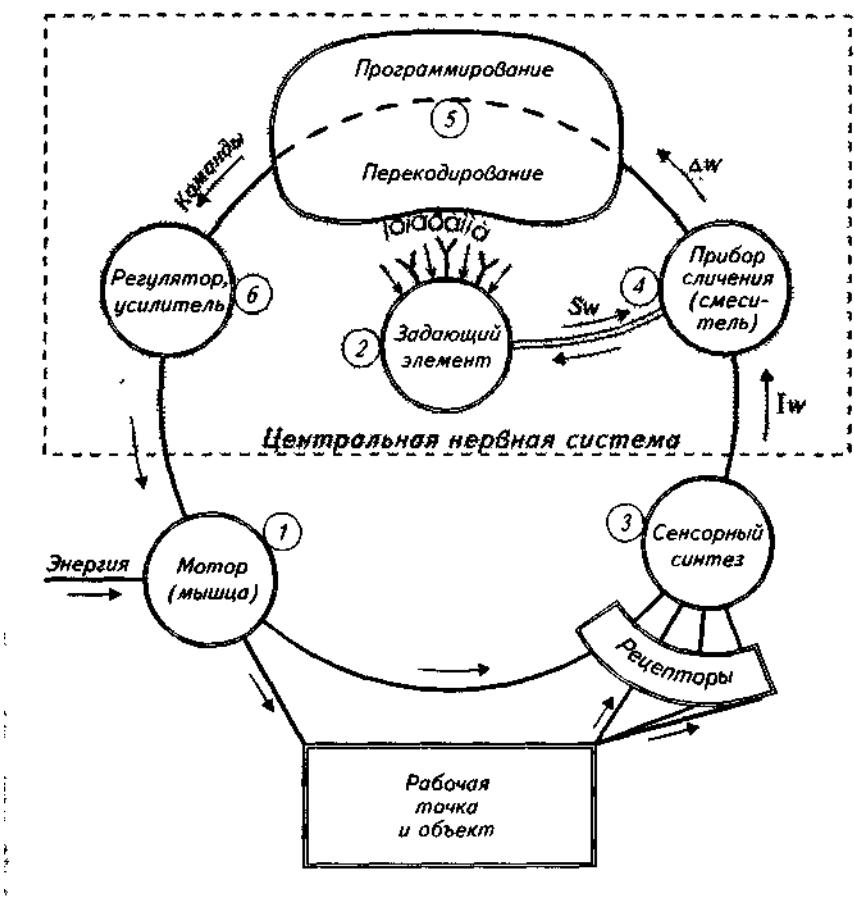


Рис. 1. Блок-схема координированного управления движательным актом (Н.А. Бернштейн, 1961).

фектор или мотор системы, режим работы которого подлежит регулированию. В рассматриваемом случае он представлен мышцей или мышечной группой движущегося органа. 2. Задающий элемент, вносящий тем или другим путем в систему очередное требуемое значение регулируемого параметра (немецкий термин — Зольверт). Под зольвертами понимается весь запланированный программой непрерывный ход или процесс движения органа (или его звена, пункта, орудия и т.п.). 3. Рецептор (или система рецепторов), воспринимающий текущие фактические значения регулируемого параметра (Истверт). 4. Прибор сличения, определяющий величину и знак рассогласования между текущими значениями исгверта (3), поступающими от рецептора, и заданными значениями зольверта, содержащимися в задающем элементе (2). 5. Прибор центрального перекодирования, переводящий поступающую в него информацию о требуемых эффекторных коррекциях, которые он посыпает в регулятор. 6. Регулятор, непосредственно управляющий и ведающий дозировкой потока энергии, проходящей через эффектор (1).

В модели кольцевого управления Н.А. Бернштейна программа идентифицирована с задающим элементом, который является "командным постом всей кольцевой системы" [19, с. 237]. В нем Н.А. Бернштейн выделяет два уровня. Определяющим фактором макроуровня программы двигательного акта в целом является "образ или представление того результата действия (концевого или поэтапного), на который это действие нацеливается осмыслением возникшей двигательной задачи" [там же, с. 240]. Иначе говоря, на этом уровне намечается решение поставленной задачи и определяется та или иная программа, которая будет реализовываться задающим элементом. На микроуровне происходит першифровка обобщенных образных представлений о результатах действия в детализированные команды по скорости, силе, направлению и т.д. каждого "пределно малого отрезка движения". Н.А. Бернштейн пишет: "...неоспоримо, что в низовые инстанции задающего комплекса поступают именно раздетализированные подобным микроскопическим образом Sw<sup>\*</sup>" [там же, с. 241]. Здесь Н.А. Бернштейн не случайно называет задающий элемент задающим комплексом, который помимо содержания двигательной задачи получает и рецепторную информацию. Эта информация, сигнализируя об отработке какого-либо отрезка движения, активизирует и запускает очередной микроэлемент про-

\* Sw — сокращение от Зольверт, Iw — сокращение от Истверт

граммы. Н.А. Бернштейн не исключает возможности даже некоторой перестройки программы под влиянием рецепторной информации. Для того, чтобы были выполнены микроэлементы программы, требуемое значение регулируемого параметра (зольльверты) должны идти впереди, пусть даже на очень малый отрезок времени фактического движения.

Механизмом, способным осуществлять коррекционные процессы, служит прибор сличения. В его функции входит сличение, оценка, восприятие расхождения между "текущей рецепцией и представленным в какой-то форме в центральной нервной системе внутренним руководящим элементом" [19, с. 243]. Сигнал о возникшем при сличении рассогласовании является основанием для формирования коррекционных импульсов. В приборе сличения происходит восприятие и оценка скорости движения благодаря сопоставлению мгновенного положения элемента в текущий момент со "свежим следом" от только что прошедшего, мгновенного же положения. Иначе говоря, в приборе сличения могут вырабатываться коррекционные сигналы, вызванные рассогласованием не только между заданным и текущим значением параметра, но и между положением элемента в текущий момент и его "свежим следом", в "порогово-малых" временных интервалах, порядка 0,07-0,12 сек.

Для успешного выполнения движения в приборе сличения должны, во-первых, вырабатываться основанная на рассогласовании информация, необходимая для последующей корректировки. Во-вторых, в информации о реализации участка движения содержится и "побудительная импульсация", адресованная задающей системе и стимулирующая его к организации очередного микроэлемента программы. В-третьих, рецепторная информация и оценка могут выступить "как побудители к приспособительной перестройке самой программы". Подобная перестройка часто бывает необходима, так как при совершении движения под влиянием непредвиденных факторов оно может сбиться с запрограммированного пути, что невозможно исправить "коррекционными импульсами, направленными на восстановление прежнего плана движения" [18, с. 135]. В этом случае необходима перестройка плана, программы действия, а иногда и образа действия. И, наконец, еще одна функция прибора сличения — это предваряющая антиципирующая коррекция баллистических движений, в которых нет коррекций следящего типа. Суть антиципирующей коррекции состоит в сличении ожидаемого, требуемого результата с фактическим результатом, полученным от движения, которое уже произошло и которое уже невозможно исправить, одноко сигнал рассогласования может быть использован при организации

программы следующего движения. Из сказанного следует, что также как и задающий элемент, прибор сличения имеет уровневую организацию в силу многообразия выполняемых им задач.

Фундаментальную роль в модели Н.А. Бернштейна играет сенсорный синтез. Состав образующих его афферентаций, т.е. прямых и обратных связей, и принцип их объединения служит главным критерием, отличающим один уровень построения движений от другого. Каждая двигательная задача находит себе, в зависимости от содержания и смысловой структуры, тот или иной ведущий уровень. Уровни различаются между собой не только видом сенсорного синтеза, но и анатомическим субстратом, т.е. совокупностью органов нервной системы, без которых функция этого уровня невозможна [18].

Первый уровень (A) регуляции движении называется уровнем палсокинетических регуляций. С его помощью осуществляются простейшие, чисто рефлекторные движения. Сенсорным звеном этого рефлекторного кольца служат мышечно-суставные компоненты проприоцепции, замыкающиеся в спинном мозге и в стволе головного мозга. Второй уровень (B) синергий, т.е. стереотипных движений, в которых участвуют большие группы мышц (например, гимнастические упражнения, улыбка и т.д.), требуют сенсорных коррекций со стороны суставно-пространственных компонентов проприоцепции и контактной экстероцепции.

Для выполнения движений следующего в иерархии уровня (C) пространственного поля необходимы вестибулярная афферентация, осязание, зрение и слух. Это движения, приспособленные к внешнему пространству, такие, как метание мяча или печатание на машинке. Значительно более сложные движения выполняются на уровне (D) предметного действия. Основным регулятором движения здесь выступает сам предмет, в соответствии с логикой употребления которого и строится действие. Движения этого уровня представляют собой смысловые акты, решающие определенную задачу. В подобном цепном процессе вырабатываются ведущие и вспомогательные движения. Вариативность здесь выражается в широкой заменяемости одних элементарных операций другими при условии выполнения конечной цели всего акта. Выше уровня предметного действия лежит уровень (E) — уровень высших символических координаций, к которому относятся координации письма, речи, музыкальных фраз.

Целенаправленные движения человека являются движениями высших уровней. Низшие уровни играют подчиненную роль, выполняя при этом фоновые координации. В зависимости от цели и смыслового содержания двигательного акта один из уровней берет на себя роль ведущего, который координирует действия нижележащих фо-

новых уровней. В движении осознается только ведущий уровень. Выработка двигательного навыка — это процесс формирования в ходе обучения и тренировки уровневого состава движения, выделение ведущего уровня и координация между собой всех вовлеченных в управление уровней.

Теория формирования двигательного навыка Дж. Адамса [155, 156] объясняет процесс обучения простым дискретным движениям. Дж. Адаме указывает, что модель двигательного поведения, использующая замкнутый контур регулирования, должна иметь в качестве центрального понятие ошибки и соответствующие механизмы, с помощью которых обратная связь сравнивается с эталоном для обнаружения ошибки. Система замкнутого контура имеет эталонный механизм, определяющий необходимое для системы правильное действие, и обратную связь о совершенном действии; система может сравнивать информацию от обратной связи с эталонным механизмом для выделения и исправления ошибки. Первостепенное значение для обучения имеет знание результатов каждого выполненного движения. Знание результатов используется человеком для того, чтобы перестроить движение и исключить ошибку в последующей пробе. Такие последовательные коррекции приводят в конце концов к выработке правильного движения.

По Дж. Адамсу, в осуществлении движения участвуют два состояния памяти. След в памяти — это моторная программа, которая только инициирует движение с некоторой скоростью в некотором направлении. След в памяти — это двигательная программа, которая действует в разомкнутой системе, управляя без коррекций начальным участком движения. Программа лишь актуализирует необходимые для осуществления реакции механизмы и запускает их в ход, а не управляет реализацией более длинной последовательности, как это обычно предполагается в концепции открытого контура. Некоторые движения (например, баллистические) инициируются и реализуются на основе только следа в памяти и завершаются до того, как человек окажется в состоянии откорректировать их.

Вторым состоянием памяти, по Дж. Адамсу, является перцептивный след, обеспечивающий работу корrigирующего механизма. Перцептивный след — это эталон, в котором содержатся сведения об уже выполненных движениях, информация, поступающая по каналам обратных связей, а также аппараты сравнения и исправления ошибок. Иначе говоря, перцептивный след выполняет двоякую роль. С одной стороны, он задает амплитуду движения и даже временную его организацию, что является неотъемлемой функцией образной и программирующей части действия, а с другой,— в функции его вхо-

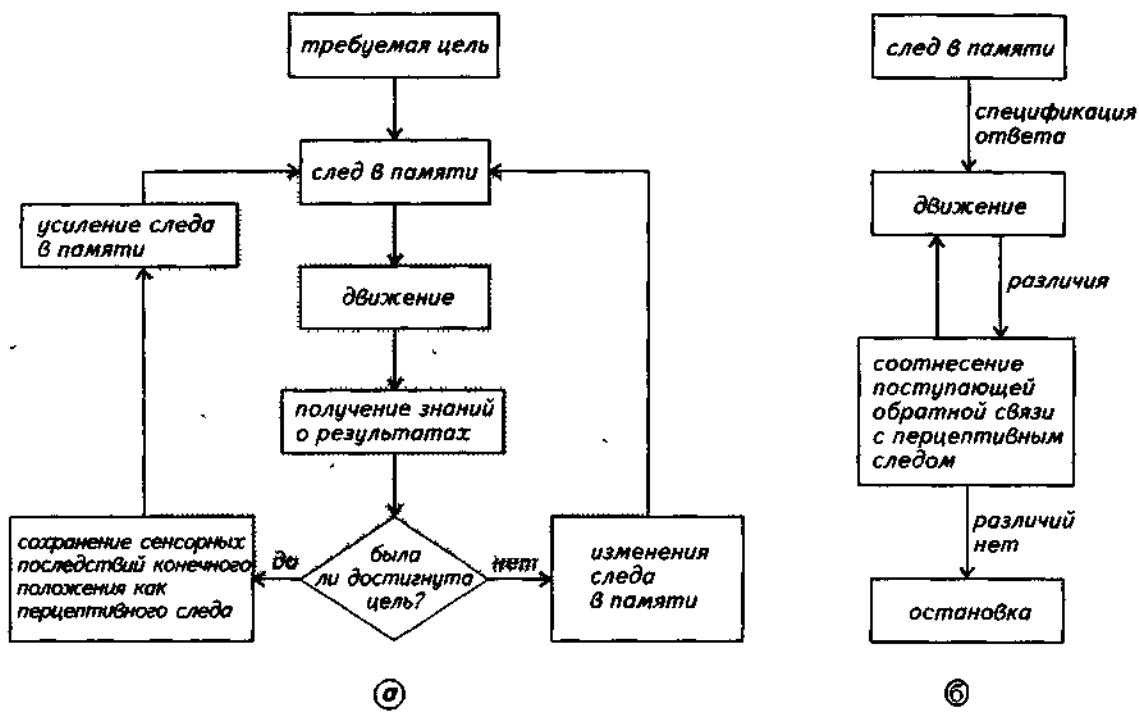


Рис. 2. Стадии овладения навыком (Дж.Адамс, 1971, 1976): а) вербально-когнитивная; б) двигательная.

дят выделение и исправление ошибок. Источниками для формирования перцептивного следа служат в общем случае все виды обратных связей: зрительная, слуховая, проприоцептивная и др.

Оба вида следов — след в памяти и перцептивный след —рабатываются путем вербально-когнитивного обучения, причем закрепляются они тогда, когда знание о результатах сигнализирует, что цель движения достигнута (рис. 2а,б). На начальной стадии обучения решающее значение имеет осознанное и вербализированное знание результатов. Оно заканчивается, когда в ряде реализаций получен удовлетворительный результат и величина ошибки мала. Перцептивный след, достигший определенного уровня совершенства, фиксируется. Дальнейшее обучение может уже происходить без знания результатов так, как показано на рис. 26. След в памяти инициирует движение, затем поступающая обратная связь сравнивается с фиксированным, высоко точным и прочным перцептивным следом для определения того, достигнуто ли правильное конечное положение. Если да, то движение прекращается. В противном случае производится следующее движение.

Достоинством теории Дж. Адамса является то, что она описывает процессы овладения новым движением. Недостатком является излишняя детализация, предполагающая создание собственной моторной программы для совершения каждого движения.

Близкой к взглядам Дж. Адамса является уровневая концепция управления движениями Р. Пью [253]. По его мнению не существует теории, охватывающей все аспекты двигательного поведения. Р. Пью рассматривает три уровня организации и управления движениями. При работе на низшем уровне используетсяrudimentарный сервомеханизм — система, которая позволяет производить поток простых движений, создавая основу для более высоких уровней организации и программирования. Если по каким-либо причинам действие не смогло осуществиться, то сервисистема обеспечивает соответствующие корректирующие сигналы. В свою очередь более высокие уровни организации создают интегрированные потоки моторных команд, которые затем выполняются и корректируются элементами системы обратной связи более низкого уровня.

При работе на втором уровне создается возможность действовать на основе предсказаний событий окружающей среды. На этом уровне деятельность еще сильно связана со стимуляцией, однако появляется возможность производить более сложные движения и устанавливать соответствие между осуществляемыми и желаемыми движениями, корректируя возникающие ошибки.

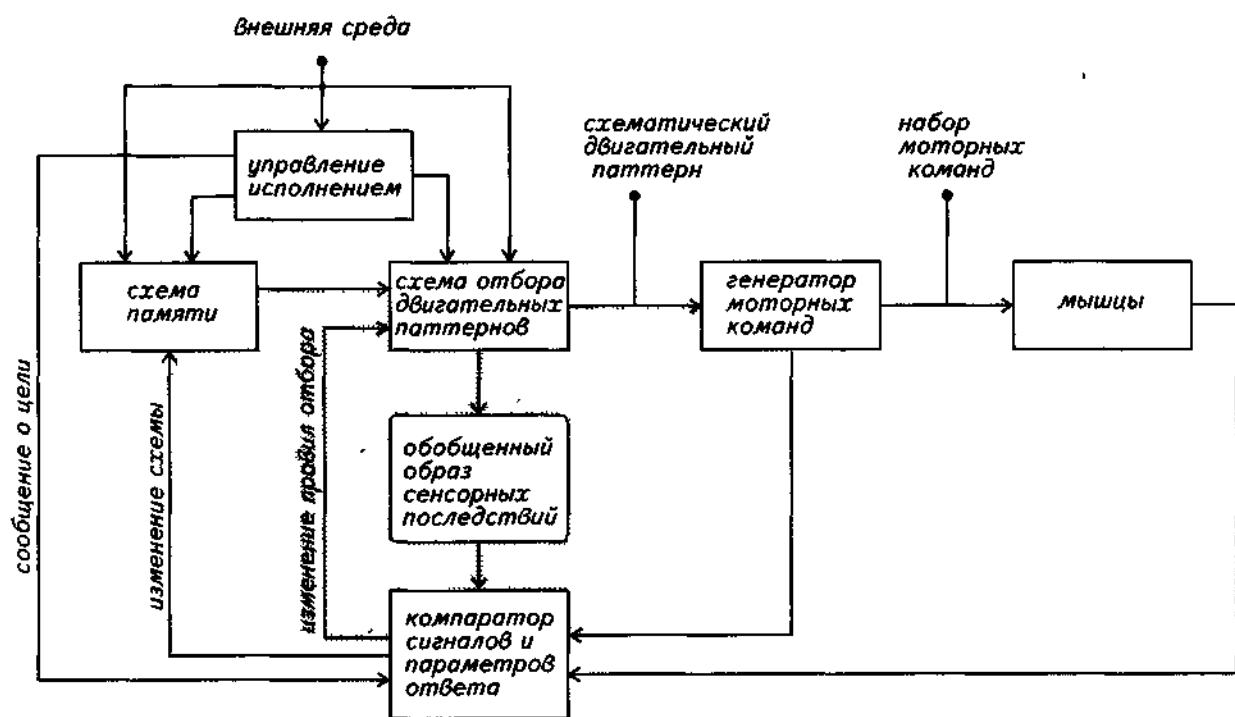


Рис. 3. Блок-схема управления произвольным движением (Р. Пью, 1974).

На третьем уровне представлено все богатство двигательной деятельности человека. По мнению автора, это богатство заключается в способности индивида извлекать из окружающей среды соответствующие начальные условия и вызывать из памяти интегрированные паттерны движений, связанные с поставленной целью. На рисунке 3 представлена блок-диаграмма управления произвольными движениями. Имеется сходство между этой диаграммой, кольцевым управлением Н.А. Бернштейна, афферентным синтезом П.К. Анохина и моделью замкнутого контура Дж. Адамса. В ней также как и в модели Дж. Адамса имеются "схемы памяти", рассматриваемые как обобщенный источник хранящейся информации об организации целенаправленных движений. Для решения двигательной задачи из схем памяти выбирается двигательный паттерн (образец), необходимый для ее выполнения. Выбор паттерна зависит от задачи, состояния субъекта и окружающей среды. Двигательный паттерн — это хранящееся представление о пути в пространстве, которое переводится во временную последовательность моторных программ. Автор постулирует также наличие временной шкалы, ответственной за ускорение или замедление последовательности. Если последовательность моторных команд сформирована, то для выполнения паттерна движения в пространстве и времени необходимо лишь активизировать мышцы.

Компаратор сигналов, выполняющий функции сличения, сравнения и коррекции, напоминает прибор сличения в модели Н.А. Бернштейна. Это важный компонент в схеме управления движениями Р. Пью. В компараторе имеется информация о цели; знание о результате совершенного движения, полученное в виде обратной связи от различных сенсорных модальностей. Кроме того, в нем представлены ожидаемые и действительные сенсорные последствия. В зависимости от длительности совершаемого движения, ошибка, полученная в результате сравнения, может быть откорректирована либо в процессе этого же движения (текущая коррекция), либо может служить основанием для корректировки программы следующих за этим движений.

Выделение трех уровней организации двигательных актов довольно условно, и различия между ними размыты. Относительная важность и включенность каждого из них в поведение зависит от задачи, окружающей среды, уровня-обученности человека в данном роде деятельности, его функционального состояния и т.д.

В модели обучения Дж. Лазло и П. Берстоу [235] представлен эталон, который является планом или программой действий (рис. 4). Этalon — это динамическое образование, на которое оказывают вли-

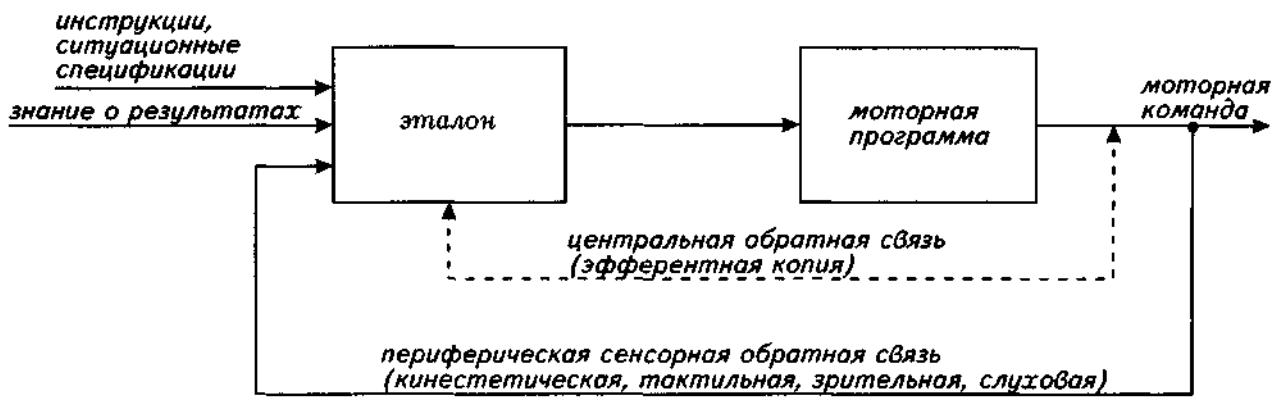


Рис 4 Модель управления двигательными актами (Дж. Лазло, П. Берстоу, 1971)

жение задача, экспериментальная ситуация, инструкции, знание о результате, сенсорная информация (обратная связь) от кинестезии, прикосновения, зрения, слуха, а также центральная обратная связь. Модификация эталона приводит к формированию более отчетливого плана действия, что в свою очередь ведет к выбору адекватной единицы моторного программирования, ответственной за инициацию последовательности моторных команд. Эти представления близки взглядам К. Ньюэлла на отношение плана действия к моторной программе. Понятие эталона в модели Дж. Лазло и П. Берстру соотносимо с представлениями Р. Пью о схеме памяти, в которой свойства двигательных последовательностей представлены в виде пространственных паттернов, пригодных для осуществления широкого класса движений.

Еще одна трактовка управления движениями дана в модели обучения Р. Мартенюка [242], в которой имеется две системы (рис. 5). В первой рассматривается состояние индивида, его готовность воспринимать и перерабатывать информацию. Мера мотивации и готовности является основой для процесса обучения. В отсутствии адекватной мотивации процесс обучения будет неуспешным независимо от того, насколько он хорошо организован. Вторая система — собственно организация деятельности. Центральное место в ней отводится четко определенной цели деятельности, под влиянием которой строится не только план действия, но с помощью механизма селективного внимания отбирается необходимая информация, которая зависит от внешней среды и обратной связи. План содержит информацию не только о целостном действии, но и о его составляющих, а также информацию о последовательности их включения и временной организации. После того как план действия сформирован, выполняется движение. С помощью обратной связи, которая представлена в виде текущей и конечной информации, обучающийся оценивает свое действие и определяет адекватность как первоначальной цели, так и плана действия. Если обнаружилась неадекватность плана или цели, то происходит их изменение, и попытка повторяется снова. Путем такого повторения деятельность медленно изменяется, становясь более эффективной.

Модель функционирования инструментального действия предложена Н.Д. Гордеевой, В.М. Девишвили и В.П. Зинченко [40]. В ней представлены внешние средства деятельности (индикатор и орган управления), анатомо-морфологические органы (рецептор и эффектор), внутренние средства деятельности (перекодирование, формирование программы, реализация, контроль и коррекция). Авторы употребляют термин "блок", под которым понимается не средство

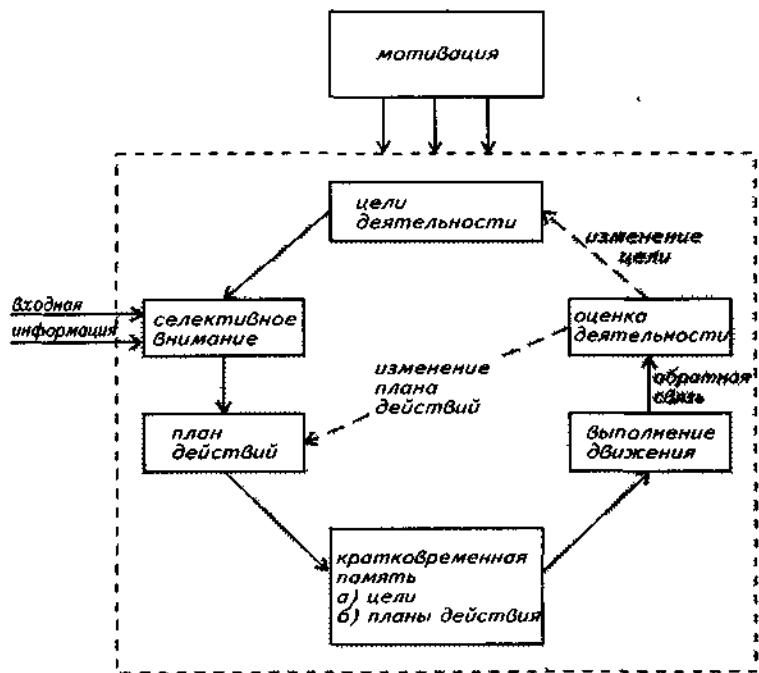


Рис. 5. Модель обучения движению (Р. Мартынюк, 1976)

выполнения элементарной операции, а сформировавшееся внутреннее или внешнее средство деятельности, включающее в себя наборы определенным образом организованных функций и даже функциональных систем, ответственных за построение образа отображенного пространства, образа движении и его реализации, осуществление сложнейших форм контроля за соответствием реализованного действия его программе и конечному результату. В своем развитом, сфор-

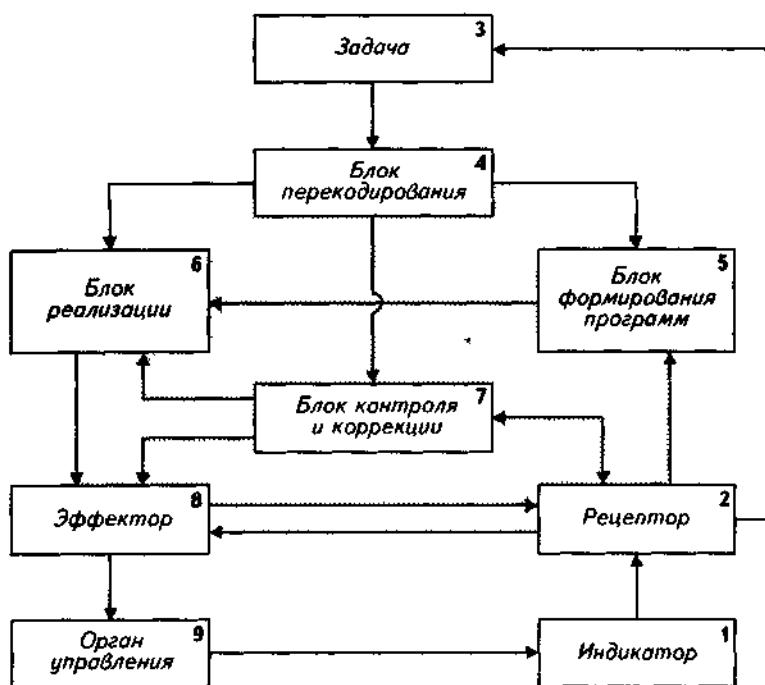


Рис. 6. Блок-схема сформированного пространственного действия (Н.Д. Гордеева, В.М. Девишили, В.П. Зинченко, 1975)

мировавшемся виде система блоков 2-8 функционирует необычайно четко и слаженно.

Организующую роль в осуществлении сформированного действия играет двигательная задача (рис 6). Индивид после получения инструкции, активизирующей блок 3 (эта связь не указана на схеме), обращается к индикатору, являющемуся средством конкретизации поставленной задачи. Информация от индикатора через receptor (блок 2) также попадает в блок 3. Последний через блок перекодиро-

вания (4) активизирует сложившиеся внутренние средства деятельности, к числу которых относятся блоки формирования программ моторных инструкции (5), реализации этих программ (6) и контроля и коррекций (7). Информация к каждому из этих блоков приходит из блока перекодирования на языке, понятном соответствующему блоку-адресату. Связь указанных блоков с индикатором и органом управления (через рецептор и эффектор) представляет собой связь с внешним миром.

В блоки 5, 6 и 7 из блока 3 (через блок 4) поступает информация о последовательности их включения в процесс осуществления движения, то есть о способе их координации в ходе деятельности. Далее происходит поочередное включение блоков: информация из программы поступает в блок реализации, из него на эффектор и затем через блоки 9, 1, 2 в блок контроля и коррекций 7. Этот блок, будучи тоже активизирован блоками 3 и 4, осуществляет контроль и коррекцию по ходу выполнения действия либо через эффектор, либо через блок реализации.

Естественно, что при формировании пространственного навыка двигательная периферия не имеет жесткой механической связи с центром. Движение не детерминируется полностью эффекторным процессом. Поэтому блоки 5, 6, 7 непосредственно связаны с рецептором и принцип работы системы в целом последовательно-параллелен. Это справедливо как для связи указанных блоков с задачей (блок 3), так и для связи их с рецептором. Например, еще до получения готовой программы из блока 5 в блок реализации поступает команда из блоков 3 и 4 о подготовке к действию. Аналогичным образом настраивается блок контроля и коррекций. На высоких стадиях освоенности действия постепенно меняется удельный вес блоков 3 и 4, и процесс может идти по более короткому пути, захватывая лишь блоки 1, 2, 5-9. Предложенная блок-схема в большей степени пригодна для описания выработанного навыка, сформировавшегося действия, процесс же построения действия, тем более действий, относящихся к разным классам, совершающихся в самых разнообразных условиях при использовании различных внешних средствах деятельности практически не описывается данной моделью. Впоследствии авторы провели несколько циклов исследований, результаты которых послужили основанием для создания модели предметного действия, подробное описание которой представлено в заключительной главе.

"Схемы памяти" выполняют доминирующую роль в теории моторного обучения Р. Шмидта [269], которая развивает теорию замкнутого контура управления Дж. Адамса [155].

Р. Шмидт рассматривает два состояния памяти: одно — для вызова, другое — для узнавания. У Дж. Адамса — это след в памяти и перцептивный след. Вызывающая схема памяти является структурой, ответственной за генерирование импульсов к мышцам, производящим движение или выполняющим коррекцию, в то время как узнающая схема памяти ответственна за оценку обратной связи. В отличие от Дж. Адамса, Р. Шмидт исключает прямую связь между каждой моторной программой и каждым движением и предполагает, что существуют обобщенные моторные программы для данного класса движений. Эта модель отличается от модели Дж. Адамса и ролью, выполняемой обратной связью, которая используется только для текущего контроля медленных ответов. При совершении быстрых движений обратная связь используется лишь для получения информации о правильности уже завершенного акта. Р. Шмидт также использует понятие моторной схемы, которая формируется в результате взаимодействий между четырьмя видами информации: начальными условиями, спецификациями ответа, сенсорными последствиями от выполняемого действия и знанием о результате движения. На рис. 7 представлена диаграмма связей между этими источниками информации. Предполагается раздельное существование схем воспроизведения и узнавания.

Вызывающая схема памяти ответственна за генерирование импульсов к мышцам, производящим движение или коррекцию. Она является связующим звеном между начальными условиями, фактическими результатами (знание о результате) и спецификациями действия. При совершении действия происходит попарное соединение спецификаций действия с фактическим результатом. После ряда попыток начинает формироваться связь между этими переменными, которая соотносится с каждым удачным исполнением. В результате этих взаимодействий вырабатывается устойчивая схема воспроизведения. Когда необходимо выполнить новое движение, эта схема относится с желаемым результатом и начальными условиями, после чего она определяет спецификации действия. Таким образом вырабатывается новый набор спецификаций действия, что приводит к новому движению. В этом случае нет необходимости сохранять индивидуальную программу для каждого движения, так как вызывающая схема памяти во взаимодействии с обобщенной моторной программой может продуцировать спецификации действия для большого количества движений одного типа.

Роль, выполняемая программой, варьирует в зависимости от продолжительности движения. В случае быстрых, баллистических движений двигательный акт выполняется целиком под контролем вызы-

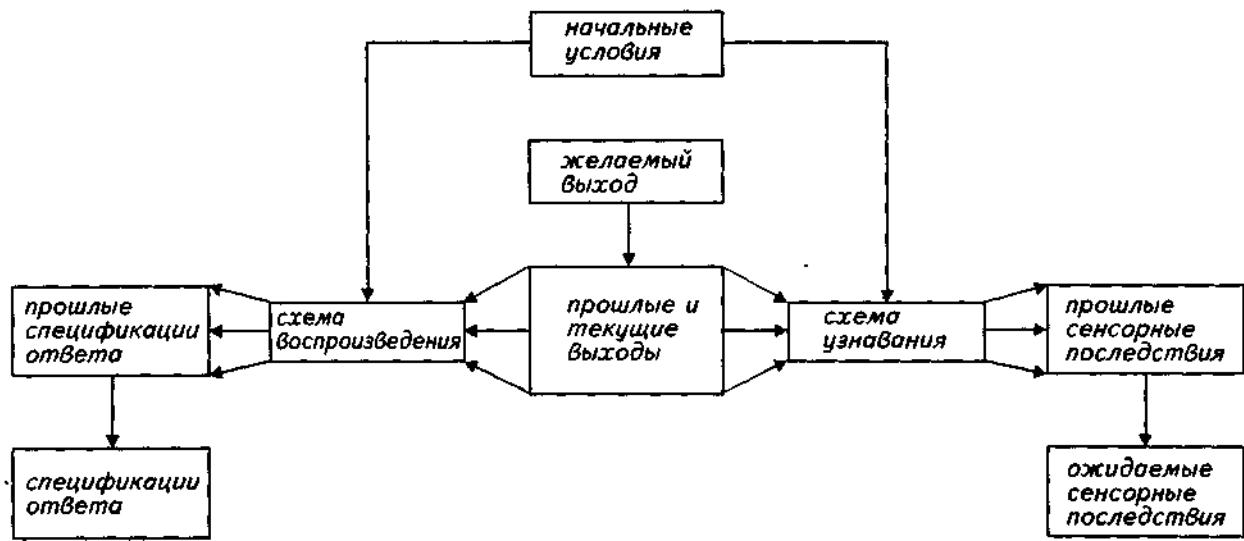


Рис. 7. Диаграмма связей источников информации, формирующих схему (Р. Шмидт, 1975, 1976).

вающей схемы памяти, в которой программа заранее определяет все детали движения, и ничто не может изменить или приостановить его течение, даже если по каким-либо причинам оно совершается неверно. При совершении медленных движений роль вызывающей схемы памяти заключается только в производстве небольших запрограммированных движений — операций, после совершения каждой из которых вызываемая ответом обратная связь сравнивается с ожидаемыми сенсорными последствиями.

За оценку обратной связи и выработку информации об ошибке движения отвечает узнающая схема памяти. Она является связующим звеном между начальными условиями, сенсорными последствиями от выполняемого действия и фактическими результатами (знания о результате). При каждом исполнении попарно сравниваются сенсорные последствия со знанием о результате, что способствует формированию узнающей схемы памяти. При совершении быстрых движений ожидаемые сенсорные последствия сравниваются с действительными, и полученное рассогласование указывает на величину ошибки. Иначе говоря, информацию о точности совершенного движения можно получить без знания о результате, который становится известным лишь после окончания движения. В случае медленных движений одного сопоставления ожидаемых и действительных сенсорных последствий недостаточно и обучение без знания о результате невозможно.

При совершении нового движения и узнающая схема памяти вырабатывает ожидаемые сенсорные последствия. В случае быстрого движения ожидаемые сенсорные последствия сопоставляются с действительными, и на основании этого сопоставления выявляется ошибка, которая может нивелироваться в следующем исполнении. В случае медленного движения ошибки, полученная от сопоставления ожидаемых и действительных сенсорных последствий, может нивелироваться в этом же движении. Узнающая схема памяти не предполагает хранения сенсорных последствий для каждого движения, совершенного в прошлом. Функционирование ее предусматривает попарное сравнение ожидаемых и действительных сенсорных последствий и после выявления ошибки, устранение возникшего рассогласования. Таким образом, теория схемы Р. Шмидта объясняет не только генерирование нового класса движений, но и их пластичность. Это выгодно отличает его теорию от многих других теорий и моделей, в которых на память ложится чрезмерная нагрузка.

П.К. Анохин [4, 5] рассматривал поведенческий акт как гетерогенное образование, состоящее из определенного количества узловых механизмов, каждый из которых занимает свое собственное ме-

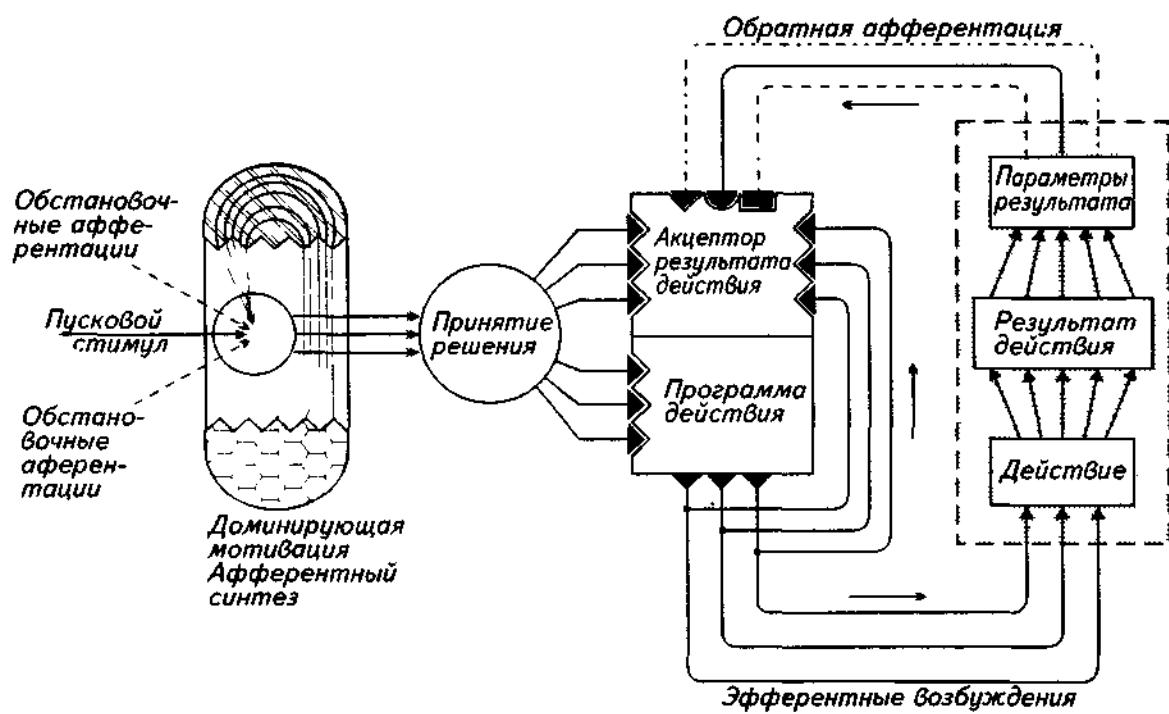


Рис. 8. Общая архитектура функциональной системы поведенческого акта (П.К. Анохин, 1978).

сто. В предложенной им модели элемент или компонент функционирования не должен пониматься как самостоятельное и независимое образование, а как элемент, степени свободы которого подчинены общему плану функционирования системы, направленному на получение полезного результата.

Согласно теории функциональной системы П.К. Анохина, результат, нужный в данный момент ее приспособительной деятельности, зависит от внутренних процессов, протекающих в стадии афферентного синтеза. П.К. Анохин выделил четыре главных компонента афферентного синтеза: доминирующая на данный момент мотивация, соответствующая ему обстановочная афферентация, пусковая афферентация и память (рис. 8). Основным условием афферентного синтеза является одновременная встреча всех участников этого процесса. В результате афферентный синтез обеспечивает постановку цели, достижению которой подчиняется вся дальнейшая работа системы. Важным компонентом функциональной системы является принятие решения, которое обеспечивает обработку на основе доминирующей мотивации всей пришедшей в мозг афферентной информации, непрерывное сопоставление этих результатов с прошлым опытом. Результаты этой обработки переводятся на эfferентные пути, точно соответствующие распределению возбуждений для совершения нужного акта.

Механизм оценки и сличения П.К. Анохин назвал акцептором результатов действия. Функция его состоит в том, что он опережает ход событий в отношениях между организмом и внешним миром и "предвосхищает" афферентные свойства результата, который должен быть получен в соответствии с принятым решением. Акцептор результатов действия, с одной стороны, характеризуется как афферентная модель будущего результата, которая служит эталоном оценки обратных афферентаций. С другой — дает возможность организму исправить ошибку, поскольку в нем происходит сличение признаков необходимого с параметрами реального результата, информация о которых приходит к акцептору благодаря обратной афферентации. Сам же акцептор действия "остается одинаковым на всем протяжении компенсаторных приспособлений... Действие становится "санкционированным" только в том случае, если обратная афферентация от него оказывается адекватной возбуждениям акцептора действия" [5, с. 335-336]. Иначе говоря, действие каждый раз должно приспосабливаться к акцептору и только в случае совпадения включается "санкционирующая афферентация", являющаяся сигналом к завершению действия. В случае несовпадения результата действия с акцептором "санкционирующая афферентация" вызыва-

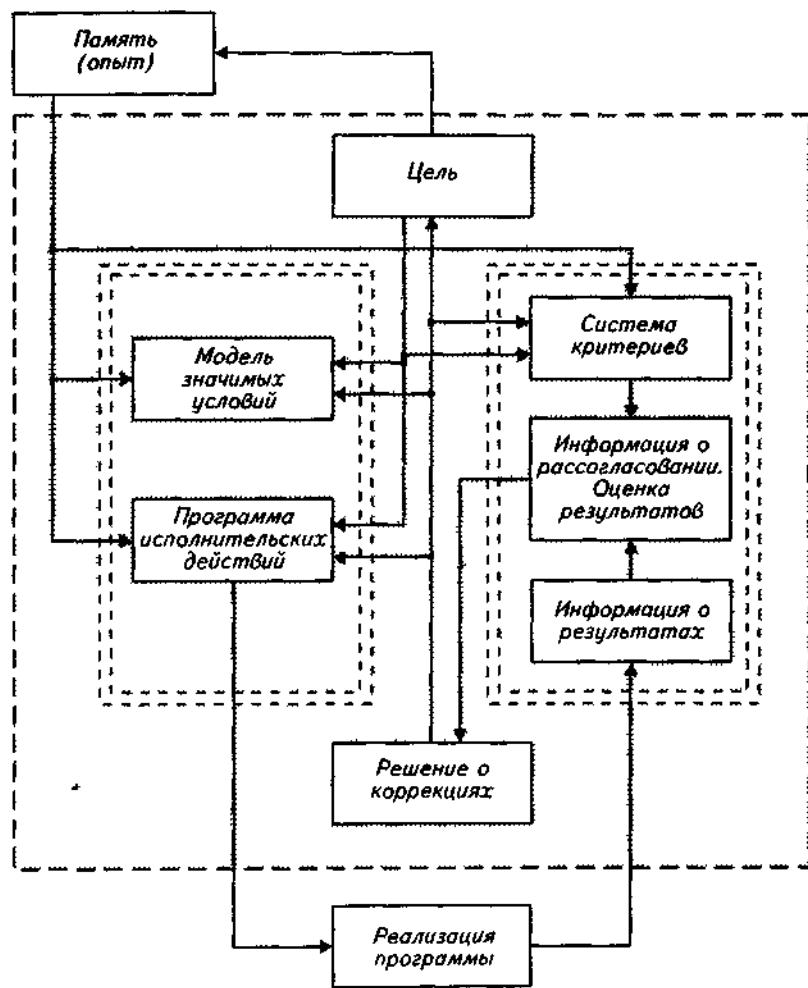


Рис. 9. Блок-схема функциональной структуры процесса осознанного регулирования деятельности (О.А. Конопкин, 1980).

ет ориентировано-исследовательскую реакцию и побуждает столько попыток, сколько требуется для достижения адекватного акцептору действия результата.

Акцептор действия в модели П.К. Анохина чрезмерно полифункционален. К его функциям относятся и прогнозирование будущего результата действия, и сличение требуемого и реального результатов, и исправление ошибок. Наиболее слабым местом модели, по мнению Дж. Адамса, является то, что один и тот же компонент не только формирует и инициирует реакцию, но и работает как механизм, подтверждающий правильность ее выполнения. Если говорить в терминах модели Н.А. Бернштейна, то акцептор действия объединяет в себе не только большинство функций задающего элемента, но и функций прибора сличения. К тому же акцептор действия характеризуется определенной двойственностью: они "взгляд в будущее", он же и "мозговой механизм".

Близок к акцептору действия механизм, названный Е.Н. Соколовым "нервной моделью стимула". В нем представлены не только элементарные признаки (цвет, размер, пространственное положение, интенсивность), но и сложные (сочетание разномодальных стимулов). Причем нервная модель фиксирует не сумму изолированных раздражителей, а объединяет их в систему. Нервная модель вырабатывается в итоге многократной стимуляции. При предъявлении раздражителя, не совпадающего по всем параметрам с нервной моделью, возникает ориентировано-исследовательская реакция. Ее источником являются сигналы рассогласования, полученные при сравнении раздражителя с нервной моделью. "Нервная модель стимула, как форма следа памяти является многомерным отражением сигнала, которое включает как простые, так и сложные параметры стимула. Нервная модель стимула, непрерывно участвуя в сличении прогнозируемых сигналов с реально действующими раздражителями, представляет собой динамическое образование" [131, с. 30].

Центральным звеном в модели О.А. Конопкина [79] является принятая субъектом цель, определяющая общую осознаваемую направленность деятельности, а также конкретные свойства других компонентов (рис. 9). Цель деятельности не детерминирует выбор конкретной программы действия. Последняя функционально связана с "моделью значимых условий", в которой отражены внешние и внутренние условия деятельности. В программе представлена информация о способах и последовательности действий, а также об их энергетико-динамических параметрах.

Оценка успешности достижения цели — важнейший компонент модели О.А. Конопкина. Для успешного осуществления сознатель-

ного контроля за результатом действий в модель входят такие функциональные звенья, как критерий или эталон успешного результата и информация о реальном результате. Выработка критериев успешности связана с целью деятельности. В соответствии с ними субъект использует и поступающую обратную связь. Назначение блока оценки результатов состоит в определении рассогласования между достигнутым результатом и целью, представленной в виде системы критериев успеха. На основе информации о рассогласовании производится перепроверка и возможная коррекция того компонента системы, в надежности которого субъект уверен менее всего. В качестве таких компонентов выступают программа исполнительных действий и модель значимых условий. Скорректированная таким образом информация дает сигнал к осуществлению действия, и процесс вновь разворачивается по описанной схеме.

Смысловым центром модели А.И. Назарова (рис. 10) являются представления о системе образов, участвующих в построении и регуляции исполнительных действий, их связях, динамике формирования и развития [110]. Выделяются функционально взаимосвязанные: задающий образ, образ движения и ситуативный образ. В задающем образе отражается содержание двигательной задачи, он достаточно стабилен и его формирование предшествует выполнению движения. В процессе построения образа задействована информация как от информационной модели, содержащей сведения о задаваемых параметрах действия и условиях его реализации, представленных в виде сигналов разной модальности, так и от концептуальной модели, в которой данные сигналы приобретают смысл и значение в контексте решаемой двигательной задачи. Задающий образ ориентирован на конечный результат, поэтому даже адекватно сформированный, он не всегда приводит к успеху.

Движение, разворачивающееся в пространстве и времени, находится под контролем образа движения и ситуативного образа. В основе построения образа движения лежит интеграция пространственной картины, лишь намеченной задающим образом, с временной динамикой процесса реализации, представленной полимодальной афферентацией. Образ движения кристаллизуется благодаря концептуальной модели действия, где оценивается успешность реализации в каждом кванте времени, отбирается информация, соответствующая правильному решению двигательной задачи. Сложившись, образ движения избавляет от необходимости постоянного удержания в сознании задающего образа. Сохраняется лишь представление о цели действия.

Успешность действия обеспечивается также адекватным задаче ситуативным образом среды. Отчасти такая информация учитывается на этапе подготовки движения и при оценке его результата. Она может быть и не связана непосредственно с двигательным поведением. Функция ситуативного образа состоит в постоянном подстраивании движения под реальность. Направление его развития — от избыточного к необходимому. При изменении ситуации содержание образа меняется, вызывая соответствующие модификации способа действия или отдельных параметров движения.

Образные компоненты задействованы и в процессе детектирования ошибки. Оно осуществляется на основе сравнения содержаний задающего и ситуативного образов критериям, устанавливаемым в концептуальной модели исполнительного действия.

При организации движения инициирующую роль играет образ движения, актуализирующий сенсомоторные комплексы, необходимые для выполнения двигательных операций, входящих в структуру исполнительного действия. Окончательный выбор осуществляется с опорой на ситуативный образ, который подстраивает операции к конкретным обстоятельствам. На уровне образов решается вопрос и о выборе конкретного сенсомоторного комплекса. Сенсомоторный комплекс представлен в модели двумя компонентами: сенсорной — ожидаемой афферентацией, и моторной — эфферентной программой. Их постепенное совершенствование приводит к уменьшению и устранению ошибок по всем параметрам движения. Сформированный адекватно ситуации сенсомоторный комплекс под контролем координирующего образа записывается в долговременную память. Отлаживание сенсомоторного комплекса, по представлению А.И. Назарова, рекуррентный процесс, повторяющийся по мере модификации перцептивных образов и изменения ошибки движения. В процессе формирования движения происходит постепенное укрупнение рекуррентного цикла (кванта действия), для которого строится свой сенсомоторный комплекс. Со временем квант действия становится соразмерным целому действию. Динамика данного процесса обеспечивает плавность выполнения, в частности, за счет предвосхищения свойств будущего кванта действия.

Высшей инстанцией, управляющей всеми элементами механизма регуляции движений, в модели А.И. Назарова является смысловая и концептуальная модель исполнительного действия.

Анализ современных исследований двигательного поведения или моторного исполнения, в том числе и анализ многочисленных моделей, описывающих эти процессы, свидетельствуют о том, что наука очень далеко ушла от претендовавших в свое время на исчерпывающее объяснение стимульно-реактивных, реактологических, рефлек-

сологических схем. Между стимулами и реакциями, если пользоваться этой терминологией, по мере исследования отношений между ними образовывалось все более расширяющееся пространство, которое начинало заполняться опосредствующими звеньями, промежуточными и привходящими переменными, когнитивными блоками, схемами, картами, образами, программами, контролирующими и корректирующими звеньями и т.д. Сейчас ситуация такова, что это когнитивное и аффективное пространство поглотило полюса, между которыми оно образовывалось. Сегодня мало кто описывает двигательное поведение в терминах стимулов и реакций или рефлексов. Элементарная рефлекторная дуга замкнулась вначале в рефлекторное кольцо, а затем утратился и термин рефлекс; исследователи стали говорить о кольцевых, рекуррентных структурах, открытых и закрытых контурах. А в кольцевой структуре трудно определить или даже указать ее начало и конец.

Еще раз оглядывая многочисленные модели, предложенные для описания двигательного поведения, невольно приходишь к заключению, что большинство из них, как, впрочем, и описываемые в них феномены (образ, программа, движение, действие и т.д.), представляют собой развивающиеся, становящиеся структуры. В них еще не найден, а только ищется адекватный сложной исследуемой реальности язык описания. Этот язык пока еще разнороден: в нем присутствуют психологические, технические корни. Немало и неологизмов, введение которых оправдано тем, что многие слова заняты старыми значениями и смыслами. Пока этот язык в большей степени описательный, чем объяснительный. Все это вполне естественно, поскольку исследователям открывается огромная новая область, соизмеримая по сложности с тем, что классическая наука назвала психикой, оставляя на периферии своего внимания моторику. Последняя интерпретировалась как само собой понятная механическая или техническая часть жизни.

За многими предложенными моделями стоит богатый эмпирический и экспериментальный опыт исследований, изложение которого превышает разумные пределы учебного пособия. Характеристика наиболее известных моделей предметных и исполнительных действий продемонстрировала сложность описания в единой концептуальной схеме богатой реальности, скрывающейся за привычными словами двигательное поведение, моторное исполнение, предметное действие.

Задача дальнейшего изложения состоит в то, чтобы показать сложность, пути и методы экспериментальных исследований этой реальности, а затем предложить еще один вариант функциональной модели предметного действия, в которой будут использованы наибо-

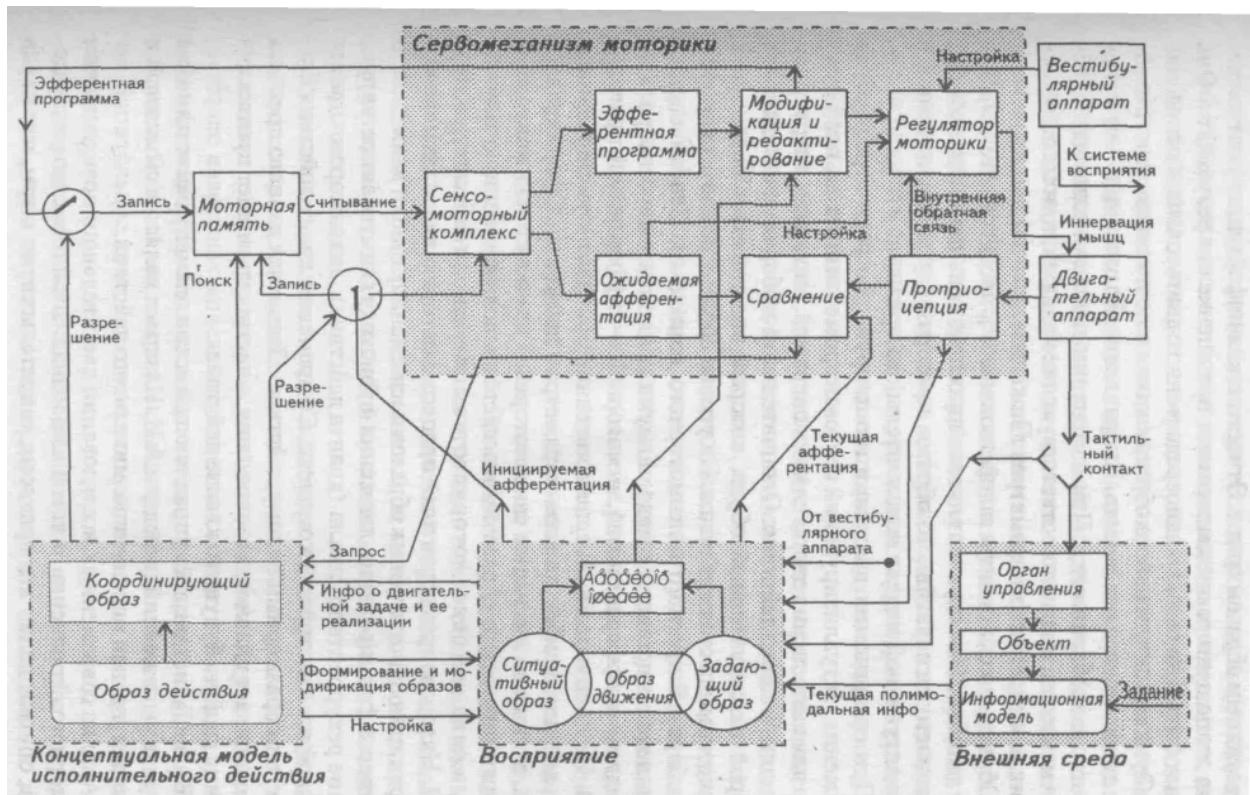


Рис. 10. Система управления движением (А.И. Назаров, 1994).

лее сильные стороны и объяснительный потенциал моделей, характеристике которых была посвящена настоящая глава.

## **Глава 3. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ**

В настоящее время проблема исследования сложных форм исполнительной деятельности превратилась в междисциплинарную. Изучение двигательного поведения входит в сферу интересов инженерной психологии и эргономики; психологии труда и спорта; возрастной и медицинской психологии и т.д.

Методы исследования исполнительной деятельности претерпевали ряд трансформаций, определяемых целями и задачами, материей исследования (от изучения отдельных движений и действий к изучению умений, навыков и предметных действий); Совокупностью изучаемых параметров, характеризующих процесс подготовки и реализации движений и действий [40, 43, 53]. С развитием психологии труда, инженерной психологии и эргономики все больший удельный вес стали занимать исследования инструментальных действий.

Богатым источником анализа является выделение, описание и проектирование реальных управляющих действий операторов систем управления. Они становятся объектом лабораторного моделирования и экспериментального исследования, например, обнаружение и слежение за сигналом, точность и скорость попадания в цель, оперативная работа с одним или многими сигналами и т.д. Использование лабораторных моделей ситуаций управления полезно не только для корректирования существующих систем и органов управления, но и для проектирования новых систем, а также для разработки и усовершенствования методов анализа сенсомоторной деятельности человека. Получаемые результаты нередко далеко выходят за рамки решения прикладных задач психологии труда и эргономики.

Наиболее часто употребляемой и удобной для моделирования, является ситуация слежения, в которой испытуемому предлагается, манипулируя органом управления и связанным с ним курсором (управляемый объект), совершать движения, параметры которых (направление, амплитуда, скорость) должны соответствовать параметрам цели (задающий объект), выступающей в роли образца. В задачу испытуемого входит устранение посредством корректируочных действий возникающего рассогласования между параметрами цели и управляемого курсора.

### 3.1. Типы слежения

Тип слежения определяется характеристиками объекта (цели), непрерывностью или дискретностью их изменений [146]. Первый тип характеризуется непрерывным характером изменений задающего объекта во времени. Например, непрерывное перемещение цели по кругу. В этом случае действия испытуемого детерминированы характеристиками объекта, его скоростью, направлением, временем перемещения. Дискретный тип слежения характеризуется скачкообразным характером изменений задающего объекта. Например, цель меняет пространственное положение, что заставляет испытуемого перемещать управляемый курсор в зону цели. В этом случае испытуемый сам выбирает скорость перемещения курсора, выдерживая лишь направление движения, амплитуду перемещения и требуемую точность совмещения, то есть он должен "попасть" в определенную точку пространства, а не "следить" за непрерывно меняющим свое положение задающим объектом.

В зависимости от характера информации, получаемой испытуемым, различают преследующее и компенсаторное слежение [93,108, 146]. В случае преследующего слежения цель имеет собственную динамику, поэтому испытуемый получает информацию трех видов: о движении цели; о собственном движении "преследования цели", опосредованным перемещением курсора, и о рассогласовании (ошибке) положения цели и курсора. В ситуации компенсаторного слежения цель неподвижна и испытуемый должен удерживать на ней управляемый объект, имеющий собственную динамику. При решении этой задачи, испытуемый оперирует только информацией об ошибке положения курсора относительно цели.

Примером компенсаторного слежения может служить слежение за самолетом на фоне безоблачного неба, выполняемое стрелком при помощи прицела, визирная головка которого поворачивается вслед за самолетом через систему дистанционного управления; стрелок не сопровождает цель ни движением глаз, ни движением головы, ни поворотом всего тела. Здесь отсутствует видимое смещение цели

относительно фона. Единственная информация, которой располагает стрелок — это видимая ошибка слежения [146 ].

Примером преследующего слежения является работа оператора телевизионной камеры, когда оператор получает информацию не только об ошибке слежения, но и относительно закона движения цели. В зависимости от вида дополнительных обратных связей, участвующих в управлении движением, преследующее слежение подразделяется на три подтипа: 1) слежение, осуществляемое с помощью движений глаз, имеющее место при узком секторе перемещения цели; 2) слежение, в которое вовлекаются движения головы, когда имеется большое угловое смещение цели; 3) слежение с поворотом тела оператора вместе с передвижной платформой.

В качестве разновидности преследующего слежения выделяют так называемое слежение с предвидением, при котором оператор видит не только текущее значение входного сигнала, но и экстраполируемое изменение этого сигнала на некоторый отрезок времени вперед. Примером такого слежения является управление автомашиной, когда водитель видит лежащий впереди участок шоссе [146, 288 ].

Поведение оператора в процессе слежения зависит от закона связи между движением органа управления и перемещением управляемого сигнала на экране [93, 108, 146]. Этот закон определяет порядок системы регулирования. В полуавтоматическом слежении обычно используется управление по положению (система нулевого порядка), управление по скорости (система первого порядка), управление по ускорению (система второго порядка).

Управление по положению (позиционное слежение) представляет собой простое усиление, когда сила, приложенная к органу управления, передается прямо на указатель индикационного устройства. Такие системы имеют широкое распространение: к ним относятся многие операции при работе на станках всех видов, работа с манипуляторами, работа со всеми видами ручных инструментов, управление некоторыми образцами военной техники [146 ].

Управление по скорости осуществляется через интегрирование первой степени. Включенный в систему интегратор заставляет указатель двигаться со скоростью, которая пропорциональна силе, приложенной к органу управления. Оператор перемещает орган управления и тем самым вызывает изменение скорости управляемого объекта. К этому классу систем относятся транспортные средства, все виды крановых устройств, а также некоторые образцы военной техники [146].

Управление по ускорению еще более сложно. В этом случае в систему слежения включены два интегратора. Любое приложение силы к органу управления ведет к пропорциональному ускорению движения указателя. Оператор перемещает орган управления до тех

пор, пока с помощью вызванного им ускорения не переведет управляемый указатель в желаемое положение. Примерами такой системы служат управление космическим кораблем [146].

По воздействию сигналов на сенсорные входы слежение классифицируется как одномерное и многомерное [1]. В первом случае источник сигналов воздействует на какой-либо один орган чувств, а во втором — имеются два или более независимых источника, которые могут иметь различные сенсорные модальности.

Деятельность человека-оператора в процессе слежения зависит от числа отслеживаемых величин, или от числа регулируемых координат. Различают одно-, двух-, трехкоординатное или многокоординатное слежение [146]. Важно, является ли многокоординатное слежение единым процессом, в котором выходные величины по различным координатам взаимосвязаны или оно распадается на независимые между собой процессы слежения по каждой из координат. При этом особый интерес представляет управление объектом, обладающим различными динамическими свойствами по каждой координате. Классическим примером подобного объекта является самолет. Для двух- и трехкоординатного слежения разработаны и используются разнообразные конструкции органов управления, рассчитанные как для действия одной рукой, так и для одновременного действия обеими руками.

### **3.2. Оценка эффективности деятельности слежения**

Выбор критерия оценки эффективности слежения определяется в первую очередь целью исследования и концептуальной схемой, в рамках которой работает исследователь [49, 146, 260].

#### **Качество слежения.**

Первичными данными, характеризующими показатели качества выполнения слежения, являются:

- кривая траектории движения задающего объекта, полученная с помощью непрерывной регистрации (входная функция);
- кривая смещения органа управления, отражающая движение управляемого объекта (позиционная кривая или выходная функция);
- кривая, представляющая собой алгебраическую сумму мгновенных значений входной и выходной функции (ошибка).

При анализе кривой слежения большинство авторов делят его на следующие этапы: 1) время запаздывания; 2) время движения в районе цели (фаза подведения); 3) время корректировочных движений, ликвидирующих ошибку первого движения; 4) собственно непрерывное слежение (фаза удержания).

Первые два этапа характеризуют переходной процесс, выполняемый оператором [27, 146]. Промежуток времени от момента изменения положения цели (величины входного сигнала) до начала движения руки оператора, определяется как время реакции (латентный период). Общепринятого критерия времени первого движения и времени коррекций нет [146]. Одни авторы считают, что первое движение заканчивается в точке первого минимума кривой, другие — в точке первого пересечения кривой с осью абсцисс, третьи — определяют границу между участками на глаз. Момент окончания переходного процесса разными исследователями также оценивается по-разному.

Для анализа переходного процесса используются записи кривых изменения скорости движения руки [14, 15, 274] и ускорения [288]. При анализе скоростной кривой существенно время разгона, в течение которого достигается максимальная скорость движения руки от начала движения, и время торможения, в течение которого скорость движения руки замедляется, приближаясь к скорости движения цели [14, 15].

При анализе непрерывного слежения показано, что в действительности преследующие движения руки дискретны и неравномерны [27, 93]. Движение разбивается на ряд парциальных движений, перемежающихся значительным количеством пауз. Парциальные движения отличаются друг от друга по скорости и длительности. Скорость движения руки может быть больше, меньше или равна скорости движения цели. Важным показателем эффективности слежения является его плавность [93].

Непрерывное слежение обеспечивается наличием кольцевых коррекционных процессов, проявляющихся в виде коррекционных волн. В качестве показателей эффективности процесса непрерывного слежения используются временные и пространственные характеристики коррекционных волн, а также их число в единицу времени. По каждой волне анализируется ее протяженность, амплитуда и скорость [14, 15]. За единицу анализа принимаются показатели корректирующего движения: время движения (по длине коррекционной волны); первоначальная ошибка (по сигналу рассогласования в начале движения); ошибка слежения (по амплитуде волны) [93].

#### **Точность слежения.**

Для характеристики точности слежения используются различные показатели, определяемые типом задач, для которых необходимы данные о точности [117].

Точность одномерного ручного слежения оценивается по следующим критериям: А) Суммарная ошибка по положению: 1) наиболее часто используется средняя ошибка без учета знака отклонения

(впервые использована К. Крейком и М. Винс); 2) при измерении больших ошибок вместо средней ошибки пользуются функцией квадратичной ошибки, например, среднеквадратичной ошибкой или корнем среднеквадратичной ошибки; 3) средняя постоянная ошибка, получаемая путем усреднения ошибок по положению с учетом их знаков, показывает среднюю величину отклонения на выходе в ту или иную сторону от входа. Б) Суммарная ошибка по времени (впервые применена Г. Хелсоном). Временная ошибка равна промежутку времени между появлением цели и подведением к ней управляемого курсора. Отрицательная величина временной ошибки означает запаздывание курсора. Критерием точности слежения при этом служит или средняя абсолютная временная ошибка или средняя временная ошибка с учетом знака. В более поздних работах указывается на возможность измерения обобщенной ошибки, учитывающей одновременно ошибки и по положению и по времени [260]. В) Средняя ошибка на отдельных точках функции входа. При гармоническом входе средние ошибки могут подсчитываться на отдельных точках, например, точках изменения направления, перегиба и точках, расположенных посередине (относительно времени) между точками смены направления и перегибов.

Во многих работах для оценки точности слежения используется показатель времени совмещения с целью. Он характеризует время точного согласования курсора с целью, время сведения ошибки до нуля. Этот показатель отличается малой надежностью по сравнению с другими, например, среднеквадратичной ошибкой. Величина его в значительной степени определяется размерами курсора и цели [112, 146].

Критерием эффективности компенсаторного слежения за полигармоническими сигналами использовалось среднеквадратичное отклонение ошибки слежения [21, 26]. Были предложены и другие критерии оценки качества слежения. Например, коэффициент взаимной корреляции между входным сигналом и ответной реакцией оператора [22], вектор рассогласования [73]. В некоторых работах были предприняты попытки исследовать внутреннюю структуру ошибки слежения, определить ее составляющие [32]. По мнению ряда авторов [111, 125] существует возможность исследования ошибки методами корреляционного и спектрального анализа. Для оценки эффективности может быть использована дисперсия ошибки по производным, показывающая, во сколько раз разброс значений ошибки отличается от диапазона изменений задающего объекта [112].

### **Оценка успешности.**

На эффективность слежения существенное влияние оказывает способность человека прогнозировать изменение состояния объекта управления.

Оценка успешности или качества прогноза проводится по критериям двух типов — точностным и временными [112]. С помощью временных критериев оценивается способность человека опережать реальные события на больший или меньший интервал времени (по Е. Поултону [257] — глубина прогнозирования). Точностные критерии позволяют оценивать степень соответствия результатов прогноза с действительностью.

Под точностью прогнозирования понимают степень соответствия прогнозируемого результата реальному состоянию управляемого объекта. Количественным выражением этого является величина, обратная разнице между прогнозируемой величиной входного сигнала и действительной [295].

Исследование только точности или только временных показателей недостаточны. Поэтому многие авторы используют комплексные критерии качества прогноза, с помощью которых оценивается способность человека опережать ход реальных событий с той или иной точностью [61, 112, 160].

### **3.3. Микроструктурный анализ действия, средства регистрации исследуемых характеристик и экспериментальные переменные**

Микроструктурный метод — это сравнительно новое средство изучения познавательных и исполнительных действий. Он основан на выделении, анализе, качественной и количественной оценке факторов, влияющих на выполнение действия в различных экспериментальных условиях. Методический прием микроструктурного анализа состоит в следующем: время от начала предъявления тестового материала делится на ряд интервалов и предполагается, что в каждом интервале выполняются те или иные когнитивные или исполнительные процедуры. Выделяются лишь компоненты (единицы анализа), сохраняющие свойства целого. Затем устанавливаются складывающиеся между ними отношения и взаимодействия. Компоненты отличаются друг от друга рядом параметров: местом в структуре действия, информативной емкостью, временем преобразования информации или реализации действия, возможностями связи с другими компонентами и типом связи со средой. Ключевые понятия микроструктурного метода — понятия действия, операции, функционального компонента (блока), стадии процесса, волны, кванта действия [43, 49, 67, 73]. Основанием для выделения в единой структуре предметного

действия относительно самостоятельных волн является наличие в них завершенной формы, т.е. собственной программы, играющей роль подпрограммы целостного действия, ее реализации и оценки. В программе волны должна быть отражена, помимо общей стратегии (плана) решаемой задачи, и своя собственная смысловая задача. Информация от реализации такой программы направлена не только на конкретизацию программы следующей за ней волны, но и, если это необходимо, на перестройку общего плана решения всей задачи. Структура действия может включать в себя различное количество волн: достаточно простое или хорошо освоенное действие может быть осуществлено одной волной, усложнение действия, изменение задачи или условий работы создают предпосылки для наполнения структуры действия несколькими волнами. Вместе с тем, структура каждой отдельной волны не является единым, далее неразложимым образованием. Анализ микродинамики действия позволил выделить в ней более дробные единицы — кванты действия. Кванты составляют операциональный аспект действия, обеспечивая осуществление коррекционного процесса, направленного на обнаружение, уточнение и исправление допущенных ошибок при решении единой смысловой задачи. Кванты действия, как и волны, — это не осколки действия, они имеют вполне завершенную форму со своей микропрограммой, ее исполнением и оценкой. Основное отличие волны действия от кванта действия, помимо временного, состоит в том, что осуществление волны направлено на решение определенной смысловой задачи, в то время как осуществление кванта обеспечивает реализацию волны на операциональном уровне. Количество квантов может меняться от достаточно большого до одного, если речь идет об одноактном баллистическом действии, выполняемом одной волной, реализуемой одним квантами. Это означает, что квант, как и волна, не только целостные, но и структурные образования.

Использование микроструктурного анализа предполагает построение предварительной модели того или иного исполнительного действия, которая подвергается экспериментальному исследованию. В последнем обязательно варьируются внешние и внутренние средства деятельности. Затем на основе анализа результатов строится более совершенная модель, которая в свою очередь подвергается детальной экспериментальной проверке, в результате чего выявляются более дробные единицы анализа, типы связей между ними и т.д. Естественно, что в таком исследовании отдельные функциональные компоненты или блоки не могут выступать непосредственным объектом изучения. Таким объектом является целостное действие, организуемое так, чтобы исследуемый функциональный компонент играл в нем доминирующую роль. Микроструктурный анализ, развитый первоначально для исследования познавательной деятельности, оказался

достаточно информативным при изучении исполнительной деятельности. Его применение позволило проникнуть в структуру действия, проследить динамику его становления и развития, выделить его когнитивные и исполнительные компоненты, проследить динамику их развития и соотношения на разных этапах освоения действия, при смене внешних и внутренних условий его осуществления. Возможности изучения не только консервативных, но и динамических свойств компонентов целого действия, открываемые микроструктурным анализом, позволяют назвать его также и микродинамическим.

Исследования инструментальных пространственных действий, в которых установлены последовательность и закономерности формирования входящих в структуру действия компонентов, нашли свое отражение в модели сформированного пространственно-временную структуру действия, не являющиеся элементарными, далее неразложимыми единицами. Они имеют сложное строение и могут быть подвергнуты дальнейшему расчленению и анализу. Это предположение послужило толчком к развертыванию большого цикла исследований, направленных на проникновение в функциональную структуру предметного действия и последующее ее расчленение. Многие из них будут изложены в следующих главах.

В соответствии с принципами микроструктурного анализа составляются программы выделения, регистрации, количественного и качественного анализа тех или иных характеристик исполнительных действий. По ходу эксперимента регистрируются и хранятся в памяти ЭВМ следующие параметры (рис. 11):

- общее время ( $T_{общ}$ ) — время от момента предъявления цели до окончания работы с ней;
- латентное время — ( $T_s$ ) — время от момента предъявления цели до начала движения к ней;
- время реализации ( $T_p$ ), включающее в себя: время разгона ( $TV_p$ ) на кривой скорости, равное времени от момента начала движения до установления максимальной скорости; время удержания максимальной скорости ( $TU_{уд}$ ); время торможения ( $TV_v$ ), т.е. снижения скорости от максимальных значений до момента, когда скорость первый раз проходит через 0;
- время контроля и коррекций ( $T_{кк}$ ), т.е. время совершения малоамплитудных движений до полной остановки действия;
- максимальная скорость движения ( $F_{max}$ );
- ошибка в конце движения ( $\Delta T$ );
- путь, пройденный за время разгона ( $S_p$ );
- путь, пройденный за время удержания максимальной скорости ( $SV_{уд}$ );

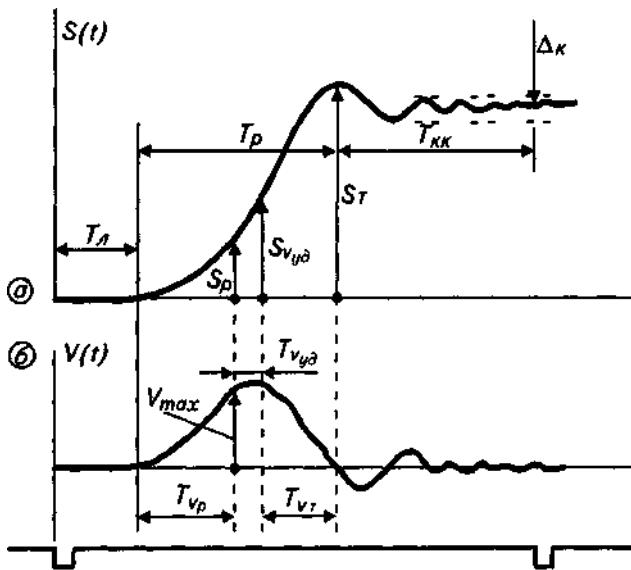


Рис 11 Схема выделения параметров действия а - параметрическая кривая пути  $S(t)$ , б - параметрическая кривая скорости  $V(t)$

- путь, пройденный к концу тормозной стадии ( $S_T$ );
- количество квантов действия в единицу времени ( $N$ ).

По всем анализируемым параметрам вычисляются их средние значения и среднеквадратичный разброс. В случае, когда исследуемое действие имеет волновой характер, например, в задачах слежения за движущейся целью анализируются все перечисленные показатели по каждой волне. В исследовании пространственных действий проводится подобный анализ по каждой, участвующей в нем координате. Кроме того, в случае пространственного действия анализируется и все действие в целом (рис. 12). На схеме отчетливо видно, что длительность стадий действия по каждой координате движения неодинакова. Программирование ( $T_\nu$ ), реализация ( $T_p$ ) и контроль и коррекция ( $T_{KK}$ ) по одной составляющей идут с некоторым сдвигом относительно другой, что служит основанием для выделения двух стадий разброса:  $\Delta t_1$ , включающей одновременно и планирование, и реализацию, и  $\Delta t_2$ , включающей реализацию, контроль и коррек-

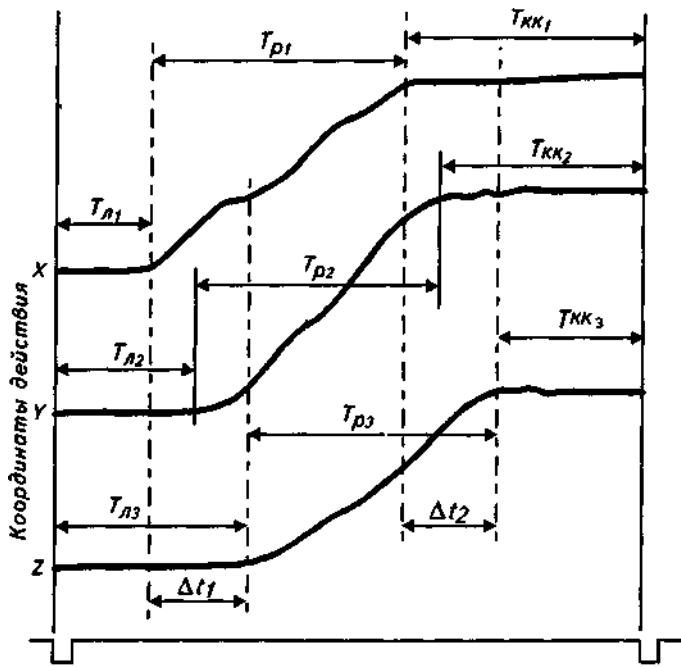


Рис. 12. Схема выделения компонентов  
сложного пространственного действия.

цию. Выделенный показатель дает представление о разбросе не только внутри одной стадии, но также и между стадиями, характеризуя степень пространственности осуществляемого действия. Существенным дополнением к количественному анализу являются траекторные и пространственно-временные записи движений руки, а иногда и глаз, получаемые непосредственно в течение эксперимента.

Помимо перечисленных параметров, получаемых при первичной обработке, разработан арсенал показателей и критериев оценки, имманентных исследуемой деятельности и отражающих качество действия, уровни его активности и когнитивности, сонастроенности его составляющих и оперативности. Так, например, показатель активности выражает отношение времени активного движения к общему времени выполнения действия; показатель согласованности (пространственности) выражает отношение суммы совместного (по координатам действия) покоя и совместного движения к общему времени действия. Координированное, сонастроенное действие характеризу-

ется однонаправленностью по координатам действия процессов планирования и собственно реализации, с минимальным разбросом по стадиям действия. Показатель согласованности выражает степень приближения действия к идеальной траектории, т.е. отражает качество действия. Показатель когнитивности выражает отношение суммы (по координатам действия) времени покоя к сумме времени движения, в нем отражается отношение времени планирования и контроля за результатом ко времени собственно реализации. Возможны различные варианты такого отношения, когда когнитивная часть намного превышает исполнительную и наоборот. Необходимо учесть, что этот показатель не дает абсолютной оценки действия, но отношение показателя когнитивности к общему времени выполнения действия дает такую оценку и выражает степень оперативности действия в целом. Этот показатель назван показателем оперативности, так как в нем отражены показатель когнитивности и скорость выполнения действия. Он характеризует способ действия, его субъективные особенности, соотношение в действии разных функциональных компонентов на фоне меняющейся скорости его осуществления. Преимущество этого показателя по сравнению с такими показателями, как время реакции и скорость осуществления действия, состоит в том, что он отражает меру его когнитивности, разумности.

Естественно, что в каждом конкретном исследовании необязательно используется все перечисленные показатели. Анализируя действие в целом, можно выделять те его компоненты, характеристика которых наиболее полно отражает задачу исследования.

Необходимым условием изучения исполнительных действий является создание адекватных целям исследования и удобных для использования в эксперименте средств регистрации пространственно-временной картины движения. Для этого создаются специальные экспериментальные стенды, в которых предусмотрены достаточно широкие возможности управления ходом эксперимента с одновременной регистрацией целого ряда параметров движения руки и глаз. Функциональная блок-схема экспериментального стенда должна включать: систему управления объектом; систему предъявления цели (индикатор); управляющую ЭВМ, работающую в режиме счета для многомерной статистической обработки результатов и в режиме управления экспериментом. На рис. 13 приведена блок-схема экспериментального стенда, отвечающего этим требованиям.

Система управления объектом включает многоступенчатый орган управления, тензометрический усилитель и блок операционных усилителей. Орган управления манипуляторного типа (датчик пространственного перемещения руки), представляет собой параметрическую модель руки человека. При его движении управляемый индекс (курсор) перемещается по экрану индикатора, одновременно

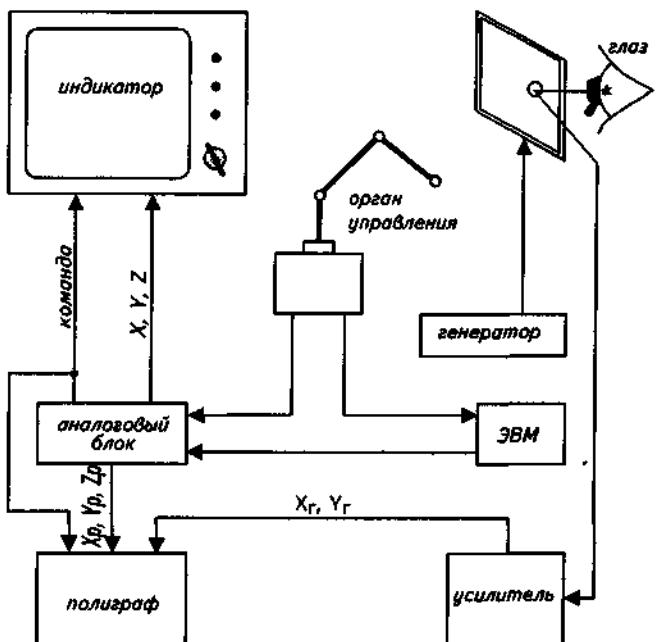


Рис. 13. Блок-схема экспериментального стенда.

изменяясь и по величине. Орган управления при этом служит датчиком, передающим информацию о движениях руки испытуемого в пространстве в трех измерениях: x (право-лево), у (верх-низ), z (от себя — к себе). Конструкция органа управления может быть и другой, необходимо лишь, чтобы сигналы от органа управления, формируемые датчиками по положению, скорости и ускорению, давали информацию о реальных исполнительных действиях и их со-ставляющих.

Индикатор выполнен на базе цветного телевизионного приемника и блока управления. В соответствии с подаваемыми на выходы блока управления аналоговыми электрическими сигналами на экране индикатора формируются световые сигналы различных цветов. Впечатление объемности достигается управлением изменения площади высвечиваемых сигналов. Перемещение световых сигналов в поле экрана осуществляется по горизонтали (X), вертикали (Y) и изменению их световой площади (Z). Независимость управления световыми

стимулами по параметрам X, Y, Z позволяет кодировать ими пространственные координаты перемещения объекта управления и формировать систему отсчета перцептивного поля оператора. Управляющие координатные сигналы строятся в блоке управления объектом по уравнениям связи пространственного движения руки оператора и органа управления. Технические данные индикатора дают возможность варьировать в широких пределах предъявленный тестовый материал. В соответствии с решаемыми задачами вместо телевизионного индикатора могут использоваться такие стандартные приборы, как графический дисплей или теле-игры.

Использование ЭВМ на линии эксперимента дает возможность предъявлять на экране меняющиеся по сложности, числу элементов и количеству составляющих маршруты движения; вводить "сбои" в привычное протекание действия, требующие изменения траектории движения; вводить инверсию, т.е. нарушать привычное соотношение перцептивного и моторного полей; широко варьировать передаточные отношения между перемещением органа управления и управляемого индекса на экране, варьировать скорость перемещения цели по экрану и т.д. ЭВМ позволяет непрерывно получать текущие характеристики времени, точности и скорости действий испытуемого.

Еще одним условием успешного изучения исполнительных действий является использование таких экспериментальных переменных, которые позволили бы проникать в структуру действия, расшатывать сложившуюся, устойчивую структуру, нарушать привычное соотношение перцепции и моторики. Это необходимо для того, чтобы вскрыть закономерности построения развития и функционирования сенсомоторного действия; проследить процесс становления структуры действия в ходе его формирования; выявить лабильность и устойчивость компонентов структуры действия под воздействием тех или иных изменений, вносимых в привычное выполнение действия; проанализировать регуляторные возможности действия. К таким переменным относятся: манипуляции со зрительной обратной связью: задержка, прерывание, отключение; управление многокоординатным движением: одно-, двух- и трехкоординатным; введение инверсии; варьирование величины прилагаемого усилия; экстренное введение новой цели или изменение передаточных отношений в процессе совершения планового действия; требования к скорости и точности выполнения действия.

В следующих разделах будет дано подробное описание многих экспериментальных ситуаций, проанализированы структурные, временные, скоростные и точностные изменения действия, возникающие под влиянием тех или иных переменных, и показаны возможности восстановления и адаптации к новым условиям.

## **Глава 4. ФОРМИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ**

### **Раздел 1. Роль программирования в формировании действия**

Во второй главе подробно рассматривались теории, описывающие построение, регуляцию и управление движениями и действиями. Акцент данного раздела ставится на процессах формирования, планирования и программирования действия, что функционально закреплено за латентной стадией.

Первая классификация произвольных реакций человека и исследование структуры латентного времени двигательных реакций связана с именем Ф. Дондерса. Варьируя экспериментальными переменными, он измерял время, необходимое для различения сигналов и выбора ответов, и показал, что время реакции различения длиннее времени простой реакции, а время реакции выбора больше времени простой реакции.

Последующие исследователи выявили зависимость латентного времени от таких факторов как: количество альтернатив, вероятность появления сигнала, связь между стимулом и ответной реак-

цией, количество возможных вариантов ответных реакций, способы кодирования сигналов, виды ответных реакций и др.

Латентная стадия действия складывается из времени приема и переработки информации, времени программирования моторной задачи, времени организации моторного ответа. Дж. Ботвинник и Дж. Томпсон [165] разделили латентное время на премоторное, равное 220 мс, определяемое как время от подачи стимула до начала биоэлектрической активности, и моторное, равное 40 мс, определяемое как время биоэлектрической активности мышц, предшествующей началу движения. По их мнению изменение латентного времени в целом связано с изменением премоторного компонента. Такие факторы как модальность стимулов, их количество, вероятность появления, характер ответного движения влияют в первую очередь на время премоторного компонента.

Я.Н. Коц в периоде организации произвольного движения выделил три самостоятельных процесса: преднастроочный, настроочный и пусковой, которые различаются моментами их возникновения и продолжительностью, и показал, что "настроочный" период имеет постоянную длительность, равную 60 мс, независимо от разнообразных факторов, так или иначе изменяющих время латентной стадии действия [84].

Исследуя структурную неоднородность латентной стадии действия, А. Уэлфорд выделил три стадии в подготовке и реализации действия. На первой стадии анализируются, хранятся и интегрируются данные, получаемые из разных точек пространства, из ситуации извлекается информация, релевантная цели действия. На второй стадии сложившийся мгновенный образ ситуации трансформируется в моторные программы, которые реализуются в действии на третьей стадии [304]. Выделенные стадии в свою очередь распадаются на ряд подстадий, реализующих разные уровни переработки информации и организации ответной реакции. Исследования познавательной деятельности В.П. Зинченко, выполненные методом микроструктурного анализа, позволили выделить ряд уровней (блоков) переработки информации, которые потенциально могут участвовать в выделенной А. Уэлфордом первой стадии. К их числу относятся: блоки сенсорного регистра и иконической памяти, сканирования, буферного узнавания, вербального перекодирования и др. [71]. По-видимому, время, затрачиваемое на обработку информации в первой стадии, определяется количеством уровней переработки информации, необходимых для организации движения на второй стадии, где в свою очередь могут использоваться разные способы преобразования информации в иерархически построенный образ моторных программ.

Выделенные стадии, по мнению А. Уэлфорда, дискретны, на каждой из них обрабатывается ограниченный объем информации, которая последовательно проходит от первой к третьей стадии. Иначе говоря, между стадиями существуют как бы "ворота", которые закрыты для любой вновь поступающей информации до тех пор, пока идет переработка информации предыдущей. Когда интервал между стимулами меньше определенной величины, происходит выстраивание сигналов в очередь, так как в центральных процессах информация о двух различных сигналах не может обрабатываться одновременно. Задержка времени реакции в ответ на второй из двух следующих друг за другом сигналов определяется как явление психологической рефрактерности. Термин психологическая рефрактерность был предложен А. Телфордом, в его современном виде это понятие было сформулировано в трудах К. Крайка [177, 178], М. Винс [297] и А. Уэлфорда [301], изучавших операторскую деятельность. Для объяснения явления психологической рефрактерности выдвигались различные гипотезы. Например, гипотеза одноканальности центральных процессов, о которой уже шла речь; гипотеза о взаимосвязи между временем реакции на первый и второй сигнал; гипотеза перцептивного квантования. Существуют и другие взгляды на природу этого явления, многие из которых противоречат друг другу, но сам факт увеличения латентного времени в ответ на второй из пары следующих друг за другом сигналов не подвергается сомнению. Однако, судя по последним данным, его количественное выражение зависит от многих факторов, среди которых и время межстимульного интервала, и локализация относительно структуры движения, и степень подобия сигналов\*.

Величина латентного времени, ответственного за построение программы будущего движения, зависит от количества поступающей информации и от нагрузки на центральные механизмы по ее переработке. Возможный способ сокращения латентного времени — экстраполяция поступающего сигнала и подготовительная работа по идентификации его с соответствующим ответом. Экстраполяции (антиципации) отводится значительная роль в существующих моделях построения движений (см. главу 2). С ее помощью возможно ускоренное реагирование на поступающие сигналы, коррекция движения и исправление ошибок. Антиципация позволяет подготовить двигательные ответы до поступления сигнала таким образом, что они

\* Подробно о сути этого явления см. в главе 6.

осуществляются в заданное время и в заданном месте, при минимальном времени, необходимом для организации ответа. Е. Поултон, исследуя роль антиципации в организации и исполнении двигательных реакций, ввел разделение на перцептивную и моторную антиципацию [255]. Моторная антиципация используется при заранее известных характеристиках движения и позволяет предсказать их пространственное положение к определенному моменту времени. Использование моторной антиципации в ситуации непрерывного слежения позволяет сглаживать дискретный характер отслеживающих движений путем соответствующих корректировок. Для предсказания положения движущегося стимула к определенному моменту используются знания о положении и возможном его изменении, полученные с помощью зрительного, слухового и других каналов.

Н.А. Бернштейн указывал, что существование коррекций предваряющего типа заставляет обратить внимание на "многостороннее значение, которое имеет антиципация для реализации какого бы ни было целенаправленного двигательного акта" [20, с. 392]. В повседневной практике встречаются бесчисленные случаи использования антиципации для регуляции двигательных актов, как например, схватывание рукой движущегося предмета, подстановка ракетки под летящий мяч или шарик "пинг-понга" и многие другие.

Перцептивная антиципация, направленная на предсказание места и времени появления сигнала, основана на связях, образованных в прошлом опыте. Она особенно эффективна при ритмически появляющихся во времени и пространстве сигналах. Дж. Адаме и Л. Кример [2] различают полезную антиципацию, результатом которой является ускорение ответной реакции, и преждевременную, ведущую к ошибке; пространственную, указывающую место появления сигнала, и временную, предсказывающую время его появления.

Дж. Адаме [1] считает, что антиципация оптимальна, если вся информация, необходимая для ответа, интериоризирована, и субъект совершает движение с закрытыми глазами. Для организации точностных движений, помимо предвидения поведения стимулов необходимо предвосхищать результаты собственных движений. В этом случае для моторной антиципации используются проприорецептивные каналы обратной связи от движения, а для перцептивной антиципации используется соотнесение результатов, предшествующих реализаций с моторными программами. На основании перцептивной антиципации выбираются моторные программы, а на основании моторной антиципации — осуществляются корректировочные движения.

Н.А. Бернштейн показал, что в процессах управления движениями встречаются ситуации, при которых решающую роль играет перцептивная антиципация, особенно в случаях, когда коррекции становятся невозможными. "Существует целый класс двигательных актов (так называемые баллистические движения), осуществление которых только и возможно посредством подобной антиципации: метание с попаданием в цель, перепрыгивание через ров или высотное препятствие" [20, с. 391]. Таким образом, выбор моторной программы, инициирующей движение, связан с прогнозированием результатов этого движения.

В латентной стадии действия определяются наиболее существенные характеристики будущего движения. Косвенно о процессах, происходящих в латентной стадии действия, мы можем судить по характеристикам собственно моторной (физической) части действия.

Исследователи двигательного поведения выделяют в моторной части действия по меньшей мере две стадии, однако относительно их характеристик существуют значительные расхождения. Первая стадия (фаза) осуществляется по отработанной в латентной стадии программе, не корректируется по ходу своего выполнения ни зрительной, ни даже проприоцептивной обратной связью, выполняется примерно за время, не больше чем 250-300 мс, и управляет по открытому контуру регулирования. Вторая стадия (фаза), обеспечивающая точностную подгонку движения к цели, осуществляется с учетом информации, поступающей по каналам обратной связи, и направлена на исправление ошибок, вызванных как изменениями во внешней среде, так и ошибками, допущенными во время реализации первой фазы движения.

В движениях, длительность которых больше, чем время осуществления обратной связи, имеется потенциальная возможность использования афферентной информации для текущего управления движениями. Р. Черников и Ф. Тейлор [171], исследуя кинестетическую обратную связь, нашли, что время ее колеблется от 119 до 129 мс. По данным Дж. Хиггинса и Р. Анжела [210], это время находится в пределах 108-169 мс. Д. Падью [252] определил время проприоцептивной обратной связи равным от 123-155 мс. Результаты исследования зрительной обратной связи показывают, что в зависимости от условий ее время колеблется от 190 мс до 260 мс [221].

Однако, анализ коррекции ошибок выбора направления, совершаемых при выполнении задач дискретного сложения, показал, что время коррекции ошибок меньше времен коррекции, которые могли осуществиться на основе зрительной или проприоцептивной обратной связи [210,221]. Испытуемые в опытах Дж. Хиггинса и Р. Анже-

ла [210] при совершении дискретного слежения посредством одностепенного манипулятора, допуская ошибки в выборе направления движения, начинали корректировать их через 83-122 мс.

Е. Мегу [245] в задачах дискретного слежения на основании данных изменения ускорения движения определил начало исправления неправильного движения через 64 мс после совершения ошибки. Эти данные дают возможность предположить, что обратная связь, в результате которой обнаруживается ошибка, может быть центрально-го, а не периферического происхождения. Она имеет своим источником образ эффеरентных команд, посыпаемых к мышцам.

Обобщая имеющиеся по этой проблеме данные, Р. Шмидт [269] выделяет три основных подхода. Первый основывается на том, что после инициации двигательных команд их копия отправляется в центр хранения. По мере выполнения движения проприоцептивные сигналы сравниваются с командами, "записанными" в эффеरентной копии, и расхождение между ними классифицируется как ошибка. Однако, коды эффеरентной копии и информация об обратной связи записаны на разных "языках" и для приведения их к общему виду требуется время, что подвергает сомнению одно из достоинств эффеरентной копии — ее быстродействие.

Вторая объяснительная схема исходит из того, что копии моторных команд, посыпаемых к мышцам, отправляются также в отделы центральной нервной системы, где эти команды контролируются и проверяются на адекватность их двигательной задаче. Это объясняет быстрые коррекции ошибочных реакций. Благодаря такой проверке, человек способен выявить ошибку в моторной программе до того, как началось движение, поскольку в соответствии с этой схемой нет необходимости ждать начала движения для осуществления коррекций. Представители третьего подхода утверждают, что команды, посыпаемые к мышцам, сопровождаются информацией, которая подготовливает систему к последующему моторному акту.

Возможны и другие способы объяснения малого времени организации коррекционных движений. Е. Мегу [245] использует для объяснения трехкомпонентную модель выполнения и подготовки действия А. Уэлфорда. При этом выделяются три возможных источника совершения ошибочного выбора направлений. Ошибочная реакция может произойти в результате сбоев в работе 1-й стадии, осуществляющей анализ и идентификацию сигнала, или работы 2-й стадии, где на основе полученной информации осуществляется неправильный выбор ответа, или в 3-й стадии в результате неправильного исполнения команд на периферии. Причем для ошибок, сделанных на 2-й или 3-й стадиях, время коррекции существенно уменьшается за

счет того, что стадию, где не сделано никаких ошибок, сигналы обратной связи могут проходить с нулевой задержкой. Таким образом, одноканальный механизм может действовать как простое коммутационное звено и какие-то стадии могут быть освобождены от шаблонного анализа. Но в случае, если все стадии вовлечены в переработку сигналов, задержка будет такой, как указывалось в исследованиях С. Кила и М. Познера [221]; Дж. Хиггинса и Р. Анжела [210]. Латентное время реакции, в которой допущена ошибка, обычно оказывается на 40 мс короче правильных реакций. Возможно, в случае ошибочной реакции выбор ответа произошел на основе ошибочной перцептивной антиципации характеристик сигнала. Быстрая коррекция ошибочной реакции может объясняться не только функционированием центральных обратных связей, но и тем, что непосредственно вслед за ответом, вызванным преждевременной антиципацией, начинается работа по организации ответа, основанная не на предсказанных, а на действительных характеристиках сигнала.

Р. Шмидт [269] выделяет две различные причины совершения ошибочных действий и соответственно два вида обратной связи, используемой для их исправления.

Первый тип ошибок обуславливается непредвиденными изменениями в окружающей среде (например, сдвигом цели). Источником их обнаружения является экстероцептивная обратная связь, поступающая по зрительным, слуховым и другим каналам. Время исправления этих ошибок составляет стандартные 200-250 мс.

Второй тип — это ошибки, вызываемые сбоями в реализации правильно выбранной моторной программы. В этом случае обратная связь, используемая для исправления ошибок, может иметь наряду с экстероцептивными источниками и проприоцептивные. Коррекция таких ошибок осуществляется за значительно более короткое время (60-100 мс), чем коррекции первого типа. Если ошибки первого типа часто требуют коренной перестройки моторных программ, то коррекции второго типа осуществляются в пределах старой моторной программы, обеспечивая незначительные модификации текущего ответа.

В исследованиях латентной стадии действия особое место занимает выяснение влияния разнообразных факторов на организацию моторного ответа. К их числу относятся взаимоотношения между программирующими и собственно моторными компонентами действия. П. Фиттс [190] считал, что время программирования и время реализации движения являются независимыми переменными. Ф. Генри и Д. Роджерс [209], напротив, полагают, что время программирования является прямой функцией от сложности моторной задачи. Исследуя

зависимость времени программирования от сложности задачи, они нашли, что время программирования простой реакции (нажатие на кнопку) меньше, чем в более сложном движении (дискретное слежение). В целом время программирования возрастает по мере усложнения моторной задачи. В экспериментах Д. Гленгросса [194], Дж. Лазло и Дж. Ливеси [236] было многократно подтверждено, что более точные движения требуют большего времени программирования. На этот счет имеются и другие мнения, а именно, что точностные характеристики действия представлены в программе, формируемой в латентной стадии действия, в самом общем виде. Н.А. Бернштейн по этому поводу писал, что благодаря большому количеству степеней свободы, внешним и реактивным силам, никакая, точно дозируемая информация, произведенная заранее, не сможет полностью обеспечить точное выполнение действия. Для обеспечения точности выполнения движения необходимы сенсорные коррекции, которые изменяют текущее движение в небольших пределах, не меняя кардинально моторную программу, построенную в латентной стадии действия.

В работах Д. Гленгросса [196] и С. Клаппа [226] анализировалась зависимость времени программирования от ширины цели и амплитуды перемещения. Была выявлена прямая зависимость между временем программирования и сложностью моторного ответа и обратная зависимость между увеличением усилия и временем программирования [Д. Гленгросс, 196]. Экспериментально показано, что время программирования зависит от общего времени движения, от числа "микродвижений" — операций, входящих в целое действие. С. Клапп и Дж. Эрвин [229] показали, что латентное время в задачах на перемещение органа управления с одновременным нажатием вмонтированной в него кнопки выше, чем латентное время такого же движения, но без нажатия на кнопку. Можно утверждать, пишет Б. Керр [222], что на латентное время влияют такие факторы, как число возможных направлений, число амплитуд и в целом общее число факторов, требующих принятия решения. Однако, решающими факторами, по его мнению, являются не пространственные (направление и амплитуда), а временные факторы. Временному регулированию отводится специальная роль в программировании движений. Дж. Саммерс [285], ссылаясь на результаты исследований С. Кила, считает, что моторная программа точно определяет время действия и что время считывается с некоторого внутреннего метронома. Однако, ряд других исследователей оспаривают положение о том, что временное упорядочивание является фундаментальным свойством моторной программы. Ссылаясь на Р. Стейна, Х. Зелазни-

ка и др., Дж. Саммерс пишет, что временное упорядочивание имеет принципиальное значение лишь для действий, требующих сохранения определенной временной структуры (например, игра на музыкальных инструментах).

Одним из наиболее сложных является вопрос о построении программы действия, реализация которого требует последовательного выполнения нескольких (серийных) действий. Н.А. Бернштейн [19, 20] указал на два возможных пути осуществления такого действия, соответственно, на два варианта экфорирования моторных энграмм. Под последними он понимал существующие в центральной нервной системе точные формулы движений. Процесс экфорирования представляет собой извлечение энграмм из долговременной памяти. Само существование двигательных энграмм Н.А. Бернштейн считал само собой разумеющимся, поскольку существуют двигательные навыки и автоматизмы. Энграммы экфорируются не все сразу, а по одной и в определенной последовательности. Он выдвинул предположение о двух возможных путях экфорирования. Первый — носит название "цепочки" и состоит в том, что каждая предыдущая энgramma служит экфоратором для последующей. Второй — названный "гребенка", предполагает, что экфорирующий механизм лежит вне энграмм и управляет ими в порядке главенствования. Дальнейшие исследования показали, что механизмы "гребенки" и "цепочки" не являются взаимоисключающими, возможно их совместное участие в построении двигательного акта.

Подводя итог, следует отметить многогранность проблемы управления движениями. Основным является вопрос о возможном типе управления и регуляции двигательных актов. Программный тип (открытый контур) управления в качестве объяснительного принципа признается бесспорным для баллистических движений, осуществляемых за время 200-250 мс. Более медленные движения регулируются преимущественно афферентационным (закрытый контур) путем, благодаря сенсорным коррекциям и контролю за выполняемыми движениями.

Многие исследователи начинают преодолевать оппозицию между открытым и закрытым типами управления и говорить о возможности совместной регуляции двигательного акта. В этом случае предполагается возможность построения программы движения на некоторый участок пути, так называемой баллистической его части, без участия обратной афферентации. Следующая часть движения требует участия сенсорных коррекций для ликвидации возникших в ходе первой части ошибок и для точного выполнения поставленной задачи. Преvalирование того или другого типа управления при осуществлении двигательного акта определяется множеством факторов, среди кото-

рых и степень сформированности навыка, и условия предъявления информации, и количество решаемых задач, и функциональное состояние, и многое другое. Любая трудность выполнения действия, обусловленная или недостатками в овладении новым действием, или необычными условиями его реализации, или сложностью задачи, или утомлением, требует участия для своего осуществления развернутой системы сенсорных коррекций, что определяет превалирование афферентационного способа управления.

Знание функциональной структуры двигательного акта, законов взаимодействия компонентов в целостном действии, динамики их развития в разных условиях осуществления действия дает необходимые основания для решения вопроса об управлении и регуляции ими. Для эффективного решения этой проблемы необходимо четкое знание структуры деятельности в целом, ее специфики, взаимоотношений между ее внешними и внутренними средствами. Выявлению возможных типов взаимоотношений, сложившихся между внутренними способами деятельности и различными вариантами внешних средств, а также нахождению информативных показателей, характеризующих тот или иной способ работы, посвящены излагаемые в следующих разделах исследования.

## **Раздел 2. Формирование однокоординатных, одиночных действий**

### **4.2.1. Структура моторного компонента двигательного акта**

В предыдущем разделе был дан анализ латентной стадии действия, показан ее вклад в осуществление действия и зависимость от различных переменных. Дальнейший шаг состоит в доказательстве гетерогенности выделенных стадий действия и выявлении типов связей между ними.

В традиции психологической физиологии активности, связанной с именами А.А. Ухтомского, Н.А. Бернштейна, А.В. Запорожца, А.Р. Лурии, движение, действие, двигательное поведение обозначались терминами функциональный орган, функциональная система, функциональная структура. Эти образования включают в свой состав больший или меньший набор компонентов, вступающих между собой в различные отношения. В живых системах, к которым относится моторное поведение, каждый из компонентов представляет собой особую форму активности или деятельности. Далее мы будем оперировать преимущественно понятием функциональной структуры действия, понимая ее как распределение активностей в пространстве и времени. Поскольку активности (компоненты) различны, функциональная структура представляет собой гетерогенную целостность. Подобная целостность возможна при условии неоднородности ее компонентов.

При всей их неоднородности каждый должен отражать, хотя и в различной степени, всю целостность действия. Если это верно, то главными задачами исследования функциональной структуры дей-

ствия должно быть определение форм активности компонентов, входящих в структуру, и установление законов связи между ними.

Исследователи интуитивно чувствовали наличие целостности в выделяемых ими компонентах, будь то компоненты оперативные, когнитивные или оценочные. Н.А. Бернштейн [19, 20], А.В. Запорожец [63], А.Н. Леонтьев [95], описывая двигательное поведение, употребляли такие выражения, как "внутренняя моторика", "внутренняя картина живого движения", "одухотворенность движения" и т.д. Каждая единица психологического анализа, по словам В.П. Зинченко, какой элементарной она ни была бы, должна обладать чертами предметности и осмысленности. Попытка доказать гетерогенность стадий действия заслуживает особого внимания, поскольку, если в когнитивных стадиях удастся обнаружить моторные компоненты, а в моторных — когнитивные, то тем самым может быть преодолена многолетняя оппозиция между теориями открытого и закрытого (программного и афферентационного) типов регуляции движений и действий.

В исследовании, выполненном Н.Д. Гордеевой и С.Б. Ребриком, сделана попытка проанализировать моторную стадию целостного действия [120]. Задача состояла в том, чтобы, не изолируя ее от других стадий, установить взаимозависимость между ней и латентной стадией действия. В качестве объекта было взято хорошо сформированное одиночное, однокоординатное действие. Переменными были направление и амплитуда движения. Результаты подвергались микроструктурному анализу.

Исследование проводилось на экспериментальном стенде, состоящем из индикатора, органа управления и ЭВМ, используемой для ведения эксперимента и регистрации результатов (см. главу 3). В качестве тестового материала предлагались четыре цели квадратной формы, расположенные справа и слева от стартовой позиции на расстоянии 10 и 20 см. Цели предъявлялись равновероятно и в случайном порядке в одной из четырех позиций. Управляемый индекс точно соответствовал размерам цели. Инструкция требовала от испытуемого быстрого и точного совмещения управляемого индекса с предъявленной целью. Регистрируемыми параметрами были временные и скоростные характеристики движения руки, управляющей органом управления.

Запись перехода к цели (рис. 14) включала параметрический график зависимости пути от времени, данные по скорости и ускорению совершающегося движения. Кривые  $S(t)$ ,  $V(t)$ ,  $A(t)$  описывают движения, направленные на быстрое и точное совмещение управляемого индекса с целью. Скорость движения возрастает до середины пути, а

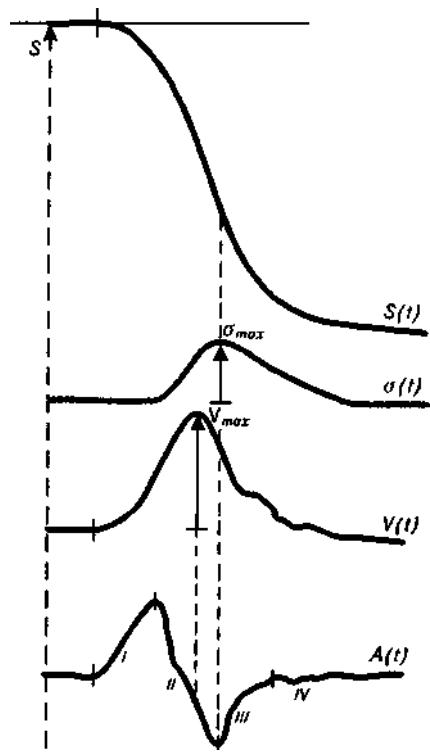


Рис 14 Образец записи перехода на цель с временными и скоростными характеристиками движения,

затем начинает монотонно падать, вплоть до начала корректировочных движений, подводящих управляемый индекс к цели.

Изменение скорости движения вызывано тем, что усилие, прилагаемое для перемещения руки в пространстве, изменяется во времени. О характере изменения этого усилия свидетельствует изменение ускорения.

По характеру ускорения  $A(t)$  выделяется ускоренная часть, соответствующая начальной части движения, когда скорость нарастает от 0 до максимума, и участок движения с отрицательным ускорением — замедление, соответствующее второй части, когда скорость падает от максимума до 0. Для удобства анализа были выделены

четыре фазы изменения ускорения во времени: I — нарастание ускорения от 0 до максимума; II — падение ускорения (движение по инерции); III — период активного торможения; IV — корректировка и окончательная остановка движения.

Перечисленные временные и скоростные особенности движения наблюдаются регулярно и не зависят от того, на какое расстояние перемещается рука. Амплитуда движения оказывается на абсолютных значениях максимальной скорости, причем, чем больше амплитуда перемещения, тем больше максимальная скорость.

Дальнейший анализ показывает, что время стадии реализации при выполнении одной и той же двигательной задачи характеризуется большим разбросом данных от пробы к пробе. Он составляет в среднем 140 мс. Движение действительно "кольышется как паутина на ветру". Возникает вопрос, какая часть моторной стадии подвержена наибольшему, а какая наименьшему разбросу? Для ответа на него было проведено усреднение проб по группам, отдельно для малой и большой амплитуды перемещения. Для каждой группы был вычислен среднеквадратичный разброс ( $\sigma$ ), т.е. определены участки пути максимального и минимального отклонения от идеальной кривой.

Оказалось, что максимальное отклонение на кривой  $S(t)$  наблюдается, когда пройдена уже середина пути и на кривой скорости после достижения максимума наблюдается ее снижение. На кривой ускорения  $A(t)$  это соответствует границе перехода фазы II в фазу III (см. рис. 14). Соотнесение величины разброса  $\sigma$  с фазами кривой ускорения показало следующее: на фазе I разброс минимальен; на фазе II наблюдается постепенное увеличение разброса, который доходит до своего максимума при переходе фазы II в фазу III. Затем наблюдается постепенное уменьшение значений разброса и падение их до минимума. Отсюда видно, что движения в самом начале своего пути, характеризующиеся минимальным разбросом, осуществляются по четко отработанной программе. Эти данные вполне согласуются с выводами представителей программного или открытого типа управления движениями и подтверждают наличие моторных программ, которые синтезируются в требуемое движение, охватывают его целиком и не зависят от обратной афферентации.

Однако приведенные результаты свидетельствуют о наличии программного управления лишь для начальной части моторной стадии, составляющей для данной экспериментальной ситуации и данной группы движений 120-150 мс. Затем движение, инициируемое данной программой, примерно через 150 мс начинает отклоняться от заданной траектории. Отклонение достигает максимума в среднем через 300 мс.

Подобное явление наблюдали С. Кил и М. Познер [221] при выполнении движения с заданной скоростью. Испытуемые совершали движения между двумя позициями за время от 150 мс до 450 мс. По точности попадания в заданную позицию составлялась зона разброса. Результаты показали, что более точное попадание фиксируется при выполнении движения за более длительное время. В следующей серии экспериментов тестовая цель отключалась и испытуемые должны были совершать движения без зрительной обратной связи. В этом случае точность быстрых движений практически не изменялась, а точность медленных существенно упала. Эти данные доказывают, что, во-первых, программный тип управления не может обеспечить эффективного выполнения точностного действия и, во-вторых, по программному типу могут осуществляться лишь быстрые баллистические движения, для которых сенсорные коррекции не играют существенной роли.

Итак, в начале движение совершается по заданной программе и управляетяется по открытому типу регулирования. В средней части оно лишь частично управляетяется первоначально заданной программой, о чем свидетельствует зарегистрированный максимальный разброс. Для точного совмещения с целью необходима корректировка, что и наблюдается в оставшиеся 150-200 мс. Эти данные согласуются с результатами Р. Шмидта [269], полученными при анализе двух типов ошибок, возникающих при осуществлении двигательного акта. Первый тип обуславливается непредвиденными изменениями в окружающей среде. Источником их обнаружения является экстероцептивная обратная связь, поступающая по зрительному и слуховому каналам. Причиной второго типа ошибок являются сбои в реализации моторной программы. В этом случае наряду с экстероцептивной обратной связью используется и проприоцептивная. Время исправления первого и второго типа ошибок отличается друг от друга более чем в два раза. Рассмотренные выше ошибки относятся ко второму типу. По данным Р. Шмидта, они могут быть исправлены за 100 мс, поскольку ошибки этого типа корректируются в пределах старой моторной программы.

Изложенные результаты подтверждают положение Н.А. Бернштейна о том, что благодаря большому количеству степеней свободы кинематических цепей человеческого тела, действию реактивных и внешних сил никакая, даже наиболее точно дозированная система пусковых импульсов не может однозначно определить требуемое движение. Точность движения достигается с помощью внесения правок по ходу его выполнения на основе афферентной информации путем сенсорных коррекций. Однако, одних импульсов, поступающих в нервную систему по ходу выполнения движения, недостаточ-

но. Они должны быть сопоставлены с заданными их значениями, что и дает возможность внесения поправок по ходу выполнения действия. На основе сличения происходит коррекция двигательного акта. Таким образом, в одном двигательном акте существуют и соучаствуют два типа управления — программный и афферентационный, соответственно, оппозиция между концепциями открытого и закрытого типов управления движениями является мнимой. Тем не менее, наличие этой оппозиции и многолетние дискуссии вокруг нее позволили полнее представить себе действительные механизмы построения движений и действий.

#### **4.2.2. Чувствительность компонентов действия к смене внутреннего способа его осуществления**

Предметом исследования, выполненного Н.Д. Гордеевой и Е.Б. Сироткиной, явилась динамика изменений компонентов действия в процессе его формирования. Объектом исследования было сенсомоторное однокоординатное, одиночное действие по точностному совмещению с целью. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, в состав которого входил индикатор, орган управления и ЭВМ, используемая для управления экспериментом, регистрации и анализа, временных, скоростных и точностных характеристик исполнительных действий, а также для статистической обработки результатов. Цель в виде квадрата синего цвета (10x10 мм) предъявлялась на вертикальной оси индикатора в 30 см от старта, находящегося у нижней границы экрана. Управляемый индекс точно соответствовал размерам цели и был красного цвета, что при совмещении с целью создавало четкую цветовую границу. Для перемещения управляемого индекса к цели испытуемый должен был передвигать ручку управления "от себя", при возвращении в стартовую позицию "на себя", при этом индекс на экране индикатора перемещался вверх-вниз по вертикали. Инструкция требовала от испытуемого при появлении цели точно совместить с ней управляемый индекс, перемещая ручку управления с комфортной скоростью. Для обработки и интерпретации результатов использовался микроструктурный метод. В качестве анализируемых переменных выступили виды движения и компоненты действия на разных этапах формирования.

Регистрировались следующие параметры:  $T_{общ}$  — общее время — время от момента предъявления цели до окончания работы с ней;  $T_{лат}$  — латентное время — время от момента предъявления цели до начала движения к ней. Время реализации, включающее в себя:  $T_{V_p}$  — время разгона на кривой скорости, равное времени от момента начала движения до установления максимальной скорости;  $T_{V_{yo}}$  —

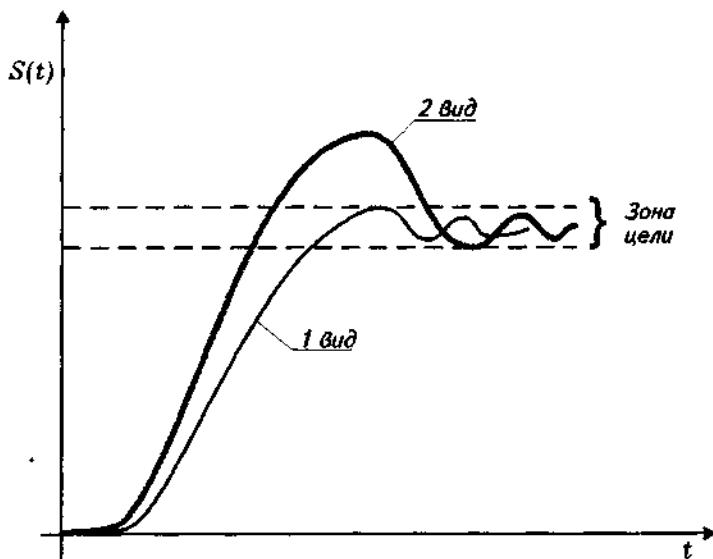


Рис. 15. Виды действия.

время удержания максимальной скорости;  $T_{\text{торм}}$  — время тормозной части скоростной кривой, т.е. время снижения скорости от максимальных значений до момента, когда скорость первый раз падала до 0;  $T_{\text{к-к.}}$  — время контроля и коррекций;  $F_{\text{max}}$  — максимальная скорость;  $\Delta k$  — средняя ошибка за 100 мс до окончания движения;  $\Delta V_0$  — ошибка при переходе тормозной стадии в стадию контроля и коррекций;  $S_p$  — путь, пройденный за время разгона;  $S_t$  — путь, пройденный к моменту начала тормозной стадии. Для всех анализируемых параметров вычислялись средние значения и среднеквадратический разброс. Большое число регистрируемых параметров понадобилось для того, чтобы по их динамике в процессе освоения элементарного действия получить возможность судить не только о его внешних особенностях, но и об изменениях его внутренней организации или внутренних способов.

Полученные результаты позволили выделить два вида действий, различающихся способом вхождения в зону цели: первый — характеризуется практически точным попаданием в зону цели; второй — с перерегулировкой и последующим приходом в зону цели (рис. 15).

В течение всего экспериментального цикла преобладают действия 1-го вида, составляя 75% в начале обучения, а в конце — 85%. Следует отметить, что в начале обучения испытуемые в течение эксперимента переходят с одного вида на другой, то есть ищут наиболее оптимальный способ работы. По мере тренировки действия второго вида встречаются только в начале каждого эксперимента, т.е. в периоде врабатываемости.

Соотношение видов действий зависит от конкретных условий эксперимента. Так, например, введение неопределенности (контрольный эксперимент): добавление еще одной цели и введение 2-х направлений движения (вниз и вверх от центра экрана) привело к перераспределению процентного соотношения по видам действия следующим образом: 61% составили действия 1-го вида и 39% — действия 2-го вида. Эти данные достаточно интересны, поскольку внешний вид как бы репрезентирует внутренний способ осуществления действия, его внутреннюю организацию: чем стабильнее внешние условия, тем стабильнее и внутренние способы решения.

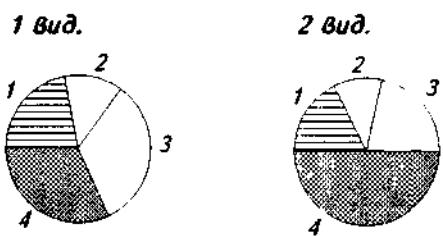
Результаты анализа показали, что изменение внутренней организации действия незначительно сказалось на времени его латентной стадии (табл. 1). Однако, при небольших абсолютных различиях отмечено стабильное для всех испытуемых и проб эксперимента увеличение латентного времени в действиях, относящихся к первому виду.

Детальный анализ структуры латентной стадии действия, проведенный А. Уэлфордом [304], показал, что она делится на ряд стадий, отличающихся друг от друга своей функциональной направленностью. Первая стадия состоит из зрительного процесса (40 мс) и процесса переработки информации о стимуле (75 мс); на второй стадии происходит выбор и организация моторного ответа, которая в свою очередь состоит из времени организации моторного ответа (75 мс) и времени биоэлектрической активности мышц (60 мс). Эти значения справедливы для стабильной экспериментальной ситуации и при ее нарушении могут измениться. Изменения эти могут отразиться на первой стадии, ответственной за переработку информации о стимуле, если меняется визуальная информация (количество сигналов, плотность, наличие шума, яркость и т.д.). Если изменения касаются самого характера движения (простое-сложное, однокоординатное или с участием нескольких составляющих, дискретное или следящее и т.д.), то они отражаются на стадии организации моторного ответа. Что же касается стадии, ответственной за биоэлектрическую активность, то время ее практически постоянно, равно 60 мс и не зависит ни от внешних раздражителей, ни от характера будущего движения [84].

Таблица 1.

Изменение значений регистрируемых параметров в зависимости от вида движения (средние данные и значение среднеквадратического разброса).

### Виды действия



#### Стадии действия:

- 1- латентная;
- 2, 3- реализации:
- 2- фаза разгона,
- 3- фаза торможения;
- 4- контроля и коррекции.

Рис. 16. Удельный вес компонентов целостного действия в зависимости от его вида.

Поскольку в данном исследовании внешние условия были одинаковы, поэтому естественно предположить, что уменьшение латентного времени связано с уменьшением времени стадии организации моторного ответа. Вследствие чего ошибка планирования моторной стадии действия выражалась в увеличении максимальной скорости осуществления действий второго вида. Корреляционный анализ выявил слабую отрицательную зависимость между величиной латентной стадии и ошибкой в конце тормозной стадии в действиях второго вида. По абсолютным данным она в 1,5 раза выше ошибки, допущенной при совершении действий первого вида.

Анализ удельного веса каждой стадии в целостном действии показал, что вес латентной стадии в действиях 1-го вида составил 21,9%, а 2-го— 17,7%. Это свидетельствует о том, что чем больше удельный вес латентной стадии в целостном действии, тем совершеннее осуществляемое действие (рис. 16).

При уменьшении амплитуды перемещения с 30 см до 4 см (контрольный эксперимент) увеличиваются абсолютные и относительные значения латентной стадии действия. Возможно, для малоамплитуд-

ных движениях программа организации ответа должна быть более детальной. Подтверждением этого служат показатели доли разгона в целостном действии, которые составляют 0,40 для движения на 4 см и 0,28 для движения на 30 см. Кроме того, при перемещении на 30 см к концу фазы разгона преодолевается 1/3 всего пути, а при перемещении на 4 см — почти половина пути. Это говорит о том, что чем меньше амплитуда перемещения, тем больший участок проходит рука по программе, организованной в латентной стадии действия.

Увеличение максимальной скорости ( $V_{max}$ ) в действиях второго вида почти в 1,5 раза в сравнении с первым практически не сказалось на времени фазы разгона, впрочем, эта величина вообще не зависит от вида действия. Относительную стабильность этой фазы в различных видах характеризует и ее удельный вес в целостном действии. Эти данные об относительной стабильности времени фазы разгона ( $TV_p$ ) при изменении скорости осуществления действия дают основания предположить, что в стадии организации моторного ответа задаются скоростные характеристики предстоящего действия при практически неизменном временном кванте. Что касается показателя ( $Sp$ ), выражающего часть пути, пройденного по программе, то его значения при переходе от действий первого рода ко второму возрастают почти в 1,4 раза.

Существенные изменения при смене внутреннего способа организации действия как в абсолютных, так и в относительных значениях наблюдаются в завершающей стадии реализации фазе торможения, ответственной за осуществление текущих коррекций. В действиях второго вида время фазы торможения меньше чем в действиях первого вида. Это ведет к снижению более чем в 1,5 раза точности в конце тормозной фазы ( $\Delta vo$ ). Из-за программирования слишком высокой скорости управляемый индекс пролетает зону цели и для того, чтобы как можно быстрее вновь попасть в нее, более чем в 1,5 раза сокращается время фазы торможения. Это приводит к тому, что текущие коррекционные процессы не успевают полностью осуществиться, что вызывает увеличение ошибки. (Корреляционный анализ свидетельствует об отрицательной зависимости между временем тормозной фазы и ошибкой в конце этой стадии на уровне значимости  $P=0,02$ ).

Для точного совмещения управляемого индекса с целью ошибку необходимо нивелировать, что происходит за счет коррекционных движений в стадии контроля и коррекций. Анализ абсолютных и относительных значений этой стадии показывает, что за время ее осуществления нивелируются ошибки, допущенные в конце тормозной фазы и чем больше эта ошибка и соответственно, меньше время фазы торможения, тем больше времени необходимо для конечной

коррекции. В действиях первого вида точность в конце тормозной фазы ниже точности, достигаемой в конце стадии контроля и коррекции. Значит действия текущих коррекций в тормозной фазе стадии реализации недостаточно для точного попадания в зону цели. Нивелирование ошибки происходит в стадии контроля и коррекций, длительность которой почти в 1,5 раза выше фазы торможения. При этом ошибка уменьшается более чем в 3 раза. В действиях второго вида, по сравнению с первым, время тормозной фазы значительно меньше, что вызывает увеличение ошибки. Для ее нивелирования требуется увеличение времени стадии контроля и коррекции более чем в 1,8 раза.

Соотношение удельного веса выделенных стадий действия (см. рис. 16) показывает, что при переходе от 1-го ко 2-му виду увеличивается вклад стадии контроля и коррекций в общую структуру действия и уменьшается вклад всех других компонентов, а именно: латентной стадии, фазы разгона, удержания максимальной скорости и торможения. Отсюда можно сделать вывод, во-первых, об избирательности реагирования компонентов целостного действия на изменения внутреннего способа организации действия и, во-вторых, об обмене временем и функциями между компонентами целостного двигательного акта.

Применение микроструктурного анализа в сочетании с исследованием точностных и скоростных характеристик в исследовании процесса дискретного слежения обогащает наши представления о существе этих процессов. Результаты исследования дают основания для разделения действий на виды, отличающиеся по своим точностным характеристикам, которые теснейшим образом связаны с их структурной организацией.

Основные различия в структуре действия в зависимости от внутреннего способа его организации относятся к тормозной фазе стадии реализации и стадии контроля и коррекций. Увеличение скорости осуществления действия вызывает сокращение фазы торможения и увеличение стадии контроля и коррекций. Коррекционные процессы из тормозной фазы как бы перемещаются в стадию контроля и коррекций. Подобная структура действия характеризуется практически отсутствием текущих коррекций и увеличением коррекционных движений на завершающем этапе действия. Действия, совершаемые с высокой скоростью, теряют не только в точности управления, но и во времени выполнения целостного действия за счет значительного увеличения времени стадии контроля и коррекций. Таким образом, инициируемое в стадии организации моторной программы действия характеризуется по-разному организованной структурой, между

компонентами которой происходит не только обмен временем, но и обмен функциями.

На основании данных об обмене временем и функциями в однотипных действиях можно уточнить понятие сформированного навыка. Выработанный навык не автоматизированная система с жестко заданным алгоритмом поведения, а динамическая система, компоненты которой подвижны, трансформируются один в другой в зависимости как от внешних, так и от внутренних условий осуществления действия. В застывшей, окостеневшей системе, невозможно обнаружить такие различия в поведении микрокомпонентов, определяемых видом действия и внутренним законом его развития.

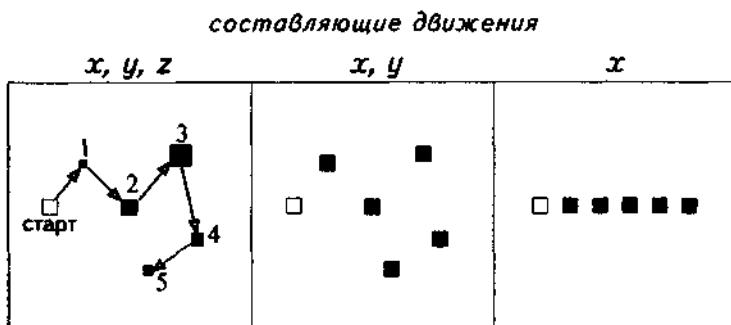
Резюмируя сказанное, можно утверждать, что структура простого сенсомоторного действия чрезвычайно лабильна, зависит от внутренних и внешних условий, способна на внутренние перестройки и трансформации не только временные, но и функциональные. Из практических рекомендаций следует указать на то, что действия, совершаемые с более высокой скоростью (вид 2), теряют не только в точности управления, но, что кажется парадоксальным, и во времени выполнения целостного действия, за счет значительного увеличения времени стадии контроля и коррекций, функционирование которой направлено на нивелирование ошибки, возникшей из-за слишком высокой скорости выполнения собственно моторной части действия.

### Раздел 3. Формирование пространственных, серийных, одиночных и экстренных действий

Исполнительные действия являются неотъемлемой частью любой трудовой деятельности. В зависимости от ее характера и структуры они меняют свои функции, приобретая то доминирующую, то вспомогательную, сопутствующую основной деятельности роль. Поэтому и характеристики действий могут быть различными: от реактивных простейших движений до сложнейших пространственных и смысловых действий. В реальной операторской деятельности, в которой исполнительные действия выступают как основа деятельности, нередки ситуации, когда в течение короткого времени необходимо последовательно совершать простые одиночные действия и сложные пространственные, когда требуется быстро перейти от регулярных серийных действий к действиям нерегулярным, где постоянно чередуются простые и сложные операции, когда на фоне выполнения привычной стабильности экстренно возникает необходимость реагировать на новый неожиданно появившийся сигнал. В связи с этим необходима лабораторная имитация подобного рода деятельности. С ее помощью анализируется и устанавливается порядок формирования и способы регуляции инструментальных сенсомоторных действий, выявляются возможности работы в нестандартных и экстренных ситуациях и делаются заключения о качестве исследуемых действий. Продемонстрируем примеры таких исследований.

#### **4.3.1. Сравнительный анализ формирования инструментального действия в стабильных и динамических условиях**

Объектом исследования Н.Д. Гордеевой и Е.Б. Сироткиной было пространственное действие, совершаемое либо в стабильных, либо в динамических условиях [46]. Стабильными считались условия, когда испытуемому в течение всего экспериментального цикла предъявлялся один и тот же маршрут, состоящий из 3-х целей, движение к которым требовало участия трех (XYZ) составляющих пространственного действия. Динамическими, когда испытуемым предъявлялся тестовый материал, состоящий из 15 матриц, различающихся количеством целей в маршруте (от одного до пяти) и количеством пространственных составляющих (движение только по X, движение по XY или движение по XYZ), участвующих в осуществлении действия (рис. 17). Исследование проводилось на экспериментальном стенде, описанном в главе 3. Матрицы в эксперименте предъявлялись на экране индикатора в случайном порядке с помощью ЭВМ, используемой для управления экспериментом и обработки полученных результатов. Переменными выступали количество матриц, количество целей в каждой матрице, условия предъявления матриц и степень пространственности исследуемого действия. Испытуемый с помощью трехстепенного органа управления должен был перемещать по экрану индикатора управляемый индекс, одновременно изменения его по



**Рис. 17. Образцы тестовых матриц (приведен пример матрицы, состоящей из пяти элементов).**

положению и величине. Ручка управления служила датчиком перемещения руки в пространстве в трех измерениях: по X (право-лево), Y (верх-низ), по Z (от себя - к себе). Задача испытуемого состояла в точном совмещении управляемого индекса с целями маршрута. Использовался микроструктурный метод регистрации и анализа временных и пространственных характеристик каждой стадии действия по каждой участвующей в действии пространственной координате.

Макроанализ результатов в стабильных условиях выявил, что кривая общего времени близка к экспоненте, время перехода на один элемент матрицы в течение первого эксперимента сократилось в 4,5 раза. Далее прогресс в обучении вплоть до последнего эксперимента выразился в 0,5-0,3 с. В динамических условиях при работе с той же матрицей время перехода на один элемент матрицы в течение первого эксперимента уменьшилось всего на 0,6 с. И во всех последующих экспериментах прогресс в обучении внутри одного экспериментального сеанса был незначителен. Общее время от первого к последнему эксперименту уменьшилось в 2,7 раза.

Анализ результатов, полученных в динамических условиях, показал, что в наиболее простых матрицах при совершении движения только по одной составляющей (X) время перехода в среднем на один элемент в маршрутах, состоящих из 5-ти, 4-х и 3-х элементов примерно одинаково; в маршруте, состоящем из 2-х элементов, оно несколько больше и значительно увеличивается в маршруте, состоящем из 1 элемента. В более сложных маршрутах с участием 2-х составляющих (XY) движения картина примерно такая же, но увеличение времени на один элемент от 5-и до 1 -элементной матрицы идет более плавно (исключение составляет первый эксперимент). И, наконец, в маршрутах с участием 3-х составляющих (XYZ) характер кривой общего времени научения принимает U-образный вид, т.е. в 5-ти и 1-элементных маршрутах общее время в среднем на один элемент приблизительно одинаково и значимо больше, чем при движении по 3-х элементному маршруту.

Анализ данных позволяет высказать некоторые соображения о возможной загрузке средств отображения информации (СОИ). Во всех выделенных группах наибольшее время требуется на выполнение действия в маршруте, состоящем из одного элемента (напомним, что он предъявлялся в случайном порядке между более сложными матрицами). Это указывает на то, что при малой загрузке СОИ происходит мгновенная перестройка на более медленный темп работы. Скорость обработки информации падает и при перегрузке СОИ. Так, время, затрачиваемое на один переход в 5-ти элементном маршруте при участии 3-х составляющих движения, выше времени, затрачиваемого на один переход в 3-х элементном маршруте. То есть,

трехэлементный маршрут при участии 3-х составляющих (XYZ) пространственного движения оказался оптимальным с точки зрения оперативности обработки и обслуживания. В маршрутах меньшей сложности, т.е. при движении по XY и по X, чтобы найти оптимум, необходимо было увеличить количество элементов, так как время в 5-ти, 4-х и 3-х элементных маршрутах было примерно одинаково. Это свидетельствует о том, что в разных ситуациях оптимум может изменяться, сдвигаясь в ту или другую сторону.

Обратимся к микроанализу результатов с тем, чтобы вскрыть структуру целостного действия, проследить становление и соотношение выделенных стадий в процессе выработки навыка в различных условиях его протекания. Микроанализ показывает, что при освоении действия имеется достаточно сложная динамика взаимоотношений между стадиями целостного действия. Наиболее полно динамика формирования сложных пространственных действий раскрывается при одновременной регистрации движений руки и глаз [45].

Сравнительный анализ этих движений на разных этапах овладения навыком позволил выявить общие закономерности изменения исследуемых параметров: во-первых, по мере овладения двигательным навыком сокращается как общее время выполнения, так и длительность каждой выделенной стадии целостного действия. Соответственно, сокращается продолжительность периода глазодвигательной активности. Во-вторых, время латентной стадии действия прямо пропорционально сложности маршрута движения. В-третьих, при прохождении любого маршрута движения в матрицах любой сложности латентная стадия при переходе от стартовой позиции к первой цели маршрута в 1,5-2,5 раза превышает время латентной стадии перехода на любую другую цель маршрута. Эта разница тем больше, чем сложнее маршрут движения. В-четвертых, общая последовательность включения фаз движения руки и глаз всегда одна: после подачи сигнала регистрируется латентный период движений руки и глаз, который сменяется сначала периодом глазодвигательной активности, затем начинается движение руки к цели. В-пятых, период глазодвигательной активности, предшествующий движению руки тем больше, чем сложнее маршрут движения. В-шестых, ориентировочно-исследовательские поступательно-возвратные скачки глаз наблюдаются только во время латентной стадии движения руки. В-седьмых, по мере овладения навыком происходит трансформация движений глаз, афферентирующих движение руки: из прослеживающихся они превращаются в скачки, опережающие движения руки.

Общая характеристика глазодвигательного поведения в процессе выработки навыка такова. На начальных этапах обучения во время латентной стадии движения руки при переходе от одной цели к дру-

гой наблюдается большое количество (до 6-8) скачков глаз, пересекающих тестовую матрицу (рис. 18А). Эти движения относятся к поступательно возвратному типу. На стадии реализации наблюдаются афферентные прослеживающие движения глаз, сопровождающие исполнительные действия руки. По мере выработки навыка постепенно сокращается число поступательно-возвратных движений глаз, они сохраняются лишь во время латентной стадии первого перехода. Этому соответствует и сокращение времени латентных стадий при движении к каждой следующей цели; в меньшей степени сокращается первый латентный период. Поступательно-возвратные скачки глаз трансформируются в поступательные, непосредственно предшествующие исполнительному действию (рис. 18Б). При хорошо сформированном навыке дифферентные прослеживающие движения глаз трансформируются в движения, опережающие исполнительное действие. После опережающего скачка глаз фиксирует цель до совмещения управляемого индекса с целью (рис. 18В).

Это характерно для формирования навыка в любой ситуации, но в зависимости от сложности условий этапы формирования могут либо удлиняться, либо сокращаться, точно также по разному будут изменяться и стадии действия. Так в стабильных и динамических условиях обнаружена четкая последовательность формирования выделенных стадий действия. Латентная стадия формируется быстрее других независимо от условий, хотя ее абсолютные значения в динамических условиях несколько выше. Темп сокращения времени стадии реализации в динамических условиях ниже темпа сокращения в стабильных условиях, но по абсолютным величинам характеристики этого компонента действия вполне соизмеримы. Скоростные показатели стадии реализации отличаются устойчивостью при прохождении различных траекторий и соизмеримы с данными, полученными в стабильных условиях. Все это свидетельствует о том, что различные условия предъявления информации (в исследованном диапазоне) мало сказались на характеристике стадии реализации,

Совсем иначе обстоит дело со стадией контроля и коррекций. В динамических условиях по сравнению со стабильными наблюдается наряду со значительно более низким темпом сокращения времени, существенная разница в абсолютных значениях. Они в 3-4 раза превышают время контроля и коррекций в стабильных условиях.

На первых этапах формирования нового действия границы между стадиями нечеткие, так как разброс между составляющими X,Y,Z<sup>^</sup> настолько велик, что создается впечатление как бы входления одной стадии в другую (см. рис. 12). В начале обучения доля "чистого времени" каждой стадии, т.е. времени, когда составляющие движения функционируют в терминах, присущих именно этой стадии дей-

Рис. 18А. Запись траектории движения глаз:

начальный этап формирования пространственного действия.

а - в XY-координатах на графострикеле (пунктир - ориентировочно-возвратные скачки глаз);  
б - временная развертка

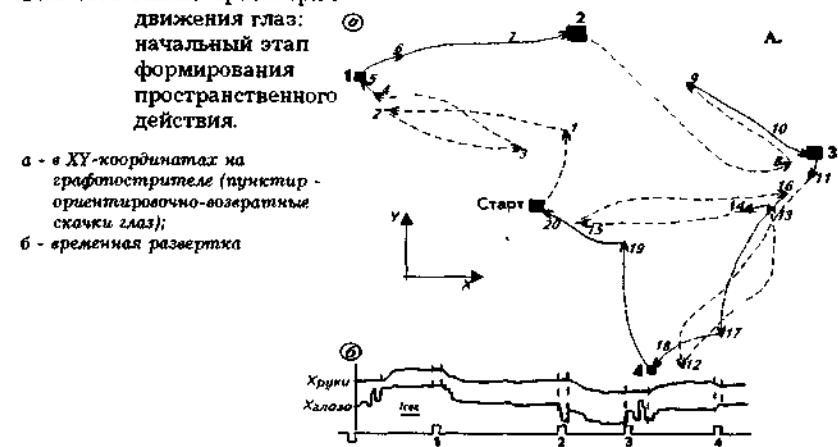


Рис. 18Б. Запись траектории движения глаз:  
этап интенсивного освоения действия.

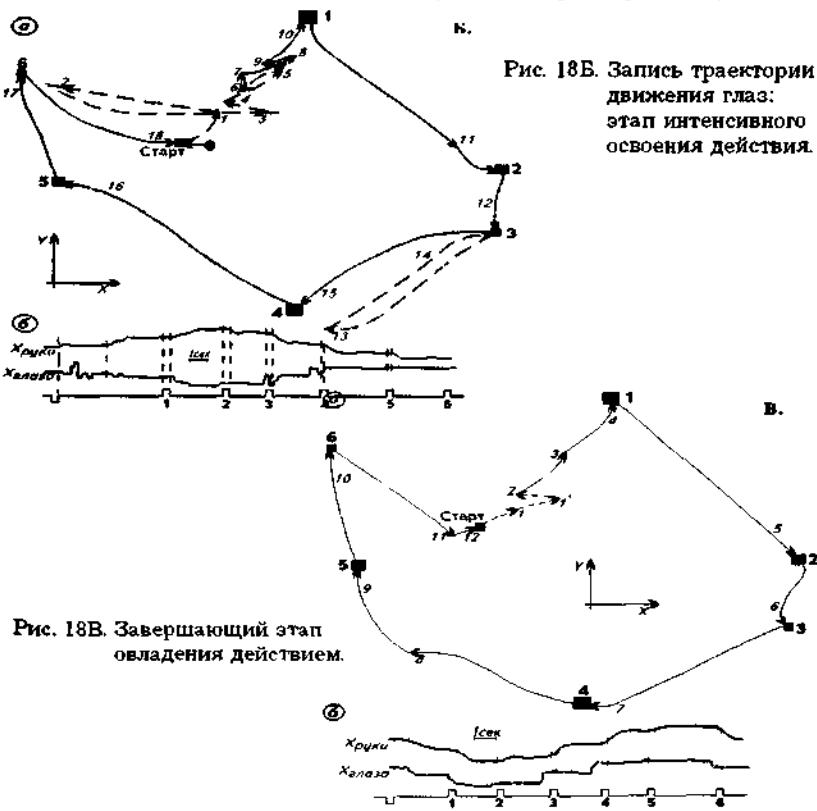


Рис. 18В. Завершающий этап овладения действием.

ствия, будь то планирование, реализация или контроль, мала. Эти данные подтверждают известный тезис о том, что чем менее развита структура, тем менее дифференцированы ее компоненты. Аморфность стадий и размытость границ между ними не мешают осуществлению исполнительного действия. Это возможно потому, что в промежутках между стадиями, достигающих на начальных этапах обучения значительных величин, параллельно осуществляются по отдельным координатам программирование и реализация; реализация и контроль. С этим связано и то, что на первых этапах обучения все стадии работают в терминах отдельных составляющих по X,Y,Z цепостного действия. По мере обучения происходит значительное уменьшение абсолютного времени каждой стадии и уменьшается разброс по координатам X,Y,Z. Наряду с этим увеличивается удельный вес "чистого" времени, приходящегося на каждую стадию, и уменьшается время стадий разброса  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ . На конечных этапах обучения сформированное действие приобретает черты дифференцированной функциональной структуры.

В динамических условиях обращает на себя внимание огромный удельный вес стадии контроля и коррекций, которая занимает более половины всего действия. На ее величину не влияет сложность осуществляемого действия, и она практически не меняется от эксперимента к эксперименту. На начальных этапах обучения в стабильных условиях доля стадии контроля и коррекций также занимает почти половину времени, но по мере совершенствования действия эта доля неуклонно снижается, составляя к концу формирования 20-25% от всего действия. На рис. 19 приведены данные изменения удельного веса стадий действия для 3-х элементной матрицы с участием трех составляющих движения в условиях статики и динамики.

Доля стадии реализации в динамических условиях по мере овладения действием возрастает примерно в 2 раза; в стабильных — в 2-2,5 раза. Однако по сравнению с динамическими условиями ее удельный вес оказывается значительно выше за счет минимизации стадии контроля и разброса как на границе с латентной стадией, так и на границе со стадией контроля.

Доля латентной стадии в начале формирования навыка, как в стабильных, так и в динамических условиях очень мала и составляет примерно 5% времени всего действия. По мере овладения действием доля этой стадии в стабильных условиях неуклонно возрастает, доходя к концу формирования до 20-25 %. В динамических условиях доля ее по мере освоения действия меняется очень незначительно и к концу обучения составляет примерно 10% времени.

Доля показателей разброса на границах латентной стадии и реализации ( $\Delta t_1$ ), реализации и контроля ( $\Delta t_2$ ) в динамических услови-

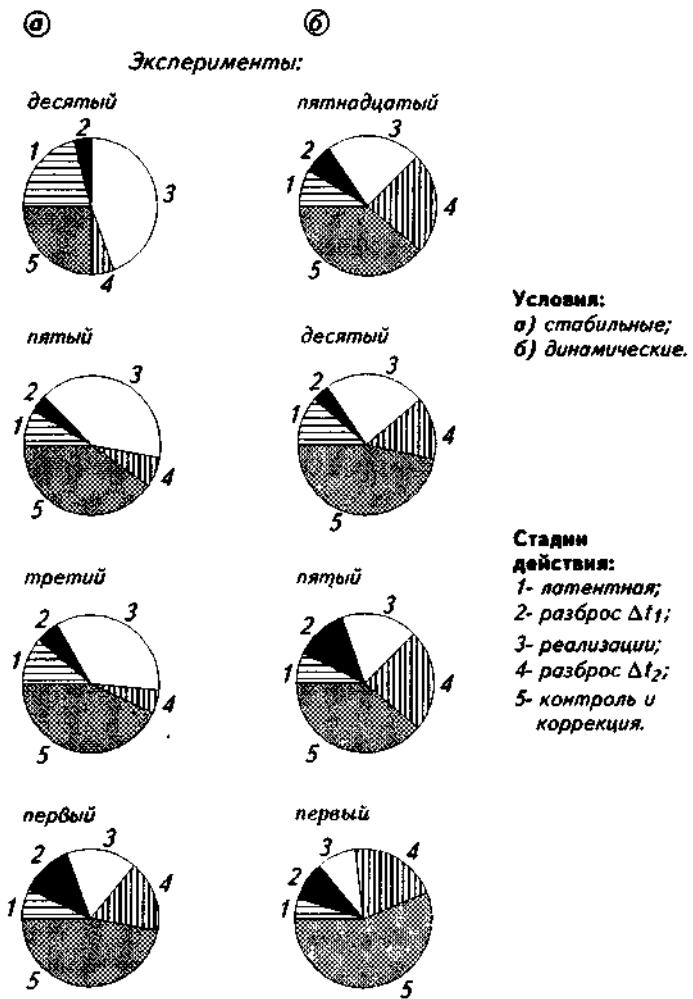


Рис. 19. Удельный вес компонентов целостного действия  
 (маршрут из трех элементов-целей).

ях в процессе выработки навыка практически не меняется, в стабильных условиях заметно их уменьшение примерно в два раза. Абсолютные значения показателей разброса в этих условиях по мере освоения действия уменьшаются в 3—4 раза, что сказывается в повышении пространственности, а следовательно, и качества действия. При сопоставлении  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  по абсолютным значениям и по удельному весу их в целостном действии видно увеличение этих показателей в 3—4 раза в динамических условиях по сравнению со стабильными, что свидетельствует о более низком качестве действия в меняющихся условиях.

Даже в хорошо освоенном действии разброс между составляющими продолжает существовать. Среди нескольких тысяч реализаций, осуществляющихся в динамических и стабильных условиях, не удалось найти ни одной пробы, где бы действие планировалось и реализовалось одновременно по всем составляющим пространственного действия. В большей мере это относится к поведению именно пространственной [Z] составляющей действия. Возникла гипотеза о том, что реализация по составляющим пространственного действия осуществляется с разной скоростью. Ее подтвердил анализ скорости пространственного действия при перемещении по диагонали куба, т.е. при перемещении по всем трем координатам на равное расстояние в 10 см. Максимальная скорость перемещения по координатам X и Y сопоставима и составляет 66 см/с и 57 см/с соответственно. Максимальная скорость перемещения по составляющей Z составила 17 см/с, что почти в 4 раза меньше скорости 2-х других составляющих движения.

Достаточно информативным показателем для сопоставления составляющих движения является анализ кривой скорости. Он дает представление о времени фаз разгона и торможения (см. рис. 11,14). Результаты показали, что доля фаз разгона и торможения по координатам X и Y практически одинакова и составляет 42% и 58% соответственно. Те же показатели по координате Z резко отличаются от первых и составляют: 12% — доля разгона и 88% — торможения. Это значит, что при движении по X и Y 2/5 пути занимает фаза разгона и 3/5 — фаза торможения. При движении по Z только 1/10 пути занимает фаза разгона и 9/10 фаза торможения.

Если проанализировать полученные данные в свете гипотезы о возможном объединении в одном двигательном акте двух типов регулирования: программного и афферентационного, то напрашивается вывод, что даже управление по составляющим движения в сложном пространственном действии происходит с превалированием разных типов регулирования: программным — для управления координатами X, Y и афферентационным — для управления пространствен-

ной составляющей  $Z$ . Если это так, то становится понятным значительная величина разброса  $\Delta t_2$  и то, что в динамических условиях доля ее выше в 3-4 раза, чем в стабильных, и не меняется в процессе тренировки, так как постоянная динамика условий не создает предпосылок к стабилизации действия. Сказанное еще раз подтверждает, что при прочих равных условиях внешние средства деятельности оказывают существенное влияние на состояние действия в целом и структуру его компонентов.

В традиции изучения двигательных навыков привлекает к себе внимание эффект "преобразования", то есть влияния на действие длительной, хронической тренировки. Происходит ли совершенствование каждого компонента структуры в отдельности и ее постепенное "застывание" или структура в целом продолжает жить и изменяться?

В исследованиях по формированию пространственного действия в стабильных условиях испытуемые с хорошо сформированным навыком длительное время выполняли действия за одинаковое время [85]. При этом стадия реализации занимала 50 %, а латентная стадия и стадия контроля и коррекций по 25 % времени целостного действия. При продолжении тренировки испытуемые неожиданно изменили способ работы, что привело к изменениям удельного веса компонентов в функциональной структуре действия: сократился удельный вес стадии контроля и коррекций и почти на 40% увеличилась доля латентной стадии, в то время как удельный вес стадии реализации почти не изменился. Общее время выполнения всего действия осталось неизменным. Это свидетельствует о том, что в стандартных условиях программа настолько хорошо была сформирована, что смогла управлять протеканием действия, почти не нуждаясь в конечном контроле. Иначе говоря, стандартные условия создают предпосылки для перераспределения времени и функций между стадиями действия, что в конечном счете приводит к более эффективному выполнению действия.

#### **4.3.2. Серийные действия: регуляция, взаимовлияние и взаимоотношения между когнитивными компонентами действия**

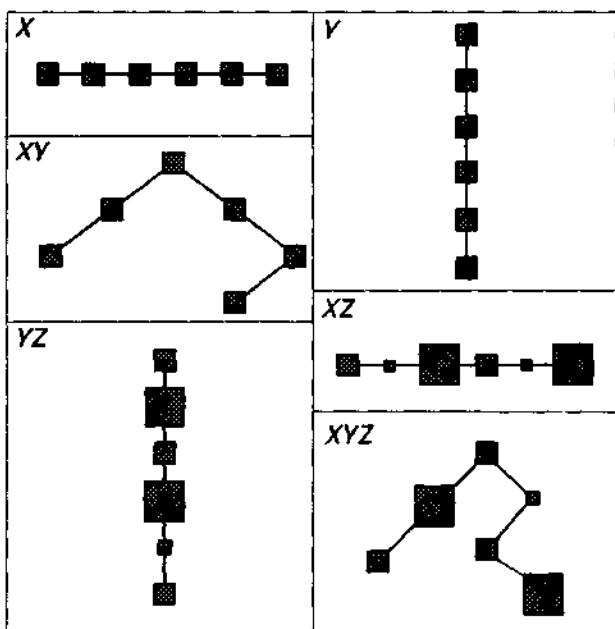
Задача исследования Н.Д. Гордеевой и И.В. Евсевичевой состояла в определении влияния по разному организованных внешних средств деятельности на способы управления последовательностью действий [43, 56, 59]. Объектом выступили сенсомоторные инструментальные действия разной степени сложности. Различия в сложности достигались организацией тестового материала, который представлял собой матрицы двух видов: регулярные и нерегулярные. В шести регуляр-

ных матрицах при переходе от одной цели к другой использовался один и тот же набор составляющих. Каждая матрица состояла из 5 элементов-целей для отработки которых совершались пять однотипных движений: только по X, только по Y, по XY, XZ, YZ, XYZ (рис. 20). Нерегулярная матрица состояла из 9 элементов-целей. В ней от цели к цели постоянно менялось число составляющих и их набор. Нерегулярная матрица предъявлялась испытуемым двумя способами: либо все цели предъявлялись одновременно, либо последовательно по одной. В последнем случае в каждый момент времени на экране было две цели: та, с которой испытуемый уже совместил управляемый индекс, и та, которую ему предстояло отработать. Последовательное предъявление элементов-целей нерегулярной матрицы выступило в качестве контрольной серии к двум основным сериям экспериментов. Переменными, таким образом, были сложность тестового материала, его организация в предъявляемых матрицах и способ предъявления тестового материала в регулярных матрицах. Во всех случаях задача испытуемых состояла в точном совмещении управляемого индекса с элементами предъявлявшихся матриц. Использовался микроструктурный метод регистрации и анализа временных характеристик стадий действия.

Движения разной степени сложности при работе с нерегулярными матрицами обрабатывались отдельно и сопоставлялись с соответствующими данными, полученными при работе с регулярными матрицами. Примененный методический прием позволил изучить изменение характеристик компонентов целостного действия в зависимости от объективной сложности решаемой задачи, выражавшейся в числе степеней свободы, которые необходимо было преодолеть испытуемому для достижения цели. Специальная организация последовательности элементов в нерегулярной матрице позволила изучить изменение тех же характеристик в зависимости от степени сложности предыдущего и предстоящего действия. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, описанном в третьей главе.

Макроанализ результатов, полученных при работе с регулярными матрицами, дал основание для разделения изучаемых действий по времени их выполнения на две группы: легковыполнимые (X, Y, XY) и трудновыполнимые (XZ, YZ, XYZ). В регулярных матрицах время, необходимое для отработки легковыполнимых действий, в 1,9 раза меньше времени, требуемого для трудновыполнимых (рис. 21). В нерегулярной матрице время осуществления легковыполнимых действий в 1,4 раза выше, чем в регулярных матрицах, а на осуществление трудновыполнимых действий, напротив, требуется в 1,3 раз меньше времени, чем в регулярных матрицах. Различия между легко

⑤



⑥

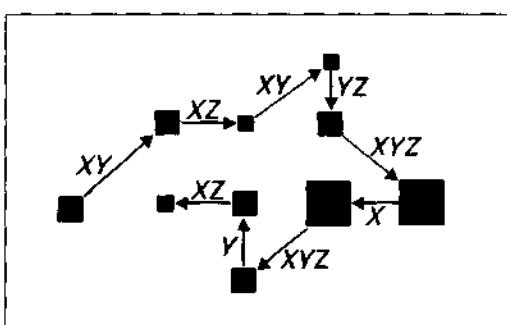


Рис. 20. Образцы матриц: а) регулярные; б) нерегулярная.

и трудновыполнимыми действиями в нерегулярной матрице практически отсутствуют.

Наибольшее время получено в контрольной серии при одиночном предъявлении элементов-целей нерегулярной матрицы, что не является неожиданным. Такие же результаты были получены при работе в стабильных и динамических условиях, обсуждение которых приведено выше. Такой эффект можно назвать эффектом одиночной цели. Он дает испытуемому большую свободу в выборе режима обслуживания. Здесь мы имеем дело с автотемпом в чистом виде. Любое увеличение числа целей приводит к деформации автотемпа в сторону его ускорения. Более сложно объяснить, почему при работе с нерегулярной матрицей происходит перераспределение общего времени между легко и трудновыполнимыми действиями.

Оказалось, что компоненты целостного действия избирательно реагируют как на изменение сложности, так и на способ организации тестового материала. Данные микроанализа свидетельствуют об избирательной чувствительности стадий действия к сложности задачи (см. рис. 21).

Колебания латентного времени в группе легковыполнимых действий типа X, Y, XY составляет порядка 80 мс, наименьшее время зарегистрировано при выполнении действий по вертикали. Добавление пространственной составляющей увеличивает колебания латентного времени до 100 мс в группе трудновыполнимых действий типа XZ, YZ, XYZ. Абсолютные значения латентного времени пространственного действия увеличились в 1,3 раза по сравнению с плоскостным, в 1,4 раза по сравнению с горизонтальными и в 1,8 раза по сравнению с вертикальными движениями. Абсолютные значения латентного времени почти не отличаются при работе с регулярными и нерегулярными матрицами, колебания наблюдаются в пределах 50 мс, кроме трехкоррдинатного действия, где время уменьшилось на 75-125 мс. При одиночных предъявлениях элементов нерегулярной матрицы наблюдается значительное сокращение (в 1,5 раза) латентного времени как при легко, так и при трудновыполнимых действиях.

Время стадии реализации в регулярных матрицах более чувствительно к изменению сложности- при переходе от легко к трудновыполнимым действиям в регулярных матрицах оно увеличилось в 1,75 раза. В нерегулярных матрицах эти различия практически стерты за счет того, что время, требуемое для выполнения легковыполнимых действий, увеличилось в сравнении с теми же действиями в регулярных матрицах в 1,4 раза, а время трудновыполнимых действий во всех типах матриц почти одинаково

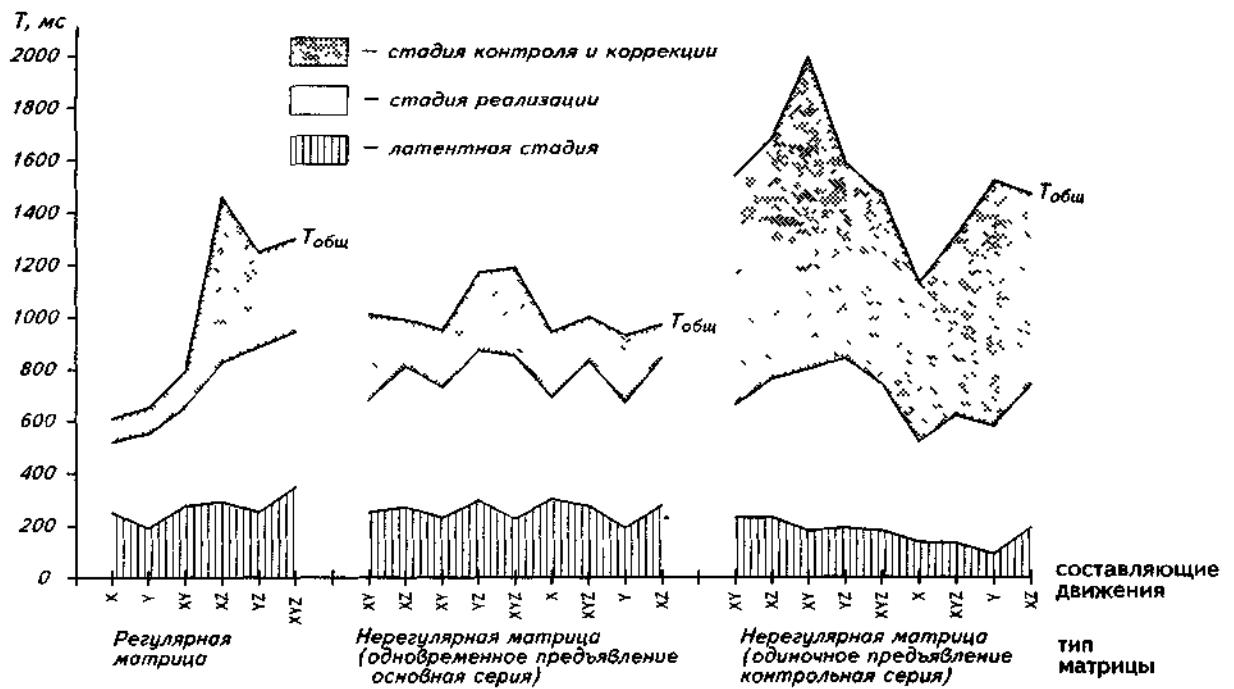


Рис 21 Зависимость общего времени и по стадиям действия от сложности совершаемого действия при работе с матрицами разного типа

Время стадии контроля и коррекций при работе с регулярной матрицей для трудновыполнимых действий в 4 раза выше, чем для легковыполнимых. В нерегулярной матрице различия практически отсутствуют, при этом в сравнении с регулярной матрицей получен казалось бы парадоксальный результат: время контроля и коррекций для легковыполнимых действий возросло в 2,4 раза, а для трудновыполнимых уменьшилось в 2 раза. Значения времени контроля и коррекций при одиночном предъявлении целей в нерегулярной матрице оказались наибольшими: для легковыполнимых действий оно в 9 раз выше значений, полученных при работе с регулярными матрицами, и в 3,4 раза выше при одновременном предъявлении элементов нерегулярной матрицы; для трудновыполнимых действий эти значения возросли соответственно в 1,7 и 3,4 раза.

Приведенные данные о соотношении стадий действия при работе с регулярной матрицей свидетельствуют об их разной чувствительности к усложнению действия. В латентной стадии различия между легко и трудновыполнимыми действиями выражены наиболее слабо; в стадии контроля и коррекций наиболее сильно. Можно предположить, что для осуществления более сложного действия требуется либо большее время программирования при одинаковом с легковыполнимым действием временем реализации и контроля, либо большее время реализации и контроля при одинаковом времени программирования. В первом случае увеличение латентного времени позволило бы создать более подробную программу будущего движения с учетом его сложности. Во втором — менее детальное программирование потребовало бы больше времени для внесения изменений по ходу реализации и для оценки правильности схематично построенной в латентной стадии программы движения. Полученные результаты говорят о том, что первый способ выполнения трудного действия неэффективен, так как сложность движения не позволяет сформировать детальную, четкую программу до его осуществления, поэтому по ходу реализации, а также в стадии контроля и коррекций вносятся соответствующие поправки.

Вторая задача исследования состояла в том, чтобы проследить изменение характеристик компонентов актуального действия в зависимости от только что совершенного и предстоящего действий. Необходимые для этого данные были получены при работе испытуемых с нерегулярной матрицей, которая была построена таким образом, что в ней легкие переходы чередовались с трудными. Сопоставление стадий действия при работе с регулярными и нерегулярными матрицами показало, что наиболее существенные изменения претерпевает стадия контроля и коррекции. Время этой стадии в нерегулярной

матрице для легковыполнимых действий колеблется в пределах 220-330 мс, а для трудновыполнимых от 130 до 340 мс.

Казалось, что результаты этого исследования ставят под сомнение сделанный ранее вывод о прямой зависимости контролирующей стадии от сложности совершаемого движения. Ведь испытуемые и при работе с нерегулярными матрицами совершали действия той же степени сложности, что и при работе с регулярными матрицами, но объединенные в последовательность чередования простых и сложных. Действия разной сложности, выполняемые последовательно в пространстве и времени, должны были бы сохранить черты,ственные им в ситуации регулярности. Однако результаты экспериментов с нерегулярной матрицей свидетельствуют об отсутствии зависимости между временем контроля и сложностью совершаемого действия. Следовательно, некоторая извне заданная последовательность разносложных действий влияет на каждое из них и на характеристики их компонентов. Объяснение этому будет дано ниже.

В исследовании [40] было рассмотрено решение сложной двигательной задачи, включающей в себя семейство пространственных действий. Предъявлялись маршруты разной величины от 1 до 9 элементов и разной сложности: пространственные действия с участием трех составляющих (XYZ), плоскостные (XY), горизонтальные с участием одной (X) составляющей. На начальных этапах обучения испытуемые не могли построить единую программу (план) последовательности движения по маршруту в целом, поэтому каждое перемещение руки превращалось в отдельное, самостоятельное действие. Время латентных стадий при переходе к каждому последующему элементу матрицы было почти одинаковым. По мере выработки навыка отдельные дискретные действия превращались в цепь серийных действий, объединенных единой программой-планом перемещения по всему маршруту. Этому этапу соответствовало значительное увеличение времени латентной стадии первого перехода по сравнению со всеми последующими. Чем сложнее маршрут движения и чем больше его протяженность, тем выше эта разница. Кроме того, в маршрутах, состоящих из девяти элементов, помимо резкого увеличения времени программирования первого перехода наблюдается незначительное скачкообразное увеличение времени программирования внутри последовательности действий. Мы предположили, что скачкообразное увеличение времени программирования внутри маршрута движения связано с тем, что программа последовательности действий достраивается по ходу выполнения. Для проверки этого положения была увеличена длина маршрута до 12-ти, 15-ти и 18-ти элементов при неизменной сложности. Оказалось, что чем длин-

нее маршрут движения, тем больше всплесков увеличения времени латентных стадий внутри последовательности.

В маршруте из 12-ти элементов их три, в маршруте из 15-ти — пять, а в 18-ти элементном маршруте — 10 всплесков. Их наличие свидетельствует о том, что программа последовательности серийных действий большой протяженности полностью не может быть построена до начала движения (в первый латентный период), ее достройка и конкретизация происходит внутри маршрута движения и чем он сложнее, тем большее число раз достраивается, дорабатывается план и тем меньшее количество переходов он захватывает. Приведенные данные свидетельствуют о возможной совместимости высказанных в свое время Н.А. Бернштейном двух гипотез: гипотезы "гребенки" — планирования всего действия до начала движения, и гипотезы "цепочки" — достройки и конкретизации программы движения внутри последовательности действий [19].

Таким образом, можно выделить три возможных способа управления последовательностью действий: 1) программа последовательности строится во время латентного периода первого действия; 2) последовательность разбивается на группы, включающие несколько действий, и программа для группы строится во время латентного периода первого действия определенной группы; 3) программа каждого серийного действия строится отдельно во время его собственного латентного периода.

Вернемся к исследованию с разными типами матриц, а именно к анализу результатов контрольной серии экспериментов, в которой испытуемые работали с той же нерегулярной матрицей, но ее элементы предъявлялись последовательно. Результаты контрольной серии показали резкое возрастание времени стадии контроля и коррекций и уменьшение времени латентной стадии действия при сравнении как с регулярными, так и с нерегулярными матрицами (см. рис. 21). Сопоставляя результаты контрольной и основной серий, можно с уверенностью сказать, что каждый переход в нерегулярной матрице с одновременным предъявлением не мог отрабатываться как отдельное действие, изолированное от рядом стоящих, точнее, от предстоящих действий. Это означает, что ни один из перечисленных выше способов управления последовательностью действий не использовался испытуемыми при работе с нерегулярной матрицей в основной серии.

Испытуемые нашли другой, наиболее эффективный в данных условиях способ выполнения разносложных действий. Они объединяли их в пары, состоящие из легкого и следующего за ним трудного действия. Уменьшение общего времени выполнения трудного действия и абсолютного и относительного времени его когнитивных стадий

(по сравнению с аналогичным действием при работе с регулярной матрицей) обусловлены влиянием предыдущего легкого действия. Иначе говоря, легковыполнимые действия типа X, XY, Y облегчают выполнение трудных действий (XZ, YZ, XYZ). Можно предположить, что в период контроля легкого действия осуществляется не только непосредственная функция этой стадии, заключающаяся в оценке точности совмещения управляемого индекса с целью, но и планируется выполнение следующего за ним сложного действия. Это предположение подтверждается тем, что время контролирующей стадии легкого действия в нерегулярной матрице значительно выше времени этой стадии в соответствующей регулярной матрице. При сравнении же компонентов действия равных по сложности переходов YZ-XYZ (один такой переход в матрице был) практически никакого различия с данными, полученными при работе с регулярными матрицами, обнаружено не было.

Если справедливо предположение о начале программирования сложного действия в период стадии контроля простого, то естественно, что это приводит к увеличению времени программирования в целом и способствует созданию более четкой программы реализации сложного действия. Соответственно, хорошо спланированному действию требуется меньше времени для контроля за адекватностью построенной программы ее реализации. Видимо, это и объясняет уменьшение абсолютного и относительного времени стадии контроля трудновыполнимых переходов при работе с нерегулярной матрицей.

Полученные данные можно интерпретировать как проявление эффекта полезной когнитивной антиципации, которая включает в себя зрительную и премоторную антиципацию, ответственную за организацию будущего движения [2]. Функция когнитивной антиципации заключается в облегчении протекания сложного действия. В нашем исследовании обнаружена временная, а не пространственная антиципация, так как пространственное положение стимула известно испытуемым и предсказывать место его появления нет необходимости, а "опередить" время чрезвычайно важно для успешного осуществления трудновыполнимого действия.

Выше шла речь о том, что при формировании действия происходит перераспределение времени между его компонентами, но возможен не только обмен временем, но и обмен функциями между ними. Здесь мы столкнулись с новым фактом, который состоит в слиянии соседних действий, во взаимопроникновении их структур, которое происходит на фоне растущей дифференциации структуры каждого отдельного действия. С нашей точки зрения полученный факт имеет принципиальное значение, ибо на его основе возможно объяснение того, как из отдельных изолированных действий строится непрерыв-

ная деятельность. Следующее действие уже как бы предсуществует в ткани предыдущего. Оба они становятся трудновыделимыми элементами деятельности. Для их разделения требуются сложные экспериментальные процедуры, о которых речь пойдет в дальнейшем. Сейчас нам важно подчеркнуть, что полученный факт уточняет представления о механизмах управления последовательностью действий. Дело не только в оппозиции "цепочка-гребенка". Даже если мы принимаем механизм "гребенки", когда ряд действий нанизан на одну программу, это все равно не объясняет незаметности перехода от действия к действию. Механизм "гребенки" должен быть дополнен механизмом взаимопроникновения структур соседних действий. Сделаем некоторые общие заключения. Основной переменной в тестовом материале была объективная сложность, выражавшаяся в числе степеней свободы, которые необходимо преодолеть для достижения цели каждого отдельного действия. Результаты свидетельствуют о том, что далеко не во всех случаях имеется совпадение объективной и субъективной сложности. Имеются предпочтительные с точки зрения легкости выполнения действия (координаты и их сочетания). Полученные различия не только достоверны, но и весьма выразительны. Они свидетельствуют о том, что не только действие в целом, но и все его компоненты чувствительны к вариациям условий выполнения действия. Имеются основания предполагать, что испытуемые тонко реагировали и настраивались не только на очередной элемент матрицы, но и на все пространственное поле, состоящее из этих элементов. Происходила предварительная настройка на сложность выполнения всей цепи последующих действий, поэтому их выполнение было достаточно устойчивым. Различия в пространственном поле отражались на характеристиках компонентов целостного действия и на взаимоотношениях между соседними действиями.

#### **4.3.3. Экстремные действия: особенности организации и регуляции**

Задача исследования Н.Д. Гордеевой и Е.Б. Сироткиной состояла в анализе функциональной структуры экстренного действия, в ответ на введение новой цели на фоне выполнения привычной деятельностии дискретного отслеживания элементов матрицы [48]. Исследование проводилось на стенде, описанном в третьей главе.

Объектом исследования было инструментальное сенсомоторное действие разной степени сложности в ситуации экстренного реагирования на неожиданно появившуюся новую цель. Тестовым материалом служили матрицы двух типов сложности: в первом случае три цели, расположенные в плоскости экрана, были одинакового разме-

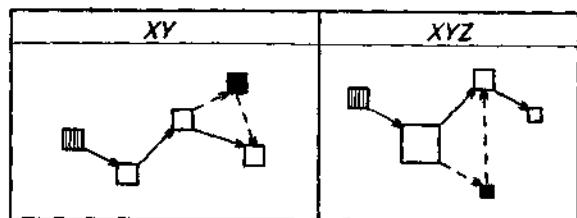


Рис. 22. Образцы тестовых матриц:  
старт - заштрихованный квадрат; основная  
цель - белый квадрат; экстренная цель -  
черный квадрат.

ра; во втором — 3-х разных размеров. Сложность матриц диктовала разную сложность движений. В первом случае — это плоскостные действия с участием 2-х составляющих (XY), а во втором — пространственные действия с участием 3-х составляющих (XYZ). Перемещение к экстренной цели также требовало участия или двух (XY) или трех (XYZ) составляющих движения (рис. 22). Экстренная цель предъявлялась через 100 мс после отработки первой или второй цели в случайном порядке в 50% случаев в течение эксперимента. В остальных случаях предъявлялись точно такие же фоновые матрицы, но без экстренной цели.

Переменными были: матрицы двух видов сложности, место появления экстренной цели и степень пространственности экстренного действия. В задачу испытуемых входило точное совмещение управляемого индекса с целями предъявленной матрицы. В случае появления экстренной цели, инструкция требовала прекращения обслуживания целей основной программы и быстрого и точного совмещения управляемого индекса с новой целью. Затем нужно было продолжать прерванный маршрут. Все испытуемые имели прочный навык точного дискретного слежения. Использовался микроструктурный метод регистрации и анализа временных характеристик стадий действия и составляющих движения (см. рис. 11 и 12).

При анализе движения к экстренной цели выделялось  $T_{\text{ср}}$  — время формирования программы (время реакции) перемещения к экстренной цели. Оно состоит либо только из  $T_{\text{л1}}$  — времени от момента предъявления экстренной цели до начала движения к ней (рис. 23а); либо из  $T_{\text{л1}} + T_{\text{фин}}$ , то есть латентного времени и времени фазы инерционности — времени движения по инерции в направлении це-

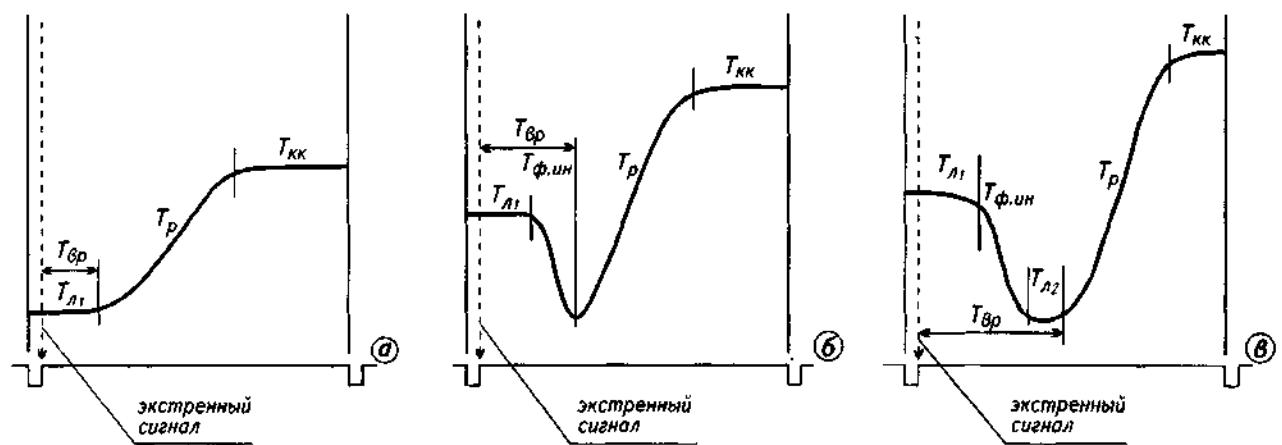


Рис. 23. Схема выделения программирующей стадии экстренного действия.

Таблица 2.

Средние значения показателей фоновых и экстренных действий разной сложности.

Характеристика действия		Длительность стадий действия, с			
Степень сложности	Вид	Тобщ	Тл	ТР	ТКК
XV	Фоновое	1.93	0.22	0.62	1.09
	Экстренное	2.10	0.48	0.72	0.90
XYZ	Фоновое	2.02	0.28	0.82	0.92
	Экстренное	2.44	0.57	1.07	0.80

ли основного маршрута до изменения направления в сторону экстренной цели (рис. 23б); либо из  $T_{л1} + T_{фин} + T_{л2}$ , то есть суммы первого латентного времени, фазы инерционности и второго латентного времени — времени остановки перед началом движения к экстренной цели (рис. 23в). Анализировалось также время реализации, контроля и коррекций, показателей разброса и скорость по составляющим X, Y, Z движения.

Результаты анализа функциональной структуры экстренного действия свидетельствуют о том, что стадии действия избирательно реагируют на неожиданный сигнал (табл. 2). Наибольшие изменения отмечены в латентной стадии экстренных действий любой сложности, выражющиеся в увеличении времени этой стадии в сравнении с фоновым действием в 2 раза.

Представляет интерес не только факт увеличения времени реакции экстренного действия, а те изменения в его структуре, которые вызвали это увеличение. Именно эти соображения послужили основанием для проведения более дробного покоординатного анализа экстренных действий, результаты которого позволили выделить три типа их организации, различающихся степенью сонастроенности движения по координатам X, Y, Z. К первому типу относятся движения, координированные по составляющим, входящим в их состав (рис. 24а). В этом случае после предъявления экстренной цели через некоторый период покоя наблюдается перемещение в ее сторону по всем участвующим в действии координатам. Ко второму типу относятся также координированные по составляющим движения, но направленные, несмотря на предъявленную экстренную цель, в сторону основного элемента тестовой матрицы, а затем меняющие направления своего движения в сторону экстренной цели (рис. 24б). И, наконец, к третьему типу относятся движения некоординированные

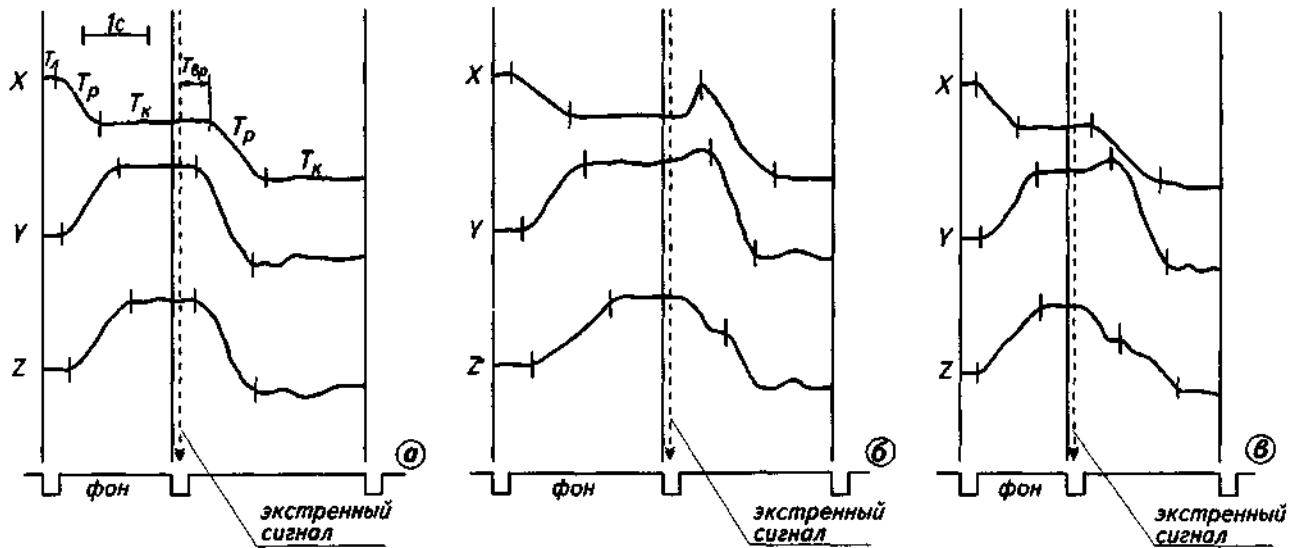


Рис. 24. Типы организации экстренного действия.

по составляющим, входящим в их состав. В этом случае по одной или двум координатам движение совершается в направлении к экстренной цели, а по другим — сначала в направлении элемента основной программы, а затем — в направлении экстренной цели (рис. 24в). Таким образом, введение экстренной цели во время отслеживания элементов основной программы существенным образом меняет структуру экстренного действия в сравнении с фоновым.

Основной удельный вес при движении к экстренной цели составляет второй тип организации: в среднем 86 % для двухкоординатных движений и 84% для трехкоординатных (табл. 3).

Результаты анализа по стадиям действия с учетом его пространственной сложности и типов его организации свидетельствуют о том, что экстренные действия, относящиеся ко второму и третьему типу близки между собой. По сравнению с фоновым действием латентная стадия в среднем увеличивается в 2 раза. Если же учесть величину показателя разброса ( $\Delta t_1$ ), то время программирования экстренного действия, по сравнению с фоновым, возрастает более чем в 3 раза. (Способ вычисления  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  см. на рис. 12.) Время стадии реализации и контроля практически не отличается от фоновых значений. Поведение показателей разброса прямо зависит от сложности совершающегося движения: добавление пространственной составляющей неизменно и значительно оказывается на возрастании их значений (см. табл. 3). При совершении плоскостных движений наибольшие значения показателя разброса зафиксированы в действиях третьего типа. Добавление пространственной составляющей вызывает увеличение этого показателя и в действиях второго типа. Чтобы разобраться в этом, необходимо детально проанализировать программирующую стадию экстренного действия.

Как указывалось выше, программирующая стадия может быть либо однородной, то есть состоять только из времени латенции (см. рис. 23а), либо неоднородной. В этом случае могут быть два варианта. Первый — программирующая стадия состоит из суммы времени латенции и времени движения по инерции в сторону элемента основной программы (см. рис. 23б) и второй вариант, когда к сумме этих величин добавляется еще время второй латенции, то есть время остановки перед началом движения к экстренной цели (см. рис. 23в). Таким образом, к трем типам координированной организации целостного движения добавляются еще различные виды программирующей стадии действия. Дело осложняется еще и тем, что в одном двигательном акте движение по каждой из координат может иметь разную структуру. Однородная программирующая стадия характерна только для движений, организованных по первому типу (см. рис. 24а). На запи-

Таблица 3.

Средние данные микроструктуры фоновых и экстренных действий (в с) в зависимости от типов организаций и их сложности.

Характеристика действия		Процент каждого типа	Длительность стадий действия, с				Показатели разброса, с	
Степень сложности	Тип организации		общ	Тл	Тр	Ткк	t1	t2
XY	Фон	-	1.93	0.19	0.57	1.17	0.06	0.17
	1	7	2.38	0.27	1.07	1.04	0.12	0.14
	2	86	2.09	0.54	0.59	0.96	0.14	0.12
	3	7	1.87	0.29	0.67	0.91	0.42	0.12
XYZ	Фон	-	2.02	0.21	0.70	1.11	0.15	0.39
	1	11	2.76	0.34	1.11	1.31	0.14	0.87
	2	84	2.47	0.47	0.83	1.17	0.29	0.67
	3	5	2.19	0.40	0.80	0.99	0.61	0.58

си реального движения отчетливо видно, что после получения экстренного сигнала, по всем трем составляющим движения есть период покоя, сменяющийся активным движением в его сторону. Разная длительность латентных стадий по составляющим движения — это источник разброса ( $\Delta t_1$ ) между программирующей стадией и стадией реализации. Его величина в действиях первого типа меньше, чем в действиях второго и третьего типа любой сложности. В действиях второго типа программирующая стадия неоднородна, в ней всегда присутствует по всем участвующим в движении координатам фаза инерционности (см. рис. 24б). Она включает либо 2, либо 3 компонента. Например, программирующая стадия по координате X включает 2 компонента, а по Y и Z — 3, возможны и другие сочетания. В двухкоординатных движениях имеется большая согласованность по координатам программирующей стадии, что сказывается на величине разброса ( $\Delta t_1$ ), который в 2 раза меньше, чем в пространственных действиях.

В действиях третьего типа неоднородность программирующей стадии выражена еще ярче. Рис. 24в иллюстрирует это: программирующая стадия координаты X — однородна, координаты Y состоит из двух компонентов, а координаты Z — из трех. Это сказывается на увеличении в 2 раза разброса по сравнению с действиями второго типа; ухудшает пространственность и качество действия в целом.

Движения с ярко выраженной второй латенцией составляют более 85 %, ее время колеблется в пределах 200-300 мс, а иногда возрастает до 500 мс. Когда нет выраженной второй латенции, наблюдается резкое в 2-3 раза уменьшение скорости движения к основному элементу (фаза инерционности), это характерно для движений любой сложности. Интересно, что отсутствие второй латенции вызывает не только уменьшение скорости движения к основному элементу матрицы, но и резкое замедление в 3-5 раз скорости движения к экстренной цели (см. рис. 24в). Это, в свою очередь, сказывается на значениях разброса  $\Delta t_2$ , на границе стадии реализации и контроля, величина которого в пространственном действии независимо от типа организации возрастает по сравнению с плоскостными действиями более чем в 5 раз. Все перечисленные флуктуации компонентов программирующей стадии действия относятся лишь к действиям, организованным по второму и третьему типу.

Таким образом, можно сделать ряд выводов: во-первых, программирующая стадия экстренного действия неоднородна и имеет разную структурированность по координатам действия; во-вторых, возможно одновременное осуществление двух процессов: реализации действия по основной программе и программирования экстренного действия и, в-третьих, возможно планирование действия отдельно по составляющим движения. Полученные результаты подтвердили сделанный ранее вывод [38] о возможности параллельного осуществления двух, казалось бы, взаимоисключающих процессов: моторного, выражющегося в осуществлении движения к основной цели, и когнитивного, направленного на формирование программы движения к новой цели. Подобный параллелизм планирования и реализации может наблюдаться по одной, двум и даже трем координатам целостного действия.

Возможность программирования действия отдельно по составляющим движения подтверждена в исследовании, в котором хорошо обученному испытуемому предлагалось совершать точностные одиночные плоскостные действия [44,58]. Цели размещались на разном расстоянии от старта по диагонали прямоугольника с отношением сторон 1,7. Так, например, в первой позиции координаты цели были X — 5 см, Y — 2,9 см, в четвертой — X — 20 см, Y — 6 см, в 7-й — X — 40 см, Y — 22,7 см. Так как коэффициент передачи между движениями ручки управления и индекса на экране индикатора составлял 1:2, то соответственно рука перемещалась в первой позиции на расстояние по X — 2,5 см, по Y — 1,45 см, в 4-й — X — 10 см, Y — 5,8 см и 7-й — X — 20 см, Y — 11,35 см. При визуальном наблюдении за действиями испытуемого была отмечена легкость, сонастроен-

ность, координированность всех составляющих движения. Микро-структурный анализ результатов отдельно по составляющим X, Y показал, что абсолютные значения стадии реализации каждой из них сопоставимы между собой и что с увеличением амплитуды время их растет. Показатели разброса между латентной стадией и стадией реализации, а также стадией реализации и контроля — минимальны. Это свидетельствует о том, что программирование и реализация и контроль идет одновременно по составляющим действия. Иначе говоря, анализируемое действие имеет дифференцированную структуру с одинаковым временем движения по составляющим. Однако, поскольку путь, который проходила рука по отдельным составляющим, был разным, то координированность движения достигалась посредством разной скорости перемещения по составляющим X и Y. И действительно, в первой позиции скорость движения руки по составляющей X была 7,6 см/с, по составляющей Y — 4,7 см/с, в четвертой позиции скорость по X — 17 см/с, по Y — 10,7 см/с, в седьмой позиции по X — 25 см/с, по Y — 14,3 см/с. Эти данные подтверждают положение о том, что программируются отдельные моторные команды по координатам действия. А то, что отдельные моторные команды в целостном действии приобретают черты координированной структуры, свидетельствует о наличии четкой общей программы (плана), который, являясь регулятором целостного действия, может координировать и направлять характеристики отдельных составляющих действия, подчиняя их общему замыслу. Композиционно целостное действие представлено в плане на более высоком уровне иерархий; функция более низких уровней состоит в декомпозиции этого плана, которая проходит под регулирующим контролем образа и общего замысла действия.

Вернемся к анализу экстренного действия. Неоднородность структурных и временных характеристик программирующей стадии действия естественно сказалась на структурных и временных характеристиках стадии реализации, что отразилось на разбросе (Дй) при переходе стадии реализации в стадию контроля и коррекций. Возрастание его значений в пространственных действиях независимо от типа организации свидетельствует о том, что реализация составляющих действия осуществляется с разной скоростью (см.табл. 3). Осуществление движения по каждой координате идет определенным, характерным лишь для нее образом. Во-первых, планирование, реализация и контроль осуществляются с запаздыванием относительно друг друга; во-вторых, движение по отдельным координатам направлено на обслуживание разных целей: элемента основной программы и экстренного; в-третьих, движение по разным координатам осуще-

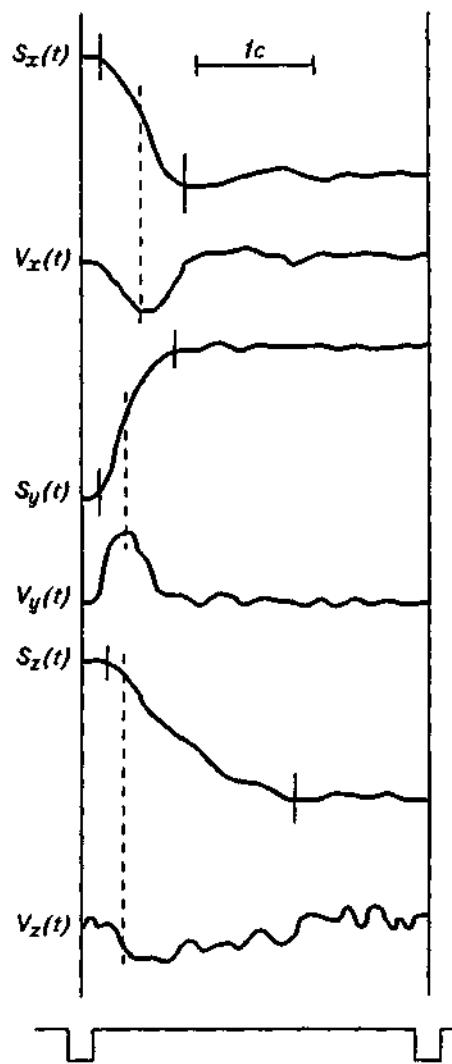


Рис. 25. Временные и скоростные характеристики  
экстренного действия по координатам X, Y, Z.

Таблица 4

Средние данные времени и удельного веса фаз разгона и торможения и времени стадии реализации экстренных пространственных действий.

Составляющие движения	Время реализ. в с	Время фазы разгона в с	Доля фазы разгона	Время фазы тормож. в с	Доля фазы торможения
X	0.43	0.18	0.42	0.25	0.58
Y	0.51	0.20	0.39	0.31	0.61
Z	0.66	0.06	0.09	0.60	0.91

ствляется с разной скоростью. На рис. 25, представляющем реальную запись движения, отчетливо видно, что величина скорости движения по координатам X и Y сопоставима между собой, в то время как по пространственной координате Z скорость движения не только существенно меньше, но и приобрела вид, характерный для прослеживающихся движений.

Анализ кривой скорости дает представление о времени разгона и времени торможения. Для сопоставления в таблице 4. приведены средние данные о времени реализации и удельном весе входящих в нее фаз разгона и торможения отдельно по составляющим движения.

Сопоставление значений долей разгона и торможения показывает, что поведение координат X и Y мало отличается одно от другого: 2/5 пути занимает фаза разгона и 3/5 — фаза торможения. Значения этих же показателей по составляющей Z резко отличны: 1/10 пути занимает фаза разгона и 9/10 — фаза торможения.

Сходные данные, описанные в предыдущем параграфе, были получены в совершенно другой экспериментальной ситуации при анализе основного, а не экстренного действия, так что можно предположить наличие определенной закономерности в регуляции сложных пространственных действий. Рассмотрим полученные данные в свете гипотезы о возможности объединения в одном двигательном акте двух типов регулирования: программного и афферентационного (см. предыдущий раздел и главу 6). В целостном пространственном действии наблюдается не только разная скорость реализации по отдельным составляющим движения, но и различные типы регулирования по координатам единого действия. Иначе говоря, можно предположить, что регуляция составляющих движения XY осуществляется с превалированием программного типа, регуляция же пространственной составляющей Z — по афферентационному типу управления.

Обратимся теперь к рассмотрению экстренных действий, организованным по первому типу (см. рис. 24а). При незначительном увеличении латентного времени и практически соизмеримого с фоновым действием времени контроля отмечается существенное в 1,5-2 раза возрастание времени реализации. Создается впечатление, что действия первого типа появляются случайно. Испытуемый импульсивно, как бы не осознавая, начинает выполнять движение в сторону экстренной цели одновременно по всем координатам. Однако, по ходу реализации, после выполнения первого кванта движения, обнаруживается отсутствие четкого плана выполнения всей задачи, вследствие чего процесс реализации затормаживается для доработки программы реализации. По ходу реализации наблюдаются резкие замедления скорости осуществления действия или даже полные остановки. Длительность остановок колеблется от 75 до 200 мс, а в некоторых случаях она достигает и значительно больших величин. Траектория прослеживания квантуется, что ведет к увеличению времени реализации в среднем на 500 мс, в течение которого допрограммируется требуемое движение.

Такая структура напоминает структуру стадии реализации, зафиксированную в ситуации слежения, где сама задача диктует дробление траектории на ряд отрезков, каждый из которых прослеживается с помощью отдельных вполне самостоятельных действий, имеющих свою программу, реализацию, контроль и коррекцию, переходящую в программу следующего участка пути [12]. Возникновение такой структуры предполагает, что по каким-то причинам программа реализации действия не могла быть полностью сформирована в латентной стадии действия или оказалась неадекватной. Но для того, чтобы действие все-таки совершилось, необходима ее доработка, уточнение и конкретизация в собственно моторной части действия.

Ярко выраженное квантование характерно, как было показано в работах [7, 12, 43, 55], при освоении нового действия, при осуществлении действия в условиях инверсии, нарушенной зрительной обратной связи от результата действия и т.д. Любое отклонение от привычного стереотипа ведет к нарушению видимой целостности структуры действия и появлению большего или меньшего числа квантов\*. В данном случае таким нарушающим структуру действия фактором выступила неожиданно появившаяся экстренная цель.

\* Мы говорим именно о видимой целостности, поскольку результаты исследования [38] свидетельствуют о том, что структура моторной части неоднородна и состоит из взаимосвязанных когнитивных, исполнительных и оценочных компонентов.

Результаты проведенного исследования еще раз убедительно продемонстрировали, что структура действия чрезвычайно лабильна, способна к трансформациям, за стадиями действия нет жестко закрепленных функций, возможен их обмен между стадиями. Стадия реализации неоднородна по своей природе и состоит из большего или меньшего (определенного условиями осуществления действия) количества квантов, каждый из которых, в свою очередь, может выступить как самостоятельная единица анализа.

Подведем итоги:

— Любой двигательный акт представляет собой гетерогенное целое, состоящее из достаточно крупных образований — компонентов, ответственных за планирование, реализацию и оценку совершаемого действия. В свою очередь каждый из этих компонентов так же неоднороден и состоит из определенных стадий (фаз), ответственных за осуществление тех или иных операций в процессе совершения действия. Латентная стадия, в целом, ответственна за планирование и программирование действия, представляет собой сложноорганизованное иерархическое образование, реализующее разные уровни переработки информации и организации моторного ответа. Моторный компонент также негомогенен, он пронизан когнитивными образованиями и состоит из большего или меньшего количества квантов действия, каждый из которых имеет собственные программы и не корректируется по ходу выполнения и вторая — осуществляется с учетом информации, поступающей по каналам обратной связи. На второй фазе исправляются ошибки, вызванные изменениями во внешней среде и допущенные во время реализации первой фазы. Та же гетерогенность присуща и компоненту контроля и коррекций. Его неоднородность связана с функциями оценки и исправления ошибок, что реализуется коррекционным процессом, представляющим собой развернутую в пространстве и времени цепь последовательно повторяющихся микродвижений, каждое со своей программой, реализацией и оценкой, переходящей в программу следующего коррекционного движения.

Формирование сенсомоторного действия характеризуется сложной динамикой взаимоотношений между компонентами: неравномерное по величине и темпу уменьшение времени

каждого из компонентов; перераспределение времени, а в некоторых случаях и функций между компонентами, входящими в целостное действие.

Структура сенсомоторного действия чрезвычайно лабильна, зависит как от внешних, так и от внутренних условий, способна к внутренним перестройкам и трансформациям не только времененным, но и функциональным.

Способы управления последовательностью действий зависят от внешних средств деятельности и внутренних способов осуществления, от характеристик серийных действий и их сложности, от степени освоенности в данном виде деятельности. Выявлены возможные способы управления последовательностью серийных, одиночных и экстренных действий:

- общий план, программа последовательности действий в стандартных и освоенных условиях строится во время латентного периода первого действия, конкретная программа каждого последующего действия достраивается непосредственно в его латентной стадии;
- последовательность длинного ряда серийных действий разбивается на группы, включающие несколько действий, и план для группы строится во время латентного периода первого действия каждой группы;
- программа каждого серийного действия строится отдельно во время его собственного латентного периода;
- действия объединяются в пары, и программа начинается строиться в период контроля предыдущего действия;
- программа действия, совершаемого в сложных условиях, достраивается во время его моторной стадии. Последняя из единой структуры превращается в развернутую, состоящую из большего или меньшего числа квантов, каждый из которых имеет собственную программу, реализацию и контроль, переходящий в программу следующего за ним кванта;
- в случае экстренных действий возможно параллельное осуществление двух процессов: выполнение основного действия и планирование экстренного действия;

в случае многокоординатного плоскостного или пространственного действия строится обобщенный план его реализации и отдельная программа для каждой участвующей в действии координаты движения.

## **Глава 5. ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОТ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ**

### **Раздел 1. Проблема совместимости в управлении движениями и действиями**

#### **5.1.1. Влияние пространственного смещения зрительной обратной связи на успешность выполнения действия**

Для эффективного управления техническими средствами в чело-веко-машинных системах оператору требуется информация о собст-венных управляющих воздействиях. С ее помощью он контролирует текущие и планирует последующие действия. Существуют различ-ные виды обратной связи: непосредственная от управляющих дейст-вий (зрительная, слуховая, тактильная, кинестетическая и пропри-оцептивная); инструментальная, получаемая оператором от взаимо-действия с техническим средством; и операционная обратная связь, получаемая от тех изменений в окружающей среде, которые являются результатом его действий.

В идеале необходимо пространственное и временное соответствие непосредственной, инструментальной и операционной обратной связи. К. Смит [278] показал, что устранение любого вида обратной связи приводит к ухудшению, а иногда к деструкции исполнительной

деятельности, к увеличению количества ошибок и изменению временных и скоростных характеристик действия.

Пространственное смещение обратной связи от объектов управления или слежения возможно во всех видах обратных связей. Предметом излагаемых ниже исследований было инструментальное пространственное смещение обратной связи.

Смещение зрительной обратной связи — это реальная техническая и психологическая проблема. В ряде случаев оно обусловлено естественными причинами (например, работой в прозрачных средах с разной плотностью). В других оно технически неизбежно, например, ориентировка в дорожной ситуации с помощью зеркала, укрепленного на машине. Смещение может быть следствием конструктивных недоработок в системах отображения информации и органах управления, приводящих к несоответствию направлений перемещений органа управления и управляемого индекса на экране индикатора. Например, одной из распространенных ошибок является так называемая инверсия, при которой смещение обратной связи порой достигает 180 градусов.

Для исследования влияния смещения зрительной обратной связи на сенсомоторную деятельность человека создаются экспериментальные ситуации, в которых смещение достигается с помощью специальных приспособлений и процедур. На ранних этапах развития экспериментальной психологии применялись специальные линзы, поворачивающие изображения на сетчатке глаза на разные углы [281], и зеркала [206, 231].

С развитием телевизионной техники появилась возможность осуществлять самые разнообразные пространственные смещения: предъявлять изображения в прямой и обратной перспективе, переворачивать или поворачивать их на определенный угол [278].

Используется также электротехническое смещение, при котором движение сигнала на экране индикатора и управляющее воздействие оператора имеют несовпадающие направления [86, 118]. Из перечисленных средств линзы, искажающие изображения на сетчатке, обладают наибольшей разрушающей силой, так как с их помощью смещается весь видимый мир. Зеркальное, телевизионное, электротехническое смещения ограничиваются лишь рабочей зоной, а информация об остальном окружающем мире поступает без искажений.

Исследователи, применяющие переворачивающие очки, изучали их воздействие на перцептивном и поведенческом уровнях. При перцептивной дезорганизации нарушается стабильность визуального мира из-за утраты константности восприятия, что проявляется в форме иллюзорных движений и искажений зрительных образов. На-

рушение поведения состоит в дезориентации человека в пространстве: при совершении движений он может падать, наталкиваться на предметы, промахиваться, путать направления и т.п. Дж. Стреттон, проводя эксперименты на себе, отмечал, что в начале опытов все движения были неуверенными, неадекватными и требовали серии коррекций. Правильное выполнение действий было возможно лишь при движении на ощупь или по памяти [98]. Однако со временем человек научается жить в реальном мире. Некоторые испытуемые даже каталась на лыжах или велосипеде [231, 233]. Все это свидетельствует о возможностях человека приспособиться к оптическим трансформациям.

О механизмах и условиях адаптации высказано несколько предложений. Э. Вюрпилло [34] отмечает, что в ситуации ношения искажающих очков разрушается привычная, сформированная в течение жизни система отсчета. При совершении любого действия человек оказывается перед выбором: либо довериться своей старой зрительной системе отсчета, расположив в ней привычным образом направления "право-лево-верх-низ", что приведет к противоречию с информацией, поступающей по другим каналам обратной связи, а значит и с физической реальностью, либо сформировать новую систему соответствий между физическим миром, новыми зрительными и другими сенсорными данными. До тех пор, пока человек не выберет вторую альтернативу, его поведение будет неадаптивным.

Близкие результаты получил А.Д. Логвиненко [98], изучавший возможности адаптации к инверсии. По мере усвоения экспериментальной ситуации моторное поведение существенно меняется. В первый день после надевания инвертоскопа испытуемая предпочитала ориентироваться "вслепую", без опоры на оптическое поле. Грубая ориентировка и контроль движений осуществлялись на основе хранящихся в памяти привычных моторных схем и схем внешней обстановки. Этот период моторной адаптации, условно названный "поведением в темноте", характеризуется игнорированием оптического поля, адекватностью поведенческих схем предметной ситуации, полным сохранением проприоцептивной схемы тела, служащей основой для построения движений. Он быстро сменился другим, так как при игнорировании оптического поля адекватное внешней ситуации поведение практически невозможно. Суть новой стратегии адаптации сводилась к "переселению" в оптическое поле схемы тела. Затем она пересифровывалась, приводилась в соответствие с ориентацией оптического поля. Иными словами, ход адаптации на этом этапе сводился к подчинению более лабильной проприоцептивной схемы тела более ригидной оптической схеме мира. Так, например, движения вилкой "от себя", которые в оптическом поле имели вид движений

"к себе", начинали и кинестетически переживаться испытуемым как движения "к себе". При этом простые моторные навыки сменились сложными вычурными движениями (с точки зрения постороннего наблюдателя), которые, однако, самим испытуемым переживались как простые обыденные движения, такими они выглядели и в его оптическом поле. Изменение моторики в периоде адаптации второго типа воспринимались испытуемой как уменьшение дезориентированности, снижение числа ошибок, повышение адекватности самих действий. Экспериментатору в этот период, наоборот, открывалась картина все более прогрессирующего разрушения поведенческих схем.

На третьем этапе обнаруживался переход к еще одной стратегии, которая привела к практически полной перцептивной адаптации. У испытуемой появилось правильное видение предметов. Моторика испытуемой стала адекватной предметной ситуации, хотя движения были замедленными. Прежде, чем взять какой-либо предмет или направиться в его сторону, испытуемая совершала зрительный поиск, как бы "загоняя" предмет в оптическое поле. В конце эксперимента испытуемая перестала видеть мир инвертированным.

М. Смит [292] указывает, что нарушения, возникающие в результате оптической трансформации, есть нарушения отношений между чувствами. Надев очки, смещающие поле зрения на 7 дюймов вправо, и посмотрев в них на собственные ноги, человек приходит к выводу, что он ощущает и видит их в разных местах. Это приводит к конфликту между чувствами. М. Смит предполагает, что в подобной ситуации человек должен или сформировать новую систему видения, или опираться на те перцептивные системы, которые не нарушены. Выбрав один из этих путей, человек сможет изменить способ управления движением, что и составляет, по мнению автора, сущность процесса адаптации. Р. Хелд [292] выделяет в качестве важного компонента адаптации — активность субъекта. Активные движения дают дополнительную информацию, к которой, главным образом, относятся изменения мышечного тонуса. Дж. Лакнер [292] считает, что дополнительная информация от мышц способствует более быстрому обнаружению конфликта между видимой и ощущаемой позициями руки.

Однако, было обнаружено, что адаптация возможна не только при активных, но и при пассивных движениях. Например, адаптация наступает в случае, если испытуемый смотрит на свою руку, которая закреплена так, что он не может ею двигать, но она искусственно вибрирует. В этом случае субъект получает дополнительную информацию о положении своей руки.

Л. Милэмд с сотр. [292] обнаружили, что пассивные движения приводили к адаптации, когда они совершались в структурированном фоне. В гомогенном фоне адаптации не наблюдалось. Адаптация может замедляться или отсутствовать вовсе и при выполнении активных движений. По данным Р. Хелда [206], если субъект не видит результатов активного движения, то он не способен компенсировать возникающие при этом нарушения. Он объясняет это тем, что человек не может сравнить желаемый и достигнутый результат и привести в соответствие с этим программу построения будущих движений. В качестве препятствия к адаптации выступает и отсутствие кинестетической обратной связи от активно движущейся руки. Иначе говоря, взаимодействие информации, поступающей по разным каналам обратной связи, позволяет испытуемому в условиях искажения зрительной афферентации обнаружить и определить характер несоответствия зрительной информации реальному физическому миру и провести соответствующую корректировку.

Телевизионный способ смещения обратной связи используется для моделирования особенностей реальной профессиональной деятельности и для изучения исполнительных действий человека. В работе Дж. Келса и др. [225] на тренажере, имитирующем реальную ситуацию вождения автомобиля, смещение обратной связи создавалось при помощи телекамеры, установленной на крыше экспериментальной машины. Испытуемые, опытные водители, "вели" машину по условной дороге, размеченной столбиками. Касание столбика зачтывалось за ошибку. Результаты показали, что значимых различий в точности рулевого управления не наблюдается, когда камера занимает центральное или левое положение, поскольку при левом положении руля для водителя пространственное смещение обратной связи не так значительно. Установлено также, что деятельность водителей не нарушается при ограниченных угловых смещениях обратной связи, однако, если это смещение превышает критические значения, деятельность вождения нарушается.

Телевизионный метод искажения обратной связи был опробован в созданной К. Смитом с сотр. [278] экспериментальной установке, позволяющей изучать точностные движения руки при отсутствии непосредственного контроля. Для этого между глазами и рукой испытуемого помещался экран. Движения руки испытуемого снимались телекамерой и подавались на экран монитора телевизионной системы. Телевизионное изображение пространственно смещалось путем оптического регулирования или путем перемещения камеры относительно места действия. Это позволяло делать изображение обратным, перевернутым, обратным и перевернутым одновременно, а также смещенным на определенный угол в горизонтальной или

вертикальной плоскости. Установлено, что степень нарушения движения определяется типом и сложностью самого движения. Изучение почерка показало, что при углах смещения до 30 градусов почерк изменяется незначительно. При смещении на 90 градусов почерк становится неразборчивым, а на 180 градусов — письмо затруднено, но возможно. Тонкие манипулятивные движения больше подвержены искажениям, чем позиционные движения. Смещения, производимые в вертикальной плоскости путем перемещения камеры по окружности над рабочим местом, оказывают меньшее влияние на все движения, чем горизонтальные смещения. Непрерывные движения, требующие постоянного визуального контроля, разрушаются даже при небольших углах смещения. В некоторых ситуациях испытуемые пытаются компенсировать вводимое экспериментатором смещение. Так, при задании нарисовать правильную окружность они ее рисуют таким образом, чтобы она выглядела правильной на экране монитора. Подобные компенсаторные эффекты наблюдаются при углах смещения на 10-15 градусов. В экспериментах К. Смита найдены зоны смещения, в которых сенсомоторные координации не разрушаются или слабо разрушаются, и зоны сильного разрушения, в которых почти отсутствует адаптация.

Полученные факты К. Смит использовал для обоснования теории сенсомоторной интеграции действия, в которой ведущая роль отводится сенсорной обратной связи. Любое нарушение, например, за счет смещения зрительной обратной связи вынуждает индивида устанавливать новую пространственную и временную интеграцию, и величина нарушения определяет степень мобилизации активности, направленной на приспособление к измененным условиям.

К.Дж. Уоррихам и Д.Б. Берингер [308] изучали влияние разных видов совместимости (зрительно-моторной, зрительно-туловищной, "орган управления—дисплей") на эффективность дискретного слежения оператора. Зрительно-моторная совместимость подразумевает совпадение между направлениями движения индекса, когда испытуемый смотрит на дисплей, и направлением "моторного выхода" в субъективном визуальном поле, когда испытуемый смотрит на орган управления. Совместимость "орган управления-дисплеи" предполагает соответствие движений на экране и движений органа управления. Зрительно-туловищная совместимость — это ситуация, когда движение органа управления осуществляется в том же направлении относительно туловища оператора, что и движение на дисплее в визуальном поле. В эксперименте в разном сочетании варьировались ориентации головы и работающей руки, а также отношение "орган управления-дисплеи". Одно условие состояло в полном отсутствии

какой-либо совместимости. В качестве экспериментальных переменных выступали также амплитуда сигнала и угол его предъявления.

Установлено, что по временным характеристикам действия (времени реакции, времени движения и времени совмещения) выполнение при визуально-моторной совместимости лучше, чем при других ее видах во всех задачах при разных ориентациях испытуемого и направлениях смещения цели. Предполагается, что визуально-моторная совместимость отражает базовое общее отношение между визуальными и моторными кодами в центральной нервной системе и может выступать в качестве основополагающей при организации эффективной работы оператора.

При электротехнической инверсии направления перемещения органа управления и управляемого им индекса на экране индикатора не совпадают. Испытуемый может видеть реальные перемещения собственной руки, а информация о них на экране представлена в смещенном виде (инвертирована). С помощью этого метода изучается совместимость (соответствие) сигналов и реакций (в другой терминологии: перцептивного и моторного полей). Несовместимость разрушающее влияет на движение. М.Дж. Митчел [100] показал, что количество ошибок, допускаемых оператором, возрастает по мере увеличения отклонения направления движения рычага от направления движения сигнала. Дж. Реган [265], изучая слежение при разном соотношении траекторий сигнала и органа управления, установил, что при неодинаковом соотношении траекторий (сигнал перемещается линейно, а орган управления движется по кругу и наоборот) значительно ухудшается точность слежения. В работе Ю.М. Пратусевича с соавт. [118] инверсия в установке, имитирующей посадку самолета, вызывала уменьшение количества успешных проб. В. Спикере и А. Сандерс [282], исследовавшие дискретное слежение за сигналом, перемещающимся направо или налево от стартовой позиции, обнаружили, что в условиях несовместимости количество ошибок выбора направления увеличивается по сравнению с условиями совместимости в 2 раза.

В ряде работ показано влияние инверсии на количество ошибок в зависимости от сложности задачи. Так, М. Винс [149] установила, что если сигнал, на который реагирует испытуемый, перемещая орган управления, появляется 1 раз в 4 с, особых различий между условиями совместимости и несовместимости не наблюдается. При сокращении интервала предъявления до 2 с количество ошибок при выполнении задания в условиях несовместимости возрастает вдвое. Аналогичное влияние темпа работы на количество ошибочных реакций выявлено и в работе В. Ноулза с соавт. [230].

Изучалось негативное влияние инверсии на время реакции. В. Спикерс и А. Сандерс [282] установили, что несовместимость стимула и ответного движения удлиняет время реакции медленных и быстрых движений на 35 и 38 мс соответственно. В работах К. Гиббса, Г. Анжела и Дж. Хиггена, Р. Джагера и др. [149] также установлено, что инверсия вызывает увеличение времени простой реакции и реакции выбора.

Интересны попытки более глубокого анализа процесса перестройки действия в условиях инверсии. В упомянутом выше исследовании Ю.М. Пратусевича эффективность действия по посадке самолета на тренажере в условиях нормы и инверсии определялась путем анализа таких показателей, как: время подведения самолета к зоне посадки, время удержания его в ней, количество перерегулировок на каждой из стадий посадки. Авторы проанализировали выделенные показатели отдельно по двум группам испытуемых, с высокой и средней степенью обученности. Анализ показал, что инверсия оказала негативное влияние на все выделенные показатели. Наиболее сильное влияние инверсия оказала на количество перерегулировок. При подведении к зоне посадки оно увеличилось в 4-5 раз. У более обученных испытуемых нарушения навыка выражены сильнее относительно нормы по всем показателям. Анализ эффективности деятельности по количеству успешных проб показал, что у более опытных испытуемых оно снижается с 8,8 до 4,7 (на 10 попыток), а у менее опытных меняется очень мало (с 5,1 до 4,2). После вторичного изменения условий работы (с инверсии на норму) опытные испытуемые стали работать хуже, а менее опытные — лучше. Проведенная оценка эффективности деятельности оператора по совокупности показателей позволила установить большее разрушающее влияние инверсии на хорошо сформированный навык. Это интерпретируется авторами следующим образом. Опытные испытуемые осуществляют управление объектом, прогнозируя его будущее движение. В основе подобного способа управления лежит автоматизированный проприоцептивный контроль. При введении инверсии нарушается привычная обратная связь от движения, что вынуждает испытуемого перейти на другой способ управления — путем коррекции положения объекта на основании зрительной информации, что и вызывает снижение эффективности деятельности. У испытуемых, не достигших высокого уровня сформированности навыка управления в условиях нормы, не вырабатывается управление по типу экстраполяции. Посадка самолетов осуществляется ими в основном путем коррекции на основе зрительной информации. Поэтому изменение режима работы не требует от них перестройки системы контроля и не разрушает старый навык управления.

Смещение зрительной обратной связи может быть достигнуто с помощью разных методических средств и процедур. Эффекты их воздействия на сенсомоторную деятельность человека различны как по характеру, так и степени выраженности. Вместе с тем общим во всех ситуациях смещения зрителей обратной связи является нарушение нормальных или привычных пространственных отношений. Поэтому и в основе адаптации к данному виду ощущающего фактора лежит формирование новых, адекватных ситуации пространственных отношений, которые устанавливаются благодаря соотнесению смещенной зрительной информации о собственных воздействиях с другими источниками, и в первую очередь, с кинестетической информацией.

### **5.1.2. Влияние нарушения совместимости перцептивного и моторного полей на качественные и количественные характеристики сенсомоторного действия**

Проблема взаимодействия регулирующих и исполнительных органов является одной из центральной в процессе осуществления действия: "чтобы работать правильно, человек вынужден неустанно следить глазами за тем, что делают руки, т.е. согласовывать известным образом передвижение тех и других по быстроте и направлению" [127, с. 846].

Подробный анализ формирования действия в условиях нарушенной совместимости перцептивного и моторного полей был проведен в цикле исследований, выполненных методом микроструктурного анализа [41,43,86 ]. В качестве объекта действия было взято пространственное действие дискретного точностного совмещения управляемого индекса с целями разной величины. В качестве методического приема использовалась инверсия моторного и перцептивного полей. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, в состав которого входил индикатор, на экране которого предъявлялась матрица с тремя маршрутами движения разного цвета. Каждый маршрут состоял из стартовой позиции (одной для всех маршрутов движения) и трех целей, представляющих собой квадраты разной величины. Маршруты строились таким образом, чтобы перемещение управляемого индекса от одной цели к другой требовало участия всех составляющих (XYZ) пространственного движения. В состав стенда входил орган управления манипуляторного типа, который служил датчиком информации о движении руки в пространстве в трех измерениях: X, Y, Z. Испытуемый по сигналу, оперируя органом управления, должен был как можно точнее пройти указанный маршрут от одной цели к другой, совмещая с каждой из них точно по положению и величине управляемый индекс.

Исследование проводилось в два этапа. Первый — включал формирование пространственного действия в условиях совместимости перцептивного и моторного полей (норма). Связь между ними соответствовала естественным стереотипам оперирования реальными объектами. На втором этапе вводилась инверсия перцептивного и моторного полей, которая использовалась как средство разрушения сложившегося навыка. При введении инверсии перцептивное и моторное поля, каждое в отдельности, не претерпевали никаких изменений: на экране индикатора испытуемым предъявлялась матрица, аналогичная той, с которой они работали в условиях нормы, манипулятор оставался тем же, и действия руки, приводящие его в движение, сохранялись такими же, что и при работе в условиях нормы (движения по вертикали, горизонтали и в глубину). Нарушалось лишь соответствие между движением манипулятора и перемещением индекса на экране, т.е. при движении руки вправо управляемый индекс перемещался влево, при движении руки вверх он перемещался вниз по экрану индикатора и наоборот. Изменение площади индекса достигалось перемещением органа управления по составляющей Z. В условиях нормы при движении манипулятора к себе величина управляемого индекса увеличивалась, при движении от себя — уменьшалась. При введении инверсии движение к себе вызывало уменьшение управляемого индекса, а движение от себя — его увеличение. Иначе говоря, в инверсии нарушалось привычное соотношение перцептивного и моторного полей, что, естественно, вызывало разрушение сложившегося в условиях нормы двигательного навыка.

Второй этап исследования включал несколько разных серий, в которых менялись условия работы от нормы к полной инверсии, далее к инверсии только по координате X, затем к инверсии по XY и снова по XYZ. Показателем перестройки действия на разных этапах формирования навыка выступало изменение его микроструктуры, оцениваемое по изменению времени когнитивных (программирующего и контролирующего) и исполнительного компонентов действия и по динамике взаимоотношений между ними. Проводилось сопоставление формирования и осуществления действия при инвертированном и нормальному соотношении перцептивного и моторного полей.

Формирование в условиях нормы практически ничем не отличается от описанного в четвертой главе. Введение инверсии резко ухудшает выполнение, вызывая увеличение общего времени действия и его отдельных стадий. В первом эксперименте с инверсией, по сравнению с последним в норме, общее время действия увеличивается в 4,3 раза, время латенции — 2,4, реализации — 4,5, контроля и коррекции — в 5,2 раза. По мере тренировки наблюдается совершенст-

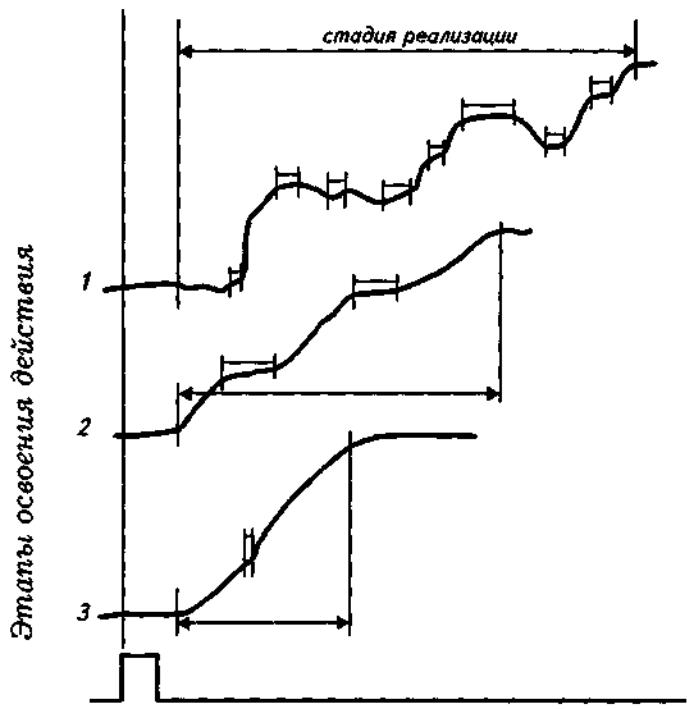


Рис. 26. Схема формирования сенсомоторного образа (в стадии реализации выделены участки падения скорости до 0).

вование навыка: к 10 эксперименту общее время выполнения действия снижается в 3,4 раза, время латенции — в 2, реализации — в 3,5, контроля и коррекций — в 3,9 раза. Однако, абсолютные их значения остаются выше в 1,3-1,9 раза тех же значений в условиях совместности.

Неравномерное увеличение времени отдельных стадий действия при введении инверсии, так же как и неравномерное его уменьшение в процессе тренировки, свидетельствует о неравнозначном влиянии несовместности на отдельные компоненты действия. Наибольшая нагрузка в начале освоения действия приходится на стадию реализации. Это объясняется тем, что в новых для субъекта условиях стадия

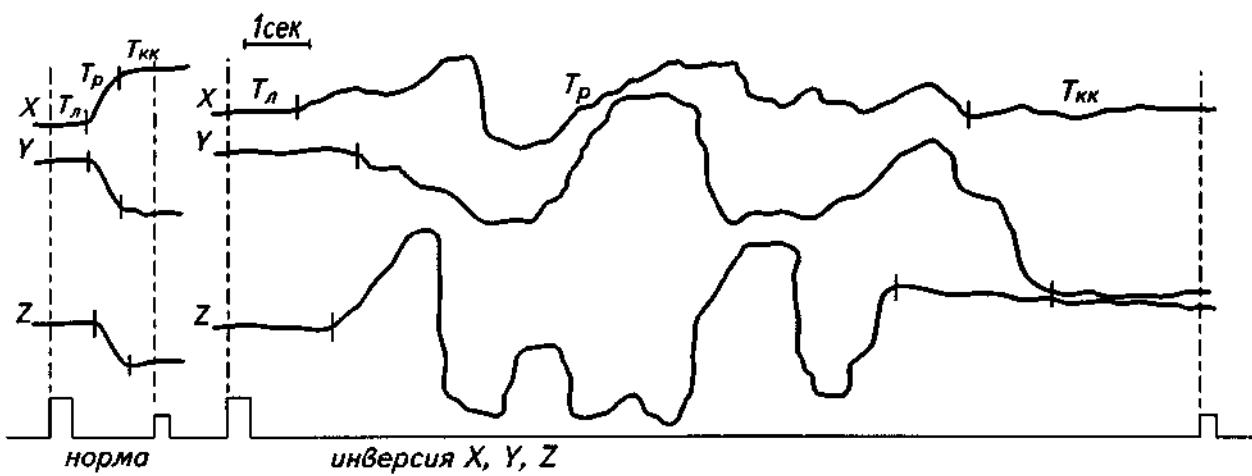


Рис. 27. Образец записи (начало освоения действия в инверсии после работы в норме).

реализации берет на себя дополнительные когнитивные функции по формированию нового сенсомоторного образа рабочего пространства. В работе [43] проанализирована динамика и выделены этапы его формирования. Так, на первом этапе освоения действия (рис. 26-1) стадия реализации из одного целенаправленного действия превращается в ряд разнонаправленных движений, перемежающихся длительными остановками. В структуре моторной стадии при переходе на один элемент матрицы можно выделить 3-8 полных циклов, как бы отдельных действий, каждое из которых состоит из собственной стадии программирования, реализации и контроля, переходящей в стадию программирования следующего действия. Стадия реализации целостного действия распадается на целый ряд разнонаправленных движений большой амплитуды, пронизывающих оперативное пространство и перемежающихся остановками, во время которых испытуемый контролирует то, что уже сделал, и намечает (программирует) свой дальнейший путь. Подобные движения зарегистрированы по каждой составляющей пространственного действия, поэтому оно выглядит настолько хаотичным и беспорядочным, что его нельзя назвать действием. Его скорее можно представить как искусственно соединенные цепи отдельных движений, каждое из которых имеет определенное направление, скорость и точку приложения (рис. 27). С помощью этих движений испытуемый зондирует рабочее пространство в разных направлениях. Исполнительная функция движения трансформируется на этом этапе овладения действием в познавательную, исследовательскую, ориентирующую. На основе активных движений начинает строится новый образ пространства, что подтверждает положение А.В. Запорожца о том, что образ ситуации строится на основе активных действий испытуемого [62, 63]. Функция подобных движений, таким образом, ориентировочно-исследовательская — направлена на построение образа данной конкретной ситуации.

Следующий этап характеризуется большей временной протяженностью, которая зависит от того, насколько глубокой перестройки требуют новые условия. Этот этап также характеризуется прошупывающими движениями, но идущими в направлении цели. Здесь уже нет разнонаправленных движений большой амплитуды. Перемещение от одного элемента матрицы к другому состоит из ряда последовательных шагов, в каждом из которых отчетливо выделяется своя программирующая, моторная и контролирующая стадии (см. рис. 26-2). Испытуемый как бы квантует траекторию на мелкие отрезки, нарастание скорости сменяется ее падением и полными остановками, которых тем больше, чем менее освоен новый образ пространства. Увеличение и падение скорости идет изолированно по

каждой координате, следовательно, действие так и планируется. Более того, даже по отдельной координате оно планируется не полностью, а делится на ряд волн. Если воспользоваться терминологией Н.А. Бернштейна, то этот процесс можно описать как последовательное экфорирование энграмм, где каждая предыдущая служит экфоратором для следующей. Последовательные, пробующие шаги в направлении цели необходимы для подгонки сложившегося в общих чертах образа к конкретной двигательной задаче. Их функция состоит в регуляции исполнительных действий строящимся сенсомоторным образом. На этом же этапе происходит нахождение масштабного соответствия между перемещениями руки и управляемого индекса на экране. Этап построения образа реальных исполнительных действий сменяется третьим, заключительным, для которого характерны целенаправленные целостные действия, результатом которых является слияние построенного образа ситуации с образом реальных исполнительных действий (см. рис. 26-3). В результате этого формируется единый сенсомоторный образ рабочего пространства, на основе которого будет впоследствии совершенствоваться исполнительная часть действия.

Таким образом, в исследовании показан развернутый в пространстве и времени процесс построения действий и регулирующих их образов и роль собственно моторного компонента исполнительного действия в этом процессе. Выявленная в исследовании функциональная динамика стадии реализации несет информацию и о механизмах адаптации к инверсии. Формирование адекватного ситуации сенсомоторного образа рабочего пространства — это условие адаптации, которая может облегчаться или затрудняться из-за явлений переноса и интерференции. Сопоставление хода формирования инвертированного и совместимого действий показывает, что при переходе от условий нормы к инверсии наблюдаются эффекты переноса и интерференции. В ходе перестройки навыка каждый компонент целостного действия ведет себя по своему. Инверсия моторного поля в начале освоения действия существенным образом, как было показано выше, отразилась на скоростных и структурных характеристиках моторного компонента действия. Однако, после того, как был построен сенсомоторный образ, стадия реализации, уже освободившись от когнитивных функций, начинает выполнять свойственные ей функции. И более того, уже к третьему эксперименту достигает уровня, который был достигнут в условиях нормы только к седьмому. Это возможно за счет переноса исполнительных, скоростных черт пространственного действия. Когнитивные же компоненты продолжают совершенствоваться уже без видимого участия моторных, и они долго еще испытывают на себе интерферирующее влияние прежнего совместимого с

движением образа пространства. Косвенным доказательством того, что интерференция в большей степени связана с когнитивными компонентами действия, служит то, что чем сложнее требуемый образ пространства (например, при частичной инверсии), тем медленнее происходит перестройка навыка.

Таким образом, явления интерференции и переноса имеют разную природу. Переносу подвергаются физические, а интерференции — когнитивные компоненты действия. В то же время перенос и интерференция — не независимые явления. Они взаимодействуют в каждом пространственном действии, поэтому-то так трудно выделение этих эффектов в чистом виде. Эти явления ярко проявляются в формировании исполнительного действия в условиях "норма-инверсия" и "инверсия-норма". Полученные данные [86] свидетельствуют о том, что вторичное инвертированное действие требует длительной тренировки, тогда как вторичное нормальное действие формируется очень быстро. Установлено, что это связано с разным вкладом переноса и интерференции в формирование навыка. В условиях "норма-инверсия" эффект переноса на макроуровне составил 12%, на микроуровне — 18%, на микроструктурном — 40%. В условиях же "инверсия-норма" соответствующие показатели равны 22%, 25- 60% (в зависимости от стадии действия) и 80%. В результате сопоставления хода формирования первичного и вторичного действия по показателям микроструктуры установлено, что переносу подвергаются в основном исполнительные компоненты действия, а интерференции — когнитивные.

При анализе работы испытуемых в еще более сложной ситуации попаременного чередования условий нормы и инверсии обнаружено, что время нормального и инвертированного действий существенно выше времени аналогичных действий, выполненных изолированно и последовательно в условиях нормы и инверсии. Это свидетельствует о взаимных интерфецирующих влияниях нормального и инвертированного действий, что препятствует восстановлению фоновых значений как в норме, так и в инверсии. При этом отмечено более сильное интерфецирующее влияние инвертированного действия на нормальное, чем нормального на инвертированное. Снижение эффективности выполнения действий при чередовании условий нормы и инверсии свидетельствует о сложности таких условий для исполнительной деятельности.

Экспериментальные исследования формирования пространственных действий в условиях нормы, полной или частичной инверсии позволили сформулировать следующие основные выводы:

- введение инверсии приводит к замедлению формирования и совершенствования исполнительного действия;
- сформированное инвертированное действие выполняется за большее время, чем нормальное действие;
- сформированное инвертированное действие характеризуется меньшей степенью пространственности и оперативности;
- восстановление инвертированного действия после перерыва в тренировке требует больше времени, чем восстановление нормального действия;
- при чередовании условий нормы и инверсии инвертированное действие имеет более высокие значения анализируемых параметров по сравнению с нормальным действием.

Своеобразие изучавшегося вида деятельности состоит в тесном переплетении перцептивно-моторных функций, поэтому объектом исследования выступила не только морфология биодинамической, но и чувственной ткани. Последняя выступила в самостоятельном значении и была подвергнута не менее строгому объективному изучению, чем собственно моторная исполнительная часть действия. Перцептивные компоненты действия тесно связаны с исполнительными и решительным образом определяют формирование и протекание последних. Именно это привело к тому, что когнитивные компоненты действия и их чувственная ткань оказались столь же осязаемыми, как и биодинамическая ткань.

Наиболее важным результатом является установление последовательности и закономерностей формирования отдельных компонентов, входящих в структуру действия. Формирование инструментального пространственного действия выступает как целостный, но не гомогенный процесс, в котором происходит дифференциация и последующие динамическое и структурное объединение различных компонентов.

На основании подобных исследований в эргономике и инженерной психологии разрабатываются общие требования к органам управления, которые включают принцип совместимости движений операторов и показаний индикаторов [71]. Согласно этому принципу органы управления должны выбираться с таким расчетом, чтобы направление их движения соответствовало направлению движения связанныго с ним показателя на индикаторе, элемента оборудования или средства передвижения. Считается целесообразным везде, где это возможно, использовать прямую взаимосвязь направлений перемещения, особенно когда речь идет о движении управляемого объекта [74].

Подведем итоги:

- Обратная связь имеет существенное значение для эффективности работы системы управления и деятельности оператора. С ее помощью оператором осуществляется контроль и коррекция собственных управляющих воздействий, а также планирование предстоящих действий.
- Нарушения обратной связи (смещения и искажения) отрицательно влияют на успешность исполнительной деятельности человека. Это проявляется в нарушении координации, уменьшении точности, увеличении времени выполнения и количества ошибок, появлении неадекватных предметной ситуации действий и т.д. Характер и степень выраженности моторных нарушений зависят от величины и способа смещения обратной связи, типа движения и сложности задачи.
- Применение микроструктурного метода исследования и анализа исполнительной деятельности позволило установить более тонкие изменения в действиях, вызванные введением инверсии перцептивного и моторного полей (изменение временных характеристик стадий действия и их соотношения), проследить их микродинамику в процессе формирования нового действия.
- Адаптация к смещению и искажению обратной связи возможна в первую очередь за счет активных действий субъекта, позволяющих сформировать новые, адекватные ситуации сенсомоторные связи.
- Показано, что наиболее сложной является ситуация перехода от нормальных, привычных, естественных сенсомоторных отношений к инвертированным. Обратный переход осуществляется за меньшее время и с меньшими трудностями.
- Попеременная работа в условиях совместимости и несовместимости перцептивного и моторного полей вызывает увеличение времени выполнения не только инвертированных, но и нормальных действий.
- Результаты изложенных исследований полезно учитывать при проектировании систем управления, при организации профессионального обучения операторов, а также при адаптации к новой технике и условиям труда.

## Раздел 2. Роль зрительной обратной связи в управлении действием

### 5.2.1. Влияние задержки и прерывания зрительной афферентации на успешность выполнения действия

Представления об обратной связи являются важной составной частью современных концепций управления движениями. Зрительной обратной связи отводится существенная роль в процессах построения и регуляции двигательных актов. Большой экспериментальный материал, полученный в ходе психологических, физиологических и биомеханических исследований, позволил сформулировать принципиальные положения об участии обратной связи в формировании образа пространства и выполняемых действий, в создании программы предстоящего действия, в контролировании точности и обеспечении функционирования коррекционного механизма движений. Вместе с тем, многие вопросы, связанные с определением роли, функций, механизмов и особенностей функционирования обратной связи, требует более детального изучения.

Одним из возможных путей исследования является анализ влияния разного рода нарушений обратной связи на процессы построения и регуляции двигательных актов. В литературе имеется обширный материал по данному вопросу. Значительная часть экспериментальных данных получена в ходе инженерно-психологических исследований деятельности операторов систем слежения.

#### **Задержка зрительной обратной связи.**

Различают два типа задержки обратной связи. При первом — результат реакции просто отсрочен. При втором — результат реак-

ции разворачивается постепенно и завершается через определенный период времени [278,76]. В экспериментальной психологии имеются материалы о влиянии задержек зрительной обратной связи на двигательные навыки разных видов, игру на музыкальных инструментах, ритмические движения, слежение, сборку предметов, операции на пульте и т.д. Обнаружено сходство нарушений сенсомоторных координации, проявляющихся в торможении двигательной активности, увеличении времени движения и количества ошибок, появлении ненужных и повторяющихся действий, медленной адаптации к ситуации [278]. У многих испытуемых наблюдаются выраженные эмоциональные расстройства и потеря интереса к выполнению задания.

В работах, исследующих влияние задержки зрительной обратной связи на выполнение действия в задачах дискретного и непрерывного слежения, отмечается ухудшение слежения при введении даже небольшой задержки. При этом в первую очередь снижается точность слежения. Ее падение — это наиболее явный признак нарушения сенсомоторного действия. Исследователи, определяя характер зависимости между временем задержки и точностью слежения (М. Левин [237], Дж. Конклайн [175], Т. Шеридан и В. Феррелл [277], Х. Као [218], А.И. Новиков с соавт. [113]), установили линейное снижение точности при увеличении времени задержки в ситуациях непрерывного (преследующего и компенсаторного) и дискретного слежения. Изучаемые временные интервалы составили соответственно 0-2,7 с; 0-1 с; 0-1,5 с; 0-0,5 с. Однако, в работе М. Уоррика [300] при исследовании компенсаторного слежения гипотеза о линейном соотношении точности и времени задержки в интервале 0-0,32 с не подтвердилась.

Сложность задачи выступала в качестве исследуемого фактора и в работах Дж. Конклина [174], А.М. Зингермана и Н.В. Сивохиной [65]. Легкой задачей считалось слежение по предсказуемой траектории, а трудной — по непредсказуемой. Дж. Конклином показано, что при увеличении задержки от 0 до 16 с в легких задачах точность резко падает только при самых коротких задержках. При выполнении трудных задач качество слежения ухудшалось. А.М. Зингерманом и Н.В. Сивохиной при задержке в интервале 0,2-1 с показано ухудшение качества слежения в задачах с нерегулярной траекторией движения цели по сравнению с регулярной. При этом установлено, что зависимость носит нелинейный характер.

Наряду с характеристиками входного сигнала, значимыми для точности слежения с задержанной обратной связью, являются конструктивные особенности системы управления. М. Роквэй [266] установил зависимость точности слежения от величины задержки зрительной обратной связи в системах слежения с разной чувствитель-

ностью. Варьировалось время задержки (0,3; 0,6; 1,5; 3,0 с) и коэффициент передачи (КП) (1:3; 1:6; 1:15; 1:30), который определяется как отношение линейного перемещения органа управления к линейному перемещению индекса на экране. Показано, что при наименьшей чувствительности системы слежения (КП = 1:3) ошибка возрастает с увеличением времени задержки линейно. В системах с большей чувствительностью (КП" 1:6; 1:15; 1:30) одни и те же значения ошибки получены при задержке соответственно в 0,6; 1,5; 3,0 с.

В некоторых работах изучалось влияние типа системы слежения на точность работы в условиях задержки зрительной обратной связи. Дж. Конклиным [174, 175] установлено, что преследующее слежение даже с односекундной задержкой эффективнее компенсаторного без задержки. К. Смит [130] объясняет это тем, что при компенсаторном слежении оператору трудно отличать ошибки, которые возникают из-за его собственных движений, от ошибок, происходящих за счет изменения маршрута цели.

Нарушение сенсомоторной организации исполнительного действия при задержке зрительной обратной связи оказывается на структурных характеристиках движения, выражаясь в нарушении плавности движения. Этот эффект особенно выражен при выполнении непрерывных движений. В этом случае происходит коренная перестройка двигательного акта, которая приводит к превращению непрерывного слежения в дискретные движения [278]. Сходные результаты, но для дискретного слежения получены А.И. Новиковым с соавт. [113]. Показано, что при введении задержки целостное действие выполняется в два этапа. На первом — совершается баллистическое движение, реализуемое по сформированной в латентный период программе движения и без участия обратной связи. На втором — выполняется серия корректировочных движений, перемежающихся полными остановками, что позволяет испытуемому контролировать пройденный участок пути и планировать последующий. В работе установлено, что количество подобных корректировочных микродвижений возрастает с увеличением времени зрительной задержки. Авторы оценивали перестройку исполнительного действия не только по изменению общего времени и точности выполнения, но и по изменению микроструктуры двигательного акта. Оказалось, что существенные изменения в структуре исполнительного действия происходят за счет увеличения времени и удельного веса стадии контроля и коррекций. Если в условиях нормальной обратной связи время этой стадии составляет 42 % от общего времени действия, то при введении задержки в 0,1 с оно возрастает до 54%, а при задержке 0,5 с — до 63%. Это свидетельствует о том, что при введении задержки возрастают трудности текущей регуляции движения.

Задержка зрительной обратной связи является едва ли не самым сложным видом нарушения обратной связи. Приспособление к ней протекает долго и сложно. Даже после длительного обучения работающему не удается достигнуть результатов, характерных для нормальный условий [218, 278 ]. Однако, несмотря на очевидную сложность выполнения действий, сенсомоторная деятельность не разрушается полностью. Человек находит не только способы осуществления действий в подобных условиях, но по мере тренировки даже способен ускорить темп и качество работы. Так, за период 10-дневного обучения, включающего 1500 проб-реализаций, при задержке в интервале 0,1-0,5 с общее время движения сократилось в 2-2,5 раза, амплитуда коррекционных движений уменьшилась в 3 раза, точность возросла в 2,7-4,6 раза [113].

В основе адаптации к задержке зрительной обратной связи лежит изменение способа контроля движения, что выражается в изменении характерных для деятельности в нормальных условиях соотношений зрительного и кинестетического контроля. Дж. Лонг [238,239 ], анализируя возможности адаптации к задержке при печатании на машинке, обнаружил, что опытные испытуемыеправляются с заданием, отказавшись от использования зрительной обратной связи. Однако, способность использовать кинестетическую информацию взамен зрительной у неопытных испытуемых возникает не сразу, а по мере освоения данного рода деятельности и нахождении оптимального способа работы. И.А. Камышовым [76 ] показано, что курсанты летных училищ на первом этапе освоения управления самолетом по приборам с запаздыванием не могут отказаться от непрерывного использования зрительной информации и каждое движение рычагом управления контролируют зрительно, по приборам. Так как представляемая на них информация отражает не текущее, а прошлое (3-5 секундной давности) состояние объекта, то она не только не помогает, а напротив, вредит деятельности. Со временем курсанты научаются использовать другие источники информации о совершаемых движениях, в частности, проприоцептивную сигнализацию. Это становится возможным благодаря тому, что пилоты усваивают количественные соотношения между изменениями параметров и соответствующими отклонениями рычагов управления, и им во время управления нередко легче игнорировать запаздывающую зрительную информацию (используя ее лишь на этапе конечного контроля), чем синхронизировать ее с нормально поступающей кинестетической информацией.

Еще один способ адаптации к задержке зрительной обратной связи состоит в чередовании форм сенсорного контроля во время совершения движения: от визуального к кинестетическому, затем снова к

визуальному и т. д. [278]. В реальной деятельности это проявляется в нарушениях плавности движений и превращении их в цепь дискретных перемещений, когда субъект, совершая небольшое перемещение, ожидает "подхода" зрительной обратной связи для контроля произведенного движения.

Имеются материалы, касающиеся поиска количественных зависимостей, связывающих время задержки с точностью слежения. Однако, пока нет однозначных результатов. С определенным допущением можно говорить лишь о линейном характере обратной зависимости в интервале задержки от 0 до 1 с. При большем значении времени задержки результаты варьируют. По-видимому, характер зависимости определяется не только временем задержки, но и конструктивными особенностями системы управления, характером задачи, условиями проведения эксперимента и др. Безусловно, анализ деятельности оператора в условиях задержанной обратной связи по точностным и временным показателям несет существенную информацию об эффективности деятельности, однако, он не отражает более глубоких изменений, происходящих в ней. С этой точки зрения заслуживают внимания работы, в которых анализируется микроструктура и микродинамика адаптации к задержке зрительной обратной связи [76, 113, 238, 239, 278]. Все эти работы объединены стремлением авторов дать качественный анализ происходящих в деятельности изменений под влиянием задержки обратной связи.

#### **Выключение (прерывание) зрительной обратной связи.**

В деятельности оператора часто возникают ситуации, в которых визуальный контроль за выполнением действий затруднен или невозможен, сознательно не используется или используется периодически. Это может быть связано с технической конструкцией средств отображения информации (СОИ), с условиями функционирования системы, с организацией деятельности управления. Например, опытные пилоты сами отказываются от непрерывного использования зрительной афферентации, контролируя свое движение по приборам эпизодически, что связано с задержкой информации о собственных воздействиях в силу инерционности системы управления. Кроме того, при управлении самолетом, другими транспортными средствами, манипуляторами и т.п. зрение часто используется для получения наиболее важной на данный момент информации об окружающей обстановке и состоянии управляемого объекта, в то время как управляющие воздействия осуществляются как бы автоматически, без визуального контроля. Лабораторные исследования, выполненные с помощью выключения зрительной обратной связи, преследуют не только практические цели. Данный методический прием из всех

видов нарушения обратной связи наиболее часто используется исследователями в качестве средства, позволяющего изучить структуру и механизмы регуляции двигательных актов.

При выключении зрительной обратной связи в первую очередь нарушается точность движения. В исследовании С. Клаппа [226] показано, что при выполнении испытуемыми точностных движений в отсутствии зрительной обратной связи процент ошибок значительно больше при совершении более длинных движений. Автор предложил, что длинные движения регулируются по ходу выполнения зрительной обратной связью, в то время как короткие программируются заранее. Позднее С. Клапп [227] пересмотрел свои результаты и подтвердил вывод Р. Шмидта и Д. Рассела [273] о том, что короткие движения совершаются за меньшее время, чем длинные, поэтому субъекту при их выполнении не хватает времени для использования зрительной обратной связи. Р. Кристин и др. [173], изучавшие выполнение коротких движений с быстрой и медленной скоростью при наличии и отсутствии обратной связи, подтвердили, что именно время движения является определяющим фактором в использовании зрительной обратной связи. Вместе с тем, С. Мор [248] выявил "чистый" эффект влияния амплитуды на точность выполнения. В его исследовании движения разной амплитуды (600, 1200, 1800, 2400 ед. экрана) выполнялись за одинаковое время 400±40 мс. Обнаружено, что с увеличением амплитуды перемещения возрастает ошибка, представленная зоной разброса попаданий в цель.

Р. Вудвортс [307] показал, что при закрытых глазах точность не зависит от скорости. При больших значениях скорости точность при закрытых и открытых глазах одинакова, что объясняется очень малым временем движения, которого не хватает для использования зрительного контроля при открытых глазах. Сходные результаты получены С.Б. Ребриком [119], изучавшим точность быстрых (250-350 мс) и медленных (600-700 мс) движений при наличии и отсутствии зрительной обратной связи. Установлено, что при отсутствии зрительной обратной связи точность быстрых и медленных движений приблизительно одинакова, при наличии обратной связи медленные движения по точности в 3-4 раза превосходят быстрые. Значит, с уменьшением времени выполнения действия снижается степень использования в его регуляции зрительной обратной связи.

Еще одна закономерность выявлена на основании анализа знака ошибки выполнения. Обнаружено, что при выполнении движений большой амплитуды без обратной связи наиболее часто встречаются "недолеты" до цели, а при выполнении движений малой амплитуды — "перелеты" [261, 262].

Таким образом, с помощью выключения зрительной обратной связи в движениях разной амплитуды, скорости, длительности получены данные, позволяющие оценить ее роль в регуляции движений. Показано, что зрение по отношению к движению выполняет не только инициирующую функцию, но и осуществляет текущий контроль за точностью выполнения.

В ряде исследований показано, что точность движения изменяется в зависимости от момента выключения зрительной обратной связи [43, 168, 248]. Л. Карлтон [168] варьировал зрительную обратную связь в задачах попадания в цель так, что только финальный участок движения был виден испытуемому. Он обнаружил, что точность ответа не зависит от того, видит ли испытуемый начальный участок движения. С. Мор [248] при выполнении простых целевых движений длительностью  $400 \pm 40$  мс отключал зрительную обратную связь через 0, 140, 160, 180, 200, 300, 400 мс от начала движения. Результаты показали, что с увеличением времени движения выполняемого с обратной связью, возрастает точность действия. Анализ точности также позволил автору предположить, что в первые 180 мс движения зрительная информация не используется. Такие же данные получены в исследовании Н.Д. Гордеевой и С.Б. Ребрика [47]. Ю.О. Сливицкий [129] в задаче попадания управляемым по вертикали пятном в движущуюся по горизонтали цель выключал зрительную обратную связь путем введения маски разного размера. Показано, что с увеличением размера маски возрастает величина ошибки. При малой маске (2,5 см) ошибка по оси Y возрастает в 6 раз, а при большой — более чем в 10 раз. Полученные данные подтверждают положение о том, что значимость обратной связи возрастает на конечных участках движения.

В экспериментах А.И. Назарова [109] по слежению за сигналом разной частоты (0,2-0,4-0,6 Гц) и одинаковой амплитуды (8 см) прерывалось высвечивание: 1) входного сигнала; 2) выходного сигнала; 3) входного и выходного сигналов одновременно. Интервал дискретности ( $t$ ) составлял 0,2; 0,5; 0,8 с. Длительность импульса — 0,1 с. Установлено, что связь между величиной ошибки и интервалом дискретности неодинакова и зависит от того, какой из двух сигналов остается невидимым. При прерывании входного сигнала ошибка возрастает с увеличением  $t$ , а при прерывании выходного при всех  $t$  она остается примерно одинаковой. Вместе с тем в работе показано, что одновременное прерывание входного и выходного сигналов приводит к резкому возрастанию ошибки (более чем в два раза по сравнению с расчетной).

Результаты этого исследования интерпретируются в терминах взаимозависимости между перцептивными и моторными функциями.

ми. Высказывается предположение о том, что зрительная экстраполяция, складывающаяся во время тренировки, постоянно контролируется обратной связью по выходному сигналу, который управляет движением руки. Иными словами, ориентировка испытуемого на выходной сигнал необходима не tanto для коррекции ручных движений, сколько для формирования точных экстраполирующих функций зрительной подсистемы. В изучаемой экспериментальной ситуации взаимодействие между двумя подсистемами регулируется че-рез внешние каналы обратной связи и поэтому решающее значение имеет ориентировка испытуемого на входной и выходной сигналы. Вследствие этого прерывание обратной связи вызывает резкое увеличение ошибки.

Таким образом, выключение зрительной обратной связи в разные моменты движения позволило оценить ее вклад в регуляцию действия на разных этапах его осуществления.

Усилия целого направления исследований связаны с анализом внутримодального и межмодального воспроизведения движений. Важным результатом является доказательство неравенства масштабов "образов пространства", построенных на основании зрительной и проприоцептивной информации. Проприоцептивное пространство сжато в сравнении со зрительным [144]. Так, в работе Г. Раффель [263] установлено, что отношение зрительно воспринятой длины к эквивалентной, воспринятой кинестетически, составляет 1,45. Это означает, что при кинестетическом восприятии человек расценивает отрезок, как равный эталонному зрительному, тогда как физическая его длина меньше в 1,45 раза. С. Миллар [247], проводя эксперименты с детьми разного возраста, подтвердила предположение о меньшем размере кинестетического образа пространства. В работе Г. Ди-верга и Г. Стельмаха [182] показано, что размеры кинестетического пространства сжаты по сравнению с визуальным и переход от кинестетического восприятия длины к визуальному воспроизведению не равноценен обратному переходу. И.Е. Цибулевский [144], анализируя данные исследований, выполненных по этой тематике, делает заключение о том, что линейные размеры в кинестетическом пространстве сокращены по сравнению с размерами в зрительном пространстве. При этом отношение эквивалентных размеров колеблется в пределах 0,7-1,0 в зависимости от ряда факторов: вида движения (активное, пассивное), характера фона зрительного сигнала, длины. По мнению И.Е. Цибулевского, один из результатов обучения точным движениям состоит в уравнивании масштабов кинестетического и зрительного пространства.

Отмечая значение анализа точности действия в исследованиях с выключением зрительной обратной связи, необходимо, однако, за-

метить, что в тех случаях, когда изучаются более сложные исполнительные действия, чем простое нажатие на кнопку, целесообразно анализировать изменения структурных характеристик действия, которые несут важную информацию о механизмах его регуляции. В исследовании Ю.Т. Шапкова [147] изучалась временная структура движений гребцов при ограничениях периферического зрения и полном выключении зрения. Для этого в первом случае надевались очки с трубками, а во-втором — закрывались глаза. Цикл движений гребцов состоит из подготовительной фазы, во время которой происходит занос весла, и рабочей фазы, когда весло проводится через воду для продвижения лодки. В исследовании принимали участие мастера спорта и спортсмены 1 разряда. При обоих видах выключения зрения изменяется время цикла. При ограничении зрения у мастеров оно уменьшается за счет укорочения и подготовительной и рабочей фаз цикла, а у перворазрядников — увеличивается за счет только подготовительной фазы. При полном выключении зрительного контроля изменения времени цикла происходят за счет рабочей фазы. Следовательно, изменение структуры действия в условиях выключения зрения определяется уровнем сформированности навыка. Аналогичный вывод следует и из исследования М. Фишмана и Т. Шнейдера [189], в котором участвовали бейсболисты и неопытные испытуемые. Они должны были ловить мяч при условии, что рука была закрыта от испытуемого экраном. Оказалось, что у опытных спортсменов позиционная фаза действия (установление руки в нужную позицию) нарушается очень мало, у неопытных — введение экрана вызывает особенно сильное нарушение позиционной фазы. Следует заметить, что вывод о нарушении структуры действия делался на основании анализа характера ошибок. Ошибка, свидетельствующая о нарушении позиционной фазы, состояла в том, что испытуемый располагал руку так, что мяч пролетал мимо. Ошибка схватывания состояла в том, что мяч, коснувшись руки, отскакивал в сторону. В аналогичном исследовании М. Смит и А. Марриота [280] у неопытных испытуемых также зафиксированы значительные нарушения позиционной фазы. М. Фишман и Т. Шнейдер объясняют полученные результаты тем, что уровень навыка определяет использование суставной проприоцепции для установления положения руки в условиях, когда испытуемый ее не видит. Неопытные испытуемые не умеют использовать информацию, поступающую от проприоцепции, что приводит к значительным нарушениям исполнительного действия. Однако, авторы не отрицают и другой точки зрения, согласно которой для успешного осуществления действия в условиях выключения обратной связи необходима адекватная действию моторная программа. Но она строится на основе практики, поэтому у

неопытных испытуемых программа действия еще не может обеспечить надежную информацию о положении руки. И наконец, еще одно важное пояснение. В ситуации, создаваемой в эксперименте с помощью экрана, выключалась не только обратная зрительная связь от движущейся руки, но и частично зрительная афферентация от летящего мяча. Авторы работы предполагают, что это могло повлиять на позиционную фазу только неопытных испытуемых, потому что опытный спортсмен может точно установить полетные характеристики мяча и использовать их для занятия правильной позиции. Однако, нарушения фазы схватывания у опытных спортсменов могут быть связаны именно с отсутствием вида мяча.

Обсуждая данные о различиях в выполнении действий при выключении обратной связи у опытных и неопытных испытуемых, мы затронули тему, связанную с вопросами адаптации. Из предыдущих исследования можно заключить, что в ситуациях с выключением зрительной обратной связи важно умение использовать другие источники информации о совершаемом действии. В первую очередь это относится к проприоцептивной чувствительности. И.А. Камышов [76] проводил эксперименты с опытными пилотами, с выключением зрительной информации о параметрах полета. Для этого приборы закрывались шторкой. Задача испытуемого состояла в том, чтобы выполнить задаваемые экспериментатором эволюции — вводить крен на 15 и 30 градусов. Опытные пилоты успешноправлялись с заданием, так как могли верно определить необходимую амплитуду и длительность отклонения рычагов управления. Следовательно, чтобы пилот мог успешно управлять самолетом без зрительной коррекции, ему необходимо усвоить количественные зависимости между требуемыми параметрами полета и величиной отклонения рычагов управления.

Помимо кинестетической информации в ситуациях с выключением зрительной обратной связи используются тактильная и акустическая информация. Например, в работе Р. Кристины и др. [173] показано, что наличие контакта руки с платформой, вдоль которой она перемещается, значительно повышает точность действия, выполняемого в "слепых" условиях. С. Хендерсон [208], изучая стрельбу из лука в условиях текущей и конечной обратной связи, а также при их отсутствии обнаружил, что по мере тренировки наблюдается некоторое улучшение результатов. Это было обусловлено использованием звуковых сигналов при попадании стрелы в мишень. Таким образом, выключение зрительной обратной связи стимулирует использование незрительной информации о совершаемых движениях.

Осуществление сенсомоторной деятельности в условиях задержанной и выключененной зрительной обратной связи является не толь-

ко реальной технической, но и инженерно-психологической проблемой. Деятельность оператора в системах с задержанной или прерываемой информацией о собственных воздействиях сложна и требует от работающего хорошей профессиональной подготовки. Поэтому для обучения операторов необходимо иметь представления об основных психологических закономерностях формирования деятельности в подобных условиях. Исследования влияния этих нарушений на точностные и скоростные характеристики действия представляет несомненный интерес, но не менее важно разобраться в том, как эти нарушения влияют на структуру действия в целом и на поведение отдельных ее компонентов. Чрезвычайно важно с научной и практической точки зрения определить, какие компоненты функциональной структуры действия устойчивы к нарушениям обратной связи и к каким именно, и какие компоненты, напротив, изменчивы и в каких пределах. Знание этих закономерностей может способствовать повышению эффективности и надежности работы в трудных для человека условиях. Именно анализу перечисленных флюктуаций в структуре действия при нарушении зрительной афферентации и посвящены излагаемые далее исследования.

### **5.2.2. Зависимость структурной организации сенсомоторного действия от полноты зрительной афферентации**

Авторы исследований роли обратных связей в регуляции движений и действий главное внимание уделяли таким внешним характеристикам действия, как скорость, точность, нарушение непрерывности и т.п. Изменения структурных характеристик действия, как правило, оставались в тени. Это объясняется тем, что предметом исследования выступало не действие, как таковое, а та или иная форма обратной связи. В исследовании Н.Д. Гордеевой и С.Б. Ребрика предметом изучения стала структура моторного компонента действия, а вариации зрительной обратной связи — методическим средством ее изучения [47].

Задача исследования состояла в микроструктурном анализе моторного компонента действия и в определении его чувствительности к зрительной обратной связи. Переменными были степень полноты зрительной афферентации, а регистрируемыми параметрами — скорость и точность выполнения действия. Методический прием состоял либо в полном, либо в частичном отключении зрительной обратной связи, локализованном на разных участках временной оси моторного компонента действия. Обратная связь использовалась в качестве своего рода зонда, с помощью которого оказалось возможным прощупывание структурных характеристик моторного компонента действия.

Исследование проводилось на стенде, описанном в третьей главе. Тестовый материал представлял собой расположенные на горизонтальной оси индикатора стартовую позицию и цель, представляющую собой квадрат зеленого цвета размером 1 Ох 10 мм. Управляемый индекс был красного цвета и соответствовал размерам и форме цели. При их совмещении образовывалась цветовая граница, что способствовало их четкому совмещению. Стартовая позиция находилась в левой части экрана. Цель предъявлялась всегда в одном и том же месте на расстоянии 30 см от старта. Варьировалось время прерывания обратной связи и локализация участка прерывания по пути движения к цели. Использовались пять режимов гашения управляемого индекса, задаваемые по программе ЭВМ в случайном порядке. Режим "А" — непрерывная зрительная обратная связь на всех этапах выполнения действия. Режим "Б" — прерывание зрительной обратной связи в момент начала движения на период  $t_1$ , равный 120, 180 и 250 мс. Режим "В" — прерывание зрительной обратной связи через период  $t_1$  на период  $t_1$ , также равный 120, 180, 250 мс. Режим "Г" — прерывание зрительной обратной связи через период  $2t_1$  от начала движения и до совмещения с целью. Следовательно, прерывание зрительной обратной связи в режиме "Г" начиналось либо через 240, либо через 360, либо через 500 мс от начала движения к цели. Режим "Д" — полное отключение зрительной обратной связи от начала движения к цели до совмещения с ней. Все режимы предъявлялись в течение эксперимента в случайном порядке. Каждый испытуемый выполнял по 300 тренировочных и 500 основных проб.

По ходу эксперимента регистрировались и хранились в памяти ЭВМ латентное время, время движения, включающее стадию реализации, состоящую из фаз разгона и торможения, и стадию контроля и коррекции; алгебраическая точность совмещения с целью; максимальная скорость, развиваемая при переходе от стартовой позиции к цели; максимальное ускорение; время нарастания скорости и ускорения до максимальных значений.

Результаты свидетельствуют о том, что изменение условий практически не сказалось на времени латентной стадии действия. Ее значения колеблются в пределах 280-300 мс. Это вполне объяснимо, т.к. манипулирование обратной связью в виде полного или частично-го отключения управляемого индекса осуществлялось только после начала движения. Ситуация для испытуемого в моменты программирования движения ничем не отличалась от условий непрерывной зрительной афферентации.

Время движения ( $T_{дв}$ ) в условиях прерывания зрительной обратной связи зависит от величины периода прерывания и от его локализации. Прерывание в режиме "Б" на 120 и 180 мс практически не

вызывало изменение времени движения в сравнении с режимом "А", прерывание на 250 мс вызывало увеличение времени почти на 100 мс. (Табл. 5). Такое же увеличение времени движения зарегистрировано и при прерывании зрительной обратной связи в режиме "В" на 180 мс, прерывание на 250 мс вызывало увеличение времени движения на 170 мс. Режим "Г" не вызывает значимого изменения времени движения и не зависит от величины периода отключения управляемого индекса. Полное отключение обратной связи (режим "Д") существенно в 1,8 раза увеличило время движения по сравнению с условиями полной зрительной афферентации.

Значения ошибки ( $A [a]$ ) существенным образом зависят от величины и локализации периода прерывания зрительной обратной связи. Наибольшее увеличение ошибки в 12 раз в сравнении с режимом "А" зафиксировано в режиме "Д". Значительны ошибки в режиме "Г". Прерывание зрительной обратной связи через 240 мс от начала движения и до момента совмещения с целью вызывает увеличение ошибки в 2,3 раза. По мере уменьшения периода движения без обратной связи уменьшается и величина ошибки: отключение через 360 мс уменьшает ошибку до 1,8 раза; через 500 мс, то есть в конце стадии реализации, вызывает незначительное увеличение ошибки в 1,3 раза в сравнении с режимом "А".

Такое же увеличение ошибки наблюдается в режиме "В" при прерывании обратной связи на 250 мс через 250 мс после начала движения, причем даже увеличение времени движения на 170 мс не компенсировало потери в точности. В других случаях режима "В" наблюдается очень незначительное (в пределах 0,5 мм) увеличение ошибки, при этом отключение обратной связи на 180 мс вызывает прирост времени движения почти на 100 мс. В режиме "Б" потери точности в сравнении с нормальной афферентацией не наблюдается, увеличивается лишь время движения почти на 100 мс при отключении зрительной обратной связи на 250 мс от начала движения.

Достаточно чутко на изменение полноты зрительной афферентации реагирует собственно моторный компонент действия (Tr), состоящий из фазы разгона и торможения. Реагирует на эти изменения фаза торможения, а фаза разгона остается практически неизменной. Особенно ярко стабильность фазы разгона выступила в экспериментах с полным отключением зрительной обратной связи. Подтверждением этому является время нарастания среднеквадратического отклонения, которое в этих условиях соответствует значениям, полученным в условиях полной зрительной афферентации. Иначе ведет себя тормозная стадия. Здесь ниспадающие ветви кривой сильно отличаются одна от другой (рис. 28). Следовательно, начальные участки движения достаточно стабильны и мало чувствительны к раз-

Таблица 5. Зависимость времени и точности движения от полноты зрительной обратной связи.

Режим	А	Б			В			Г			Д	
		От 0 до 120	От 0 до 180	От 0 до 250	через 120 на 120	через 180 на 180	через 250 на 250	через 240 до конца	через 360 до конца	через 500 до конца		
Время прерывания зрительной обратной связи от начала движения	0										Пол- ное от- ключе-	
Размерность												
Тдв	мс	986	975.7	1020	1079	999.2	1077.2	1157.7	958	987.7	998.9	1170
$\sigma$ Тдв	мс	127	133.7	139.2	113.2	132.5	137.7	127.5	132	123.2	136.5	142
ошибка	мм	2.3	2.32	2.42	2.48	2.80	2.84	3.08	5.32	4.16	2.96	27.6

личным изменениям, вносимым в условия протекания действия. Они осуществляются по моторной программе, отработанной ранее, поэтому не нуждаются в текущих коррекциях. Более того, отключение обратной связи на 120, 180 и 250 мс в режиме "В" не только не вызвало каких бы то ни было изменений в точности совмещения в сравнении с нормой (режим "А"), но даже не замечалось испытуемым. С. Мор также приводит данные, что на конечную точность не влияет отключение зрительной обратной связи в первые 180 мс движения [248].

Однако, благодаря большому количеству степеней свободы кинематических цепей человеческого тела, действию реактивных и внешних сил, никакая, даже точно дозированная система пусковых эfferентных импульсов, произведенных заранее, не может однозначно определить параметры требуемого движения [Н.А. Бернштейн, 20]. И действительно, после того, как среднеквадратическое отклонение достигает максимума при наличии и в отсутствии обратной связи наблюдается его снижение примерно на 30% (это снижение, видимо, происходит за счет проприоцептивных обратных связей). Далее, при зрительной обратной связи значения разброса продолжают снижаться, доходя к концу движения до нулевых значений. Без обратной связи среднеквадратическое отклонение остается на прежнем уровне, вплоть до появления управляемого индекса. После чего через латентный период наблюдается снижение разброса и приведение его к нулевым значениям (см. рис. 28).

Описанное поведение среднеквадратического отклонения тормозной фазы действия доказывает наличие в ней текущих коррекционных процессов. Необходимость текущих коррекций для достижения точности действия подтверждается данными среднеквадратического отклонения значений ошибки в условиях частичного прерывания зрительной обратной связи (режим "Г"). Отключение зрительной обратной связи через 240 мс, т.е. еще до начала тормозной стадии, лишило испытуемых возможности осуществлять текущие коррекции, что приводило к увеличению ошибки в сравнении с полной зрительной афферентацией более чем в 2 раза. Отключение же зрительной обратной связи в конце тормозной стадии, через 500 мс после начала движения, вызвало незначительное увеличение ошибки (на 0,6 мм) в сравнении с режимом "А". Иначе говоря, вклад текущих коррекций настолько велик, что даже отсутствие зрительной обратной связи в стадии контроля и коррекций, то есть непосредственно в моменты совмещения с целью, оказалось менее значимым для достижения точности, чем ее отсутствие в тормозной стадии действия, когда совершаются активные коррекционные движения по ходу выполнения действия.

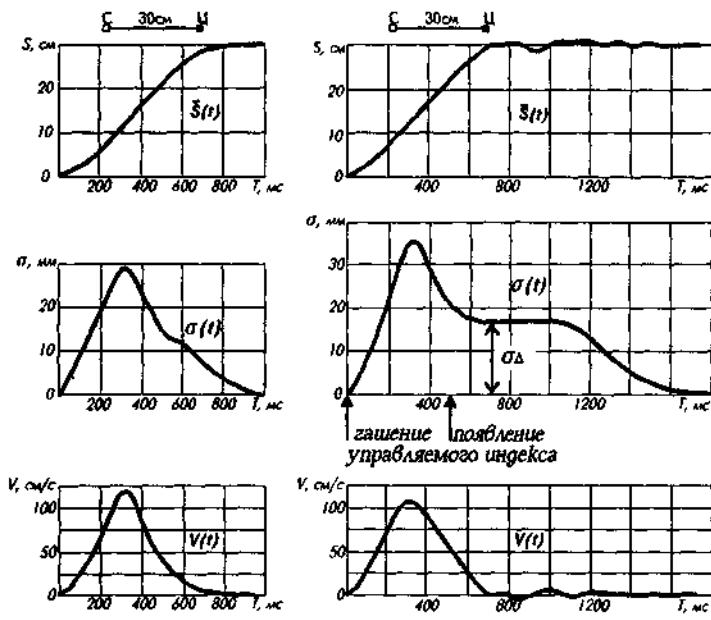


Рис. 28. Зависимость характеристик исполнительного действия от полноты зрительной аfferентации.

Выполненное исследование позволяет сформулировать некоторые общие положения. Моторный компонент действия представляет собой достаточно сложное образование, различные участки которого несут разную функциональную нагрузку и характеризуются различными свойствами. Баллистическая часть действия практически нечувствительна к зрительной обратной связи, тормозная часть — обладает максимальной чувствительностью. Такая сложная организация моторного компонента действия в высшей степени эффективна. Она обеспечивает возможность объединения в одном двигательном акте принципиально различных типов управления — программного и афферентационного. Конечно, соотношение между этими типами

управления в каждом конкретном двигательном акте определяется многими обстоятельствами, такими как скорость осуществления действия, требуемые амплитуда и точность, степень освоенности, стабильность или динамичность условий, полнота зрительной обратной связи и др. Моторный компонент действия в свете изложенных результатов действительно представляет собой живое движение, обладающее свойствами реактивности и чувствительности, в котором теснейшим образом переплетаются биодинамическая и чувственная ткань.

### **5.2.3. Перестройка сенсомоторного действия в зависимости от изменения внешних средств деятельности**

Передаточные отношения между органом управления и управляемым с его помощью индексом (объектом) в такой же мере должны быть отнесены к числу внешних средств деятельности как и другие орудия, в том числе органы управления. Коэффициент передачи (КП) оказывает заметное влияние не только на внешние особенности действия, но и на его внутреннюю организацию.

Н.Д. Гордеева и Б.А. Скачко изучали динамику структурных изменений сенсомоторного действия и успешности его выполнения при смене коэффициента передачи и в зависимости от полноты зрительного контроля. Объектом исследования было инструментальное сенсомоторное действие дискретного точностного совмещения с целью. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, включающем: 1) индикатор, на экране которого предъявлялся тестовый материал, представляющий собой два одинаковых прямоугольника ( $3 \times 0,3$  см), один из которых — старт — находился у нижней границы экрана, а другой — цель — на расстоянии 18 см от стартта, строго по вертикали; 2) орган управления — рычаг, перемещающийся по одной координате в направлении "от себя - к себе", что соответственно движению управляемого им индекса, представляющего собой квадрат  $0,9 \times 0,9$  см, по экрану в направлении "вверх-вниз"; 3) блок управления коэффициентом передачи, с помощью которого можно было использовать следующие КП: 0,6; 2,5; 10\*; 4) ЭВМ, которая использовалась в активном режиме ведения экспериментов и для обработки полученных результатов.

\* Коэффициент передачи определяется как отношение величины линейного перемещения индекса на экране индикатора в см к величине линейного перемещения органа управления в см

В каждом эксперименте использовалось три значения коэффициента передачи, смена которых происходила через каждые 15 проб. Испытуемым сообщалось, что в течение эксперимента будет происходить смена передаточных отношений. Каждый эксперимент проводился со зрительным контролем и без него. Отключение зрительного контроля достигалось следующим образом. Через 5 мс после начала движения от старта к цели управляемый индекс гасился, и испытуемый, перемещая рычаг, не имел зрительной информации о перемещении по экрану управляемого им индекса. Испытуемым сообщалось, что они должны остановиться тогда, когда, по их мнению, невидимый для них индекс установится на цели и нажать на кнопку, расположенную на рычаге. Сразу после нажатия на кнопку управляемый индекс загорался и испытуемый мог оценить, насколько точно Он осуществил совмещение.

Задача испытуемого, независимо от используемых значений коэффициента передачи и полноты зрительной афферентации, состояла в точном совмещении управляемого индекса с целью таким образом, чтобы после их совмещения образовывался крест.

Полученные результаты подвергались микроструктурному анализу. По ходу эксперимента регистрировались и хранились в памяти ЭВМ временные параметры по стадиям действия: латентной; реализации, включающей фазы разгона и торможения; конечного контроля; регистрировалась также максимальная скорость движения и величина ошибки при совмещении индекса с целью отдельно в сантиметрах движения руки и экрана.

Остановимся на сравнительной оценке выделенных характеристиках действия в зависимости от полноты зрительного контроля. Подробный анализ характеристик действия при работе с разными передаточными отношениями будет дан в следующем разделе. До начала основной серии экспериментов с испытуемыми проводилась обучающая серия, в которойрабатывался устойчивый двигательный навык работы с каждым из трех КП. Результаты основной серии экспериментов (табл. 6) показали, что на уровне устойчивого навыка латентное время не зависит ни от величины КП, ни от полноты зрительной афферентации. Время реализации также не зависит от величины КП в условиях зрительного контроля, в его отсутствии значения реализации сохранились прежними только при работе с КП = 0,6. При работе с двумя другими коэффициентами передачи стадия реализации сократились на 150 мс. При этом уменьшилась только фаза торможения, фаза разгона осталась прежней, она вообще достаточно устойчива и к смене КП и к выключению обратной связи. Особенно сильно отсутствие зри-

Таблица 6.

Зависимость параметров действия от значения коэффициента передачи и полноты зрительного контроля.

Условия деятельности	Зрительный контроль			Отсутствие зрительного контроля		
Значение КП Параметры	0.6	25	10	0.6	2.5	10
T общ., с	1.54	157	1.70	1.34	1.11	1.12
T лат., с	0.35	0.33	0.37	0.34	0.36	0.38
T реал., с	0.75	0.77	0.77	0.75	0.61	0.62
T фазы разгона, с	0.23	0.22	0.20	0.24	0.21	0.20
T фазы тормож., с	0.52	0.55	0.57	0.51	0.40	0.42
T к. к., с	0.44	0.47	0.56	0.25	0.14	0.12
Суммарный контроль, с	0.96	1.02	1.13	0.76	0.54	0.54
Ошибка в см руки	0.46	008	0.07	0.75	0..55	0.44
Ошибка в см экрана	0.28	0.20	0.70	0.45	1..37	4.4
Vmax, см/с	109	48	22	118	48	25

тельной афферентации сказалось на стадии контроля и коррекции, которая сократилась в 3-4,6 раза при выполнении действий с КП, равном 2,5 и 10 соответственно. При работе с КП = 0,6 она уменьшилась в 1,7 раза. Завершающая стадия действия направлена на нивелирование допущенной при реализации ошибки и точное совмещение управляемого индекса с целью, поэтому уменьшение времени этой стадии в отсутствии зрительной афферентации естественно.

При зрительном контроле прослеживается прямая зависимость между значениями КП и временем контроля и коррекций. В его отсутствии эта зависимость становится обратной. То же можно сказать и о поведении текущего контроля, ответственность за который берет на себя тормозная фаза действия. Поэтому целесообразно проанализировать их суммарные значения. Во-первых, в условиях зрительного контроля величина суммарного контроля прямо-пропорциональна значениям КП, а без него, наоборот, с увеличением значений КП величина суммарного контроля уменьшается. Во-вторых, при выполнении действий с коэффициентами передачи 2,5 и 10 в условиях зрительной афферентации требуется в 2 раза больше времени для текущего и конечного контроля, чем в ее отсутствии, а для действий с КП = 0,6 всего на 200 мс больше. Создается впечатление,

что даже в отсутствии зрительного контроля действиям, выполняемым с КП = 0,6, необходима текущая и конечная коррекция.

И наконец, последнее — это показатель точности выполнения действия. Проанализируем величину, обратную точности — ошибку перемещения руки и индекса на экране. Поскольку в качестве переменной выступают разные значения коэффициента передачи, то одной и той же величине перемещения руки соответствует разные значения перемещения индекса на экране (при перемещении руки на 1 см индекс на экране перемещается на 10 см при КП = 10; на 2,5 см при КП = 2,5 и на 0,6 см при КП = 0,6).

Анализ ошибки запланированного действия в сантиметрах перемещения руки в отсутствии зрительного контроля показал, что с наименьшей ошибкой совершаются движения при КП, равном 10, т.е. при амплитуде перемещения руки на 1,8 см. Самая большая ошибка зафиксирована при КП = 0,6, что соответствует амплитуде перемещения руки на 30 см, она в 1,7 раза больше ошибки, зарегистрированной при перемещении на амплитуду, равную 1,8 см. Не надо забывать, что анализируется не просто разная амплитуда перемещения при стабильных передаточных отношениях, а именно разные значения передаточных отношений, которые определяют и амплитуду перемещения руки, и соответственно, смещение индекса на экране индикатора. Критичными для данной ситуации являются значения ошибки в сантиметрах экрана. Их анализ выявил тенденцию как раз противоположную только что описанной, т.е. наименьшая ошибка зафиксирована при КП, равном 0,6, а наибольшая при КП, равном 10. Причем разница огромна, она составляет 4 см. А так как оптимальным является коэффициент, при работе с которым ошибка в сантиметрах экрана минимальна, то в отсутствии зрительного контроля таковым является КП, равный 0,6 (см. табл. 6).

Попробуем разобраться, почему в условиях зрительного контроля оптимальным по показателю точности оказался КП, равный 2,5, а в его отсутствии — 0,6. При сопоставлении значений ошибки с разными коэффициентами в условиях наличия и отсутствия зрительного контроля выяснилось, что при КП = 10 и 2,5 ошибка без зрительной афферентации увеличилась более чем в 6 раз; а при КП = 0,6 — всего в 1,6 раза. Или, что более наглядно, в отсутствии зрительного контроля ошибка по экрану увеличилась при КП = 10 на 3,7 см, при КП = 2,5 на 1,17 см, а при КП = 0,6 всего на 17 мм. Объяснить это помогают уже упомянутые данные суммарного контроля и анализ соотношения удельного веса каждой выделенной стадии в целостном действии (рис. 29). В условиях зрительного контроля соотношение удельного веса стадий действия независимо от значений КП примерно одинаково: около половины всего действия занимает стадия реа-

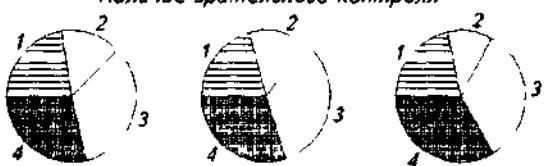
**Значения коэффициента передачи (КП):**

**КП=0.6**

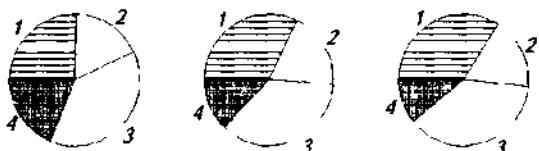
**КП=2.5**

**КП=10**

*Наличие зрительного контроля*



*Отсутствие зрительного контроля*



**Стадии действия:**

**1- латентная;**

**2, 3- реализации**

**2- фаза разгона,**

**3- фаза торможения,**

**4- контроля и коррекции.**

Рис 29 Соотношение удельного веса стадий действия в зависимости от значения коэффициента передачи и полноты зрительного контроля

лизации, а другая половина примерно поровну поделена между латентной стадией и стадией контроля и коррекций, с незначительной тенденцией к увеличению вклада последней при возрастании значений КП. Анализ соотношения удельного веса стадий действия в условиях отключенной обратной связи выявил зависимость их от значений КП. При КП, равном 0,6, соотношение долей анализируемых стадий соотносится с теми же данными в условиях зрительного контроля, отличие заключается в незначительном перераспределении удельного веса стадии контроля и тормозной фазы стадии реализации. При КП, равном 2,5 и 10, в отсутствии зрительной афферентации распределение долей стадий в целостном действии, во-первых,

примерно одинаково, во-вторых, отлично от соотношения долей при КП, равном 0,6, и в-третьих, существенно отличается от соотношения долей в условиях зрительного контроля. Изменения в соотношении удельного веса стадий действия при КП, равном 2,5 и 10 выражаются в увеличении вклада латентной стадии и резком сокращении в 2,5-3 раза вклада стадии контроля и коррекций в целостное действие. Описанное соотношение вклада стадий оправдано условиями проведения экспериментов, а именно, работой в условиях отключения зрительной обратной связи. Именно этими условиями и объясняется увеличение вклада латентной стадии, обеспечивающей построение моторной программы, в которой в отсутствии зрительного контроля должны быть в большей мере учтены возможные нюансы будущей реализации.

Чем объяснить, что без зрительного контроля соотношение долей компонентов структуры действия сохранилось только при КП, равным 0,6? При работе с этим коэффициентом рука, управляющая манипулятором, перемещается на расстояние 30 см в направлении "от себя", т.е. при переходе из стартовой позиции к цели рука из согнутого в локте положения вытягивается на полную длину. При этом, естественно, увеличивается проприоцептивная информация и облегчается мышечный контроль. При зрительной афферентации кинестетическая информация является побочной. При отключении зрительной обратной связи начинаются поиски информации другой модальности, которая взяла бы на себя функции контроля. Этую функцию при работе с коэффициентом, равным 0,6, и выполняет кинестетическая обратная связь. Субъективные отчеты испытуемых свидетельствуют о том, что в отсутствии зрительного контроля при КП, равном 0,6, работать легче, чем с другими коэффициентами, они более уверены в правильности выполненного движения. По их выражению, они "чувствуют" руку. Все они отмечали, что только в этих условиях к концу эксперимента в руке ощущалась усталость. При работе с этим коэффициентом появилась возможность почти полной замены зрительного контроля на кинестетический.

Однако, перераспределение контроля возможно только в условиях, провоцирующих активизацию обратной связи другой модальности.

Еще одной интегральной оценкой качества действия является со-поставление каждой реализации с эталоном. Эталоны получаются попарным сопоставлением проб фонового эксперимента, в результате чего выделяются информативные признаки, определяющие данное разбиение на классы, и служащие для характеристики именно данного класса. Для этого был использован линейный дискриминантный анализ, который дает возможность определить наиболее значи-



Рис. 30А. Соотношение реальных проб (сплошная линия) с эталоном (пунктир)

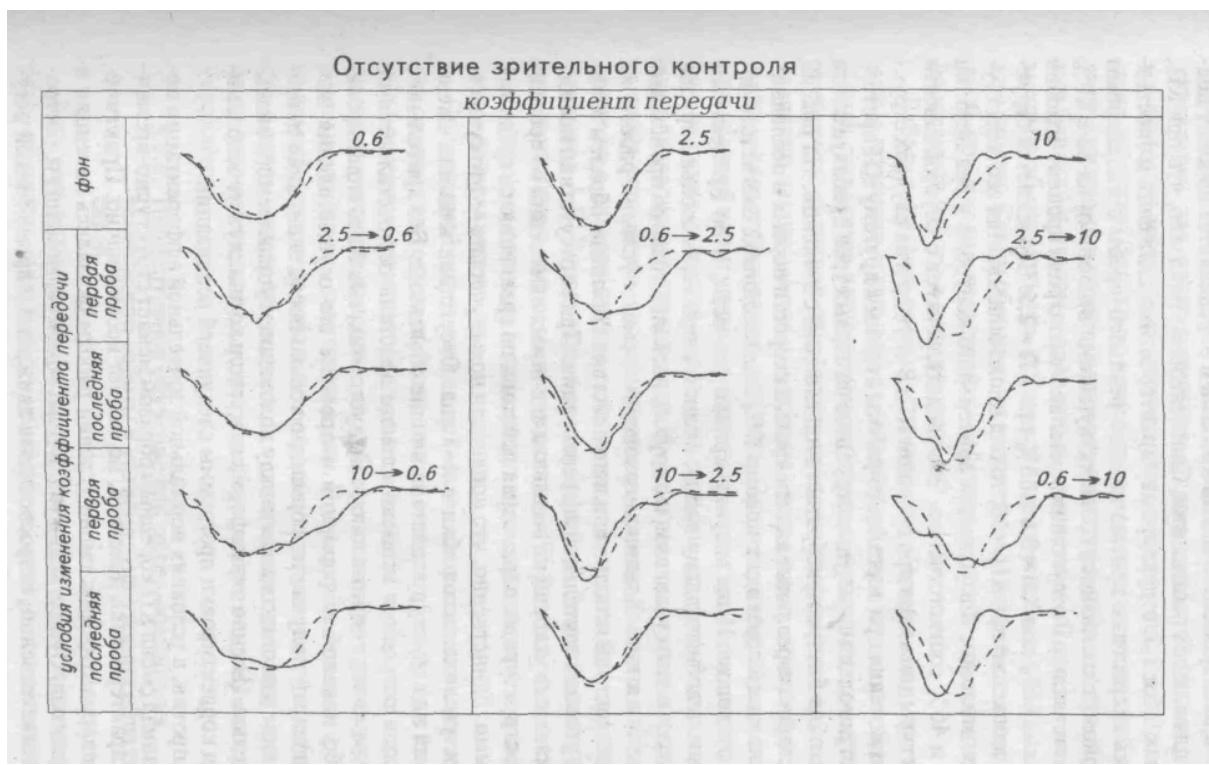


Рис. 30Б. Соотношение реальных проб (сплошная линия) с эталоном (пунктир)

мые для данной классификации координаты [81] ] Далее полученный таким образом этalon для каждого КП сопоставляется с соответствующими экспериментальными пробами и определяется процент подобия для каждой реализации. Сопоставление показало, что при КП, равных 0,6 и 2,5, структурные характеристики движения (сопоставлялись скоростные кривые каждой реальной пробы с выделенным эталоном) описываются соответствующими эталонами на 83 и 87% соответственно. В отсутствии зрительного контроля процент подобия составил 86% при КП = 0,6 и 83% при КП = 2,5. Что касается структуры движения при КП = 10, то она плохо описывается соответствующим эталоном и в условиях зрительного контроля и без него: на 58% и 46% соответственно. Это свидетельствует о неустойчивости структуры движения при большом КП. В двух других случаях структура движения при переходе от работы с одним к другому КП претерпевает довольно сильную деструкцию на первых трех пробах, а затем достаточно быстро приобретает вид, сходный с эталоном. На рис. 30 представлены реальные записи кривых скорости первых и последних проб каждого перехода к новому КП, соотнесенные с соответствующим эталоном. И по рисунку кривой скорости, и по процентным данным подобия эталону видно, с одной стороны, насколько труден переход к новым условиям, а с другой, насколько быстро происходит адаптация к ним. Влияние неожиданной смены условий работы на характеристики исполнительного действия коренным образом зависит от условий зрительной афферентации. При ее отсутствии неожиданная смена условий не вызывала значимых изменений во временных и структурных параметрах действия по сравнению со средними данными. Единственно, что привнесли новые условия — это существенное увеличение ошибки в 4-7 раз. Отсутствие влияния смены условий на структуру действия вполне объяснимо. Без зрительного контроля регуляция исполнительного действия осуществляется по программному типу, т.е. оно реализуется так, как было спланировано, ибо никакой информации о процессе его осуществления нет. Испытуемый получит информацию только после окончания действия в виде рассогласования между положением управляемого индекса и целью. Именно эта информация, и только она служит основанием для корректировки программы следующей реализации.

Напротив, в условиях нормальной зрительной афферентации неожиданная смена КП коренным образом меняет структурно-временные характеристики действия, но меняет неоднозначно. Практически инвариантными к смене условий работы оказались латенция и фаза разгона. Существенно увеличилась фаза торможения и контроля. Соответственно, возросло время движения и время тонкой регулировки, включающей время тормозной фазы и время контроля,

возросло и количество квантов, увеличилась ошибка (особенно значительно при КП =10). Резко меняется скорость, присущая действию с данным КП. Как правило, она близка к той скорости, которая была характерна для предшествующих условий работы. Иначе говоря, наблюдается деструкция сложившегося в предшествующих реализациях действия. Однако по прошествии всего нескольких проб наступает адаптация к новым условиям: структура действия приобретает вид близкий к эталону, временные, скоростные и точностные параметры стабилизируются, становясь характерными для данных условий работы. Таким образом и за счет чего всего в течение нескольких проб происходит перестройка действия и создается возможность адекватной работы в новых условиях?

Работа в фиксированных условиях способствует тому, что постепенно начинает складываться адекватный этим условиям образ, который становится регулятором действия, и программа, содержащая требуемые значения параметров предстоящего действия. В ней постепенно закрепляются скоростные, точностные, временные параметры, характеризующие действие. При неожиданной смене внешних условий испытуемый начинает движение на основе сложившегося в прежних условиях образа и программы, которые в данных условиях оказались неадекватными. Именно неадекватность программы, которая осознается после первого же кванта движения, является толчком к развертыванию сенсорных коррекций. Как справедливо указывал А.В. Запорожец, именно благодаря "актуальной коррекции движения к новым обстоятельствам" [96] постепенно наступает стабилизация процесса и как следствие — адаптация к новым средствам деятельности.

Приведенное исследование показало, что успешность деятельности зависит не только от технических средств и условий, в которых она протекает, но может быть даже в большей степени от использования внутренних резервов, способствующих перестройке действия в новых условиях и адаптации к ним. Полученные данные о функциональной структуре действия, о пределах ее ригидности и лабильности в разных условиях должны использоваться при проектировании деятельности оператора и учитываться при проектировании органов управления.

#### **5.2.4. Перцептивное обучение как метод повышения успешности работы в условиях нарушения обратной связи**

Как уже указывалось, существенным фактором, влияющим на эффективность деятельности человека-оператора, является согласованность внутренних и внешних средств деятельности.

Однако, реальная, трудовая, в частности, операторская деятельность часто осуществляется в условиях далеких от комфортных: дефицит времени, неопределенность ситуации, нарушения обратной связи от средств индикации и т.д. В связи с этим ведутся работы, целью которых является поиск путей и методов адаптации человека к разнообразным условиям работы. Актуальность подобных исследований сохраняется в связи с появлением большого класса новых задач и более сложного оборудования. Поэтому необходимо искать адекватные связи между меняющимися внешними средствами и внутренними способами деятельности человека-оператора.

В работах М.С. Белоховской, Н.Д. Гордеевой, Л.Б. Седаковой изучались количественные и качественные характеристики действия в условиях искаженной обратной связи в целях поиска возможностей адаптации к новым условиям [11, 12]. Объектом исследования было взято прослеживающее действие, переменными — размер траектории прослеживания, условия афферентации и метод адаптации к полноте и качеству обратной связи.

Работа проводилась на экспериментальном стенде, который состоял из индикатора экранного типа ( $70 \times 70$  мм) и двух шкальных индикаторов со световыми указателями, расположенными взаимно перпендикулярно внизу и справа от основного экрана; 2-х координатной ручки управления, при оперировании которой на экране индикатора изменяется положение светового пятна (размером  $1,5 \times 1,5$  мм), а на шкальных индикаторах — положение световых указателей. Перемещение ручки управления по осям X и Y соответствовало перемещениям в тех же направлениях пятна на экране индикатора и световых указателей на индикаторах с соотношением передачи 1:1 (рис. 31).

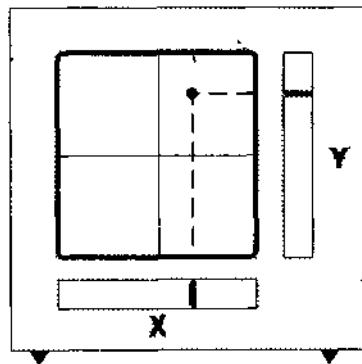


Рис 31. Индикаторы экранный и шкальный

Тестовый материал представлял собой матрицу с диагональными линиями разной величины. Испытуемый, оперируя органом управления, перемещал световое пятно по предъявленной траектории.

Нарушение обратной связи выражалось в следующем: управляемое пятно отключалось и контроль за прослеживанием тестовых траекторий осуществлялся по движению индексов горизонтальной и вертикальной шкал, перемещение которых отражало движение ручки управления, но разложенное на составляющие X и Y. С контролльной группой испытуемых проводилось специальное перцептивное обучение, которое в качестве метода обучения было предложено В.П. Зинченко. Оно завершало работу в режиме нормальной обратной связи и предшествовало работе с нарушенной обратной связью.

Перцептивное обучение строилось следующим образом. Экспериментатор, ориентируясь на другой экран, скрытый от испытуемого, проводил видимое пятно по различным траекториям тестовой матрицы.. Пятно на экране испытуемого было отключено, и он ориентировался, наблюдая за движениями индексов на шкалах. Задача испытуемого заключалась в том, чтобы по их движению определить, какая из тест-траекторий была предъявлена и назвать ее номер. При этом испытуемые не совершали никаких управляющих воздействий.

Применение микроструктурного анализа с использованием ЭВМ на линии эксперимента дало возможность с высокой точностью фиксировать величину и изменение скорости прослеживающих движений, величину отклонения от заданной траектории, а также изменение временных параметров прослеживающих движений по их составляющим (X, Y) и стадиям действия.

В нормальных условиях зрительной афферентации динамика временных характеристик была такой же, как при исследовании дискретного слежения, с той разницей, что при прослеживании частично редуцирована стадия конечного контроля и коррекции. Это не значит, что коррекционные движения отсутствовали в прослеживающих движениях, они переходили в стадию реализации, становились ее неотъемлемой частью. В этом состоит различие между дискретными и прослеживающими движениями\*. При дискретном слежении в стадии реализации фиксируются движения большой амплитуды в направлении объекта-цели, которые сменяются малыми, коррекционными в области цели (стадия коррекции и контроля). При просле-

\* Имеется в виду сформированное дискретное действие, структура же дискретного действия в период формирования сходна со структурой прослеживающего и характеризуется значительным весом когнитивного компонента в стадии реализации

живании нет быстрых движений большой амплитуды. Малая амплитуда и скорость прослеживающих движений диктуется задачей текущего точного прослеживания, поэтому траектория квантуется на ряд отрезков, перемежающихся остановками.

Таким образом, в условиях нормальной зрительной обратной связи изменения исследуемых параметров аналогичны изменениям, происходящим при формировании любого двигательного навыка. В течение первых трех экспериментов время движения по тест-траектории уменьшается почти в 2 раза, средняя скорость манипулирования органом управления возрастает в 1,5 раза. Более чем вдвое уменьшается количество остановок и их длительность, в 1,5 раза возрастает точность прослеживания. После третьего эксперимента и до конца прогресс обучения выражается в незначительных величинах: время движения уменьшается на 200-300 мс; средняя скорость оперирования органом управления возрастает на 5-10 мм/с; остается неизменной максимальная скорость. Точность прослеживания и количество остановок во время движения изменились также как и в первой половине экспериментального цикла: вдвое уменьшилось количество и длительность остановок и вдвое возросла точность прослеживания.

Иная картина наблюдается при нарушенной обратной связи. Во-первых, значительно увеличивается время когнитивных компонентов действия: латентной стадии почти в 3 раза, стадии контроля и коррекций — в 6 раз. Во-вторых, временные характеристики когнитивных компонентов действия нестабильны и в них практически отсутствует прогресс в обучении. Подобные явления наблюдались в исследованиях дискретных движений при усложнении условий протекания действия: при введении инверсии, динамичных условий предъявления информации, "возмущений-сбоев", вводимых в различные моменты совершения действия и т.д. (см. об этом в соответствующих разделах настоящей книги). Независимо от характера исследуемых движений изменения в структуре действия, выражающиеся в повышении веса когнитивных компонентов, возникают в ответ на то или иное усложнение, вносимое в условия деятельности.

Сопоставление данных времени реализации в условиях искаженной обратной связи после проведенного перцептивного обучения и без него выявило существенные различия. Без перцептивного обучения время реализации при переходе к работе с ориентацией на шкалы возрастает в 2,5-3 раза. С предварительным перцептивным обучением оно возрастает только в 1,1-1,3 раза. Средняя скорость при переходе к работе с ориентацией на шкалы после перцептивного обучения уменьшается в 1,5 раза, максимальная скорость, наоборот, увеличи-

вается в 1,3 раза. Без перцептивного обучения средняя скорость уменьшается в 2,7 раза, максимальная — в 1,2 раза.

Испытуемые (особенно на ранних этапах обучения или при внесении изменений в условия протекания действия) не могут проследить тест-траекторию с одинаковой скоростью. Происходит ее квантование на отдельные отрезки, где увеличение скорости сменяется остановками. Квантование идет изолированно по каждой координате. Нарастание и падение скорости реализации также идет независимо по каждой координате (рис. 32). Особенно ярко это проявилось в первые моменты обучения и при нарушении зрительной обратной связи. При переходе от работы в условиях нормы к работе в условиях нарушенной обратной связи без перцептивного обучения количество остановок возрастает в 2-2,5 раза, а их суммарное время увеличивается более чем в 10 раз. По мере обучения сокращается и количество остановок и их суммарное время, которое, однако, даже к концу обучения в 2 раза больше времени, полученного в конечном эксперименте в условиях нормы. После перцептивного обучения даже в первом эксперименте с искаженной обратной связью суммарное время остановок увеличилось только в 2 раза, а количество остановок снизилось по сравнению с конечными экспериментами в условиях нормы. К концу обучения суммарное время остановок стало таким, как в норме, а их количество сократилось вдвое.

Большое число остановок при прослеживании тест-траекторий в начале обучения и при введении нарушений свидетельствует о том, что в наиболее трудные моменты овладения действием происходит последовательное планирование и реализация частей траектории прослеживания. Пока действие еще не отработано или осложнено условиями протекания, спланировать движение по всей траектории бывает чрезвычайно трудно, а иногда просто невыполнимо. Действие дробится на отдельные дискретные движения, каждое из которых вполне самостоятельно, имеет свою программу и реализацию.

За счет чего наблюдается такая разница в поведении скоростных параметров в сериях с перцептивным обучением и без него?

Напомним, что перцептивное обучение состояло в определении тест-траектории по движению индексов на горизонтальной и вертикальной шкалах. На начальном этапе обучения испытуемый выбирает адекватное объекту перцептивное действие. Это достаточно трудно, о чем говорит большое число ошибок (около половины всех ответов ошибочны).

Овладение перцептивным действием начинается с построения перцептивной модели-образа, который непрерывно соотносится с оригиналом. По мере овладения перцептивными действиями, адекватными поставленной задаче, формируется образ — регулятор ис-

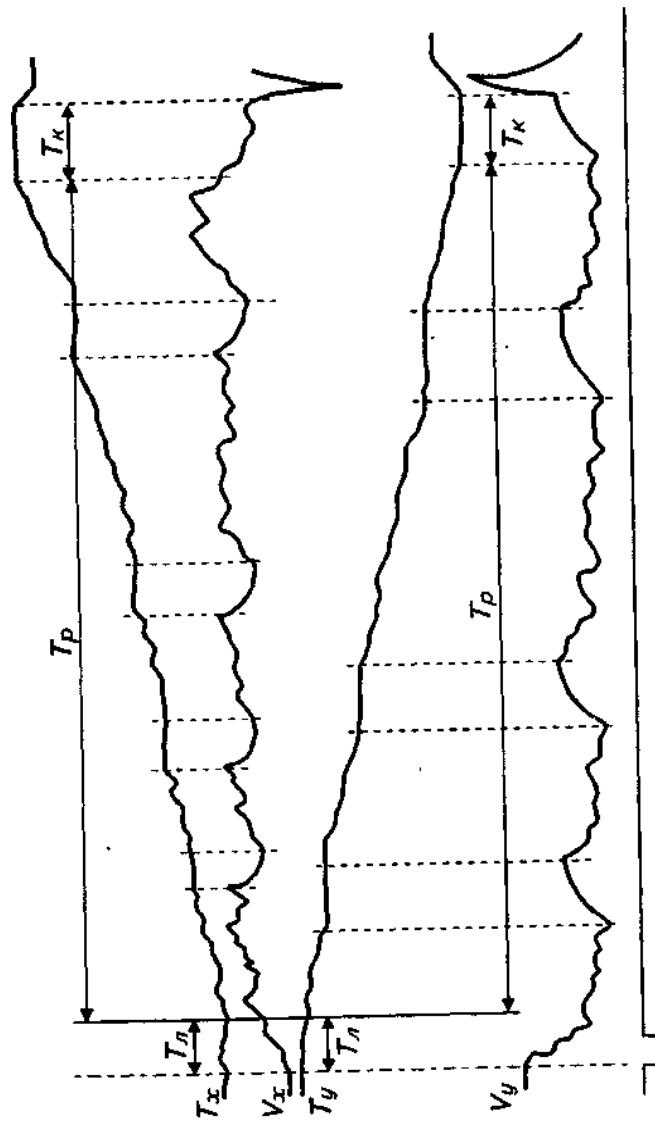


Рис. 32. Запись временных и скоростных характеристик прослеживающих движений (в стадии реализации отмечены участки падения скорости до 0 по координатам X и Y).

полнительных действий, приобретается навык безошибочного опознания заданной тест-траектории и построение вектора перемещения по движениям индексов на шкалах. Все это сказалось на увеличении скорости движения при переходе к работе с ориентацией на шкалы. В сериях без перцептивного обучения испытуемый решает одновременно несколько сложных задач, выполняет несколько различных действий: освоение перцептивных действий, построение перцептивного образа ситуации и вектора перемещения по движению индексов, моторное прослеживание тест-траектории по построенному вектору перемещения. Поэтому время реализации сильно возрастает, скорость оперирования органом управления падает, резко возрастает количество остановок, траектория прослеживания дробится на большое количество квантов, что в свою очередь вызывает уменьшение амплитуды движений и падение максимальной скорости прослеживания. Перцептивное обучение значительно снижает колебания исследуемых характеристик при работе с ориентацией на шкалы.

По мере тренировки как в условиях нормальной, так и в условиях нарушенной обратной связи наблюдается уменьшение интегральной ошибки отклонения от траектории прослеживания. К концу обучения в условиях нормы она стала соизмерима с величиной видимого пятна. При переходе к работе в условиях нарушенной обратной связи интегральная ошибка отклонения от траектории в сериях без перцептивного обучения увеличилась по сравнению с конечными экспериментами в норме в 6-8. К концу обучения она уменьшилась в 3,5 раза, но все же более чем вдвое превышала величину ошибки в конечных экспериментах нормы. Введение перцептивного обучения, предшествующего работе с нарушенной обратной связью, значительно повысило точность прослеживания. В первом эксперименте ошибка возросла в 2,5-4,0 раза. К концу обучения она уменьшилась в 2-2,5 раза и превышала величину ошибки в конечных экспериментах нормы в 1,7 раза.

Результаты исследования дали основания заключить, что применение перцептивного обучения, предшествующего работе в условиях нарушенной обратной связи значительно улучшило показатели всех исследуемых параметров и повысило эффективность работы в целом, облегчило усвоение собственно исполнительных действий. Перцептивное обучение дало возможность отработать когнитивную сферу будущего сенсомоторного действия: освоить адекватные задаче перцептивные действия; построить на их основе перцептивный образ — регулятор исполнительных действий; приобрести перцептивный навык построения вектора перемещения по движениям индексов на двух шкалах и научиться безошибочно определять траекторию прослеживания. Именно такое разделение перцептивного и моторного

процессов и дало возможность при переходе к управляющим воздействиям увеличить скорость и точность движений, уменьшить время реализаций и суммарное время остановок, уменьшить количество квантов движения и среднеквадратический разброс. Сравнительный анализ данных, полученных в условиях нормы и нарушенной обратной связи с предварительным перцептивным обучением, свидетельствует не только о возможности работы в трудных условиях, но и о достаточно эффективном ее выполнении.

Заканчивая раздел, посвященный роли зрительной обратной связи в управлении действиями, можно сделать следующие выводы:

- Нарушения зрительной обратной связи оказывают разрушающее влияние на сенсомоторные действия человека, вызывая изменения его временных, точностных, структурных характеристик, координации и плавности движений и т.д. Характер и степень выраженности изменений определяется видом нарушения обратной связи (задержка, смещение, выключение), характером и сложностью задачи, опытом работы и другими факторами.
- Исследователями накоплен большой экспериментальный материал о нарушениях зрительной обратной связи. Однако, они ориентированы преимущественно на получение количественных зависимостей. Не всегда учитывается, что нарушения зрительной обратной связи вызывает качественные изменения строения и организации исполнительных действий.
- Нарушения зрительной обратной связи используются исследователями в качестве методического приема при изучении механизмов сенсомоторных регуляций исполнительного действия. С их помощью показано, что начальная (баллистическая) часть движения практически нечувствительна к зрительной связи, тормозная часть — обладает максимальной чувствительностью. Получены также данные, позволяющие оценить вклад зрительной обратной связи в организацию текущих сенсомоторных коррекций и контроля за точностью выполнения действия, в формирование и корректировку внутренних средств организации действия: образа и программы.
- Нарушения зрительной обратной связи изменяют характер контроля исполнительного действия. Зрительный контроль становится дискретным, отсроченным или замещается другими видами контроля, и в первую очередь, кинестетическим. Умение использовать кинестетический контроль взамен зрительного определяется уровнем сформированности навыка

(опытом работы). Благодаря длительной тренировке меняется характер контроля, происходит его переориентация на другую модальность, что ускоряет адаптацию.

- Применение перцептивного обучения способствует выработке когнитивной сферы будущего действия, освоению адекватных задаче перцептивных действий, созданию перцептивного образа — регулятор исполнительных действий. Такое раздельное обучение способствует повышению эффективности работы при нарушении обратной связи.
- Использование вариаций зрительной обратной связи в качестве методического средства изучения функциональной структуры действия позволило сформулировать некоторые общие положения:
  - моторный компонент действия представляет собой сложное образование, различные участки которого несут различную функциональную нагрузку;
  - такая сложная организация моторного компонента действия обеспечивает возможность объединения в одном двигательном акте программного и афферентационного типов управления;
  - моторный компонент представляет собой живое движение, обладающее свойствами реактивности и чувствительности.

### **Раздел 3. Исследование взаимосвязи между амплитудой, временем, скоростью и точностью движения**

Взаимозависимость временных, скоростных и точностных характеристик двигательного акта была предметом многочисленных исследований. Одним из первых Р. Вудвортс [304], исследуя зависимость между скоростью и точностью, выделил две части движения: начальный импульс, который программируется заранее, и вторичные корректировки, необходимые для достижения требуемой точности. Им было показано, что если движения совершаются за время меньше, чем 500 мс, то их точность при закрытых глазах почти такая же, как при открытых глазах. При уменьшении скорости движения точность возрастает при зрительном контроле и падает в его отсутствие. Одной из переменных, оказывающих влияние на время движения, является его амплитуда. Однако, зависимость между ними противоречива. В ряде работ при изучении непрерывных движений не было получено зависимости между длительностью движения и его амплитудой [106, 139, 274, 288]. Стабильность времени выполнения непрерывных движений с ростом его амплитуды объясняется тем, что однотипные целевые движения, такие как печатание на машинке, работа на телеграфном аппарате, движения при письме, являются регулярными [1].

В работах П. Фиттса, Д. Элсона, Ф. Тэйлора и др. [136, 137, 184, 190, 228] была показана линейная зависимость времени движения от амплитуды. В обзоре П. Фиттса приводятся данные исследования дискретных движений Ф. Тэйлора и Х. Бирмингема [228], согласно которым время движения при больших перемещениях занимает не-

сколько большее время, чем при малых. Дж. Сирл и Ф. Тэйлор [274] показали, что при увеличении амплитуды движения увеличивается его скорость. Время движения растет не пропорционально увеличению амплитуды: при увеличении амплитуды в 16 раз время движения всего лишь удваивалось.

Дж. Адаме [1] описывает работу, в которой изучалось сложение за ступенчатыми сигналами. Требуя от испытуемых быстрой реакции, он получил, что с увеличением амплитуды движения время "первичных" движений уменьшается, а время "вторичных", корректировочных значительно возрастает. П. Фиттс объясняет это тем, что при относительно малых перемещениях испытуемые склонны к "перекорректированию", а при больших перемещениях — к "недокорректированию". Это явление было названо Фиттсом "диапазонным эффектом".

Изучалось также влияние амплитуды на точность движения, Р. Вудвортс [307] обнаружил, что по мере роста амплитуды число ошибок растет, но не так быстро, как амплитуда. К.Х. Кекчеев [77] нашел зону пространства от 15 до 35 см от медиальной точки тела, в которой точность движения особенно высока.

Дж. Сирл и Ф. Тэйлор [274] описывают эксперименты, в которых научалась зависимость точности от направления одинаковых по протяженности движений. Испытуемые перемещали ручку управления на постоянную величину в разных направлениях. Было обнаружено, что движения одинаковой длины "от себя" совершаются более точно, чем движения "к себе". Движения "вверх-вниз" совершаются с одинаковыми ошибками. Причем движения "вверх" по своей протяженности оказывались короче, а движения "вниз" длиннее заданного пути. Движения "справа-налево" и "слева-направо" дают незначительную разницу в точности. П. Фиттс [190], применив теорию информации к анализу моторной системы человека при изучении взаимосвязи между амплитудой, точностью и скоростью движений, попытался объяснить противоречивые результаты разных исследований. Он предложил формулу, объединяющую все три показателя:

$$\text{время движения} (BD) = a + b \log(2A/W),$$

где W — ширина цели, A — амплитуда движения, выраженная в расстоянии от начальной точки движения до центра цели, а и b — константы.

П. Фиттс связал амплитуду и точность в единое понятие относительной точности и предложил характеризовать сложность движения, исходя из его относительной точности. Показатель сложности движения (СД) определяется по формуле  $CD = \log_2(2A/W)$ . По этой формуле увеличение A или уменьшение W приводит к увеличению

*СД*. Эта формула дает оценку в двоичных единицах любой комбинации *A* и *W*.

П. Фиттс полагал, что скорость, с которой выполняются движения, ограничена пропускной способностью моторной системы человека. Это значит, что если испытуемый выполняет задание с некоторой определенной точностью, то максимальная скорость выполнения этих движений определяется как возможностями испытуемого, так и сложностью движения (*СД*). Если предположить, что скорость переработки информации в моторной системе человека относительно постоянна, то между СД и БД можно установить линейную зависимость  $BД = a + b \cdot СД$ . Эта зависимость называется законом Фиттса. Экспериментальная проверка этого соотношения в начале была предпринята на задаче типа постукивания. От испытуемого требовалось постукивать поочередно железным стержнем по двум металлическим пластинкам. Ширина пластинок (*W*) была следующей — 0,6; 1,3; 2,5 или 5 см, расстояние между центрами пластинок составляло 5,10,20 или 40 см. Регистрировалось среднее *БД* и количество информации для всех комбинаций значений этих переменных. На основании полученных результатов была подтверждена гипотеза линейности. Другие опыты П. Фиттса проводил на задачах типа постукивания с более тяжелым стержнем, чем в первом случае, на задачах по протаскиванию стержня через отверстия разного диаметра и по насаживанию дисков на стержни при изменении диаметра центрального отверстия. В большинстве случаев линейная зависимость между временем и сложностью движения подтверждалась.

Закон Фиттса был в основном подтвержден в ряде исследований [Дж. Аннет, 160; Э. Кроссман, 180; П. Фиттс и Д. Петерсон, 137]. Однако, другие исследователи обнаружили неточности, для устранения которых потребовалось доработать формулу Фиттса [Э. Кроссман, 180; А. Уэлфорд, 134], тогда как третий выступили с серьезной критикой закона Фиттса по разным основаниям [И.Е. Цибулевский, 142; М.Р. Шеридан, 275].

Попытка пересмотра закона Фиттса была сделана М. Шериданом [275]. На основании теоретического анализа экспериментального материала, полученного П. Фиттсом в 1954 г., он пришел к выводу, что нельзя описывать деятельность двигательной системы человека и механизмов обратной связи простыми формулами, как это сделал П. Фиттс. Кроме того, нельзя ограничиваться характеристикой СД, используя только разницу в битах между одной позицией и другой, поскольку в рамках этой интерпретации ничего нельзя сказать о том, как управляет и программируется данное движение. Поскольку механизмы управления баллистическими и "контролируемыми" движениями различны [220], нельзя объединять данные, получен-

ные для них, в одном уравнении. Еще в исследованиях Р. Вудвортса [307], а позднее в работах Ф. Тэйлора и Х. Бирмингема [228 ], М. Винс [297, 298] было показано, что при выполнении движений можно выделить период ускорения и следующий за ним период торможения. Если первый и второй периоды движения одинаковы, то движения являются баллистическими. Увеличение фазы торможения по сравнению с фазой ускорения связано с необходимостью подрываирования для более точного попадания в цель. Таким образом, в движении была выделена баллистическая часть и тормозная, связанная с точностью движения и зависящая от зрительного контроля. Можно предположить, что ширина цели является основным фактором, определяющим время контроля, необходимого для точного попадания в цель. Если корректировочные процессы определяют время исполнения, тогда для движений одинаковой сложности требуется больше времени, если ширина цели меньше. Ограничения для этого предположения могут быть в двух случаях: 1) если амплитуда движения достаточно велика, то баллистическая часть движения, "преводолевающая расстояние", будет занимать больше времени, чем тормозная фаза, ответственная за точность; 2) если ширина цели настолько велика, что контроль за точностью не требуется.

Выдвинутое положение получило теоретическое и экспериментальное подтверждение в целом ряде исследований [С. Кил, 220; С.Клапп, 226; 1978; Г. Джанголф с сотр., 212; Л. Карлтон, 168, 169; Р. Кристина, 173; Н. Гордеева, С. Ребрик, 47 ].

В работе С. Клаппа [226 ] изучалась зависимость времени реакции (*ВР*) выбора и времени движения (*ВД*) от протяженности движений ("длинные" и "короткие") при изменении требований к точности. Была показана относительная независимость *ВР* от размеров цели и амплитуды движения, но лишь для точностных движений протяженностью 70 мм и 336 мм. Для этих же движений подтвердился закон Фигтса. При совершении небольших движений (2 мм и 11 мм) закон Фигтса не выполняется: *ВР* увеличивается по мере уменьшения диаметра цели. С. Клапп использовал свои результаты для доказательства гипотезы о том, что "короткие" движения программируются только в течение *ВР*, так что при увеличении требований к их точности время программирования возрастает. Регуляция "длинных" движений осуществляется на основе зрительной обратной связи.

На основании работы С. Клаппа можно сделать вывод о том, что протяженность движения является основным фактором, который определяет, программируется ли точностное движение заранее или регуляция его осуществляется на основе обратных связей. Это противоречит, однако, выводу Р. Шмидта и Д. Расселла [273 ] о том, что критическим фактором в этом случае является время движения. В

1978 году С. Клапп пересмотрел свои результаты и подтвердил данные, полученные Р. Шмидтом и Д. Расселом. Он показал, что "короткие" движения совершались за время, меньшее чем "длинные", причем этого времени явно не хватало для того, чтобы в управлении участвовали зрительные афферентации.

В исследовании Р. Кристина и др. [173] испытуемые получали инструкцию совершать "короткие" движения в одном случае быстро, а во втором-медленно при наличии и отсутствии зрительной обратной связи. Было подтверждено положение о том, что именно время движения определяет, программируется движение полностью заранее или допрограммируется в течение его осуществления при участии зрительных обратных связей. Н.Д. Гордеева и С.Б. Ребрик [47] исследовали организацию движений, различающихся амплитудой, длительностью, точностью и условиями поступления зрительной обратной связи. Цели предъявлялись в одной из семи позиций справа от старта с интервалом в 5 см. От испытуемых требовалось посредством манипулятора быстро и точно совместить управляемый индекс с целью, предъявляемой на экране индикатора. Было выявлено, что увеличение амплитуды перемещения сопровождалось значительным увеличением скорости выполняемого движения. Длительность всех стадий действия, за исключением латентной, также увеличивалась. Возрастание длительности стадий реализации преимущественно происходило за счет удлинения тормозной фазы, во время которой начинались сенсомоторные коррекции действия. Полученные результаты совпадают с данными С. Кила [220], показавшего, что увеличение времени движения с возрастанием амплитуды перемещения происходит за счет увеличения коррекционной фазы.

При изучении зависимости времени реакции от сложности двигательного ответа многочисленные споры велись относительно того, что следует понимать под сложностью ответа. В работах П. Фиттса [190] и Д. Петтерсона [136] сложность ответа рассматривалась в терминах переработки информации. Было показано, что *BP* не зависит от размеров цели и величины движения, а также, что время реакции и время движения не зависят от сложности задачи, измеряемой количеством информации.

Ф. Генри и Д. Роджерс в понятие сложности движения включили такие его характеристики, как амплитуда, направление и точность. Авторы пришли к выводу: сложное движение требует увеличения времени реакции, так как необходимо формирование более сложной программы его реализации [209].

Д. Гленкросс [194] предложил рассматривать сложность ответа с точки зрения точности пространственной и временной организации движений. По его мнению процесс организации моторных программ

включает извлечение и отбор центрально представленных единиц двигательных ответов, а также объединение их в некоторую временную последовательность. При исследовании моторного программирования испытуемым давалась инструкция совершать одно быстрое точвостное горизонтальное движение руки. Д. Гленкросс предположил, что по мере уменьшения целей и увеличения требований к точности время реакции должно увеличиваться, отражая увеличение сложности моторного программирования. В этом случае единицы, используемые для построения ответа, должны быть более точно отобраны и организованы во времени. В эксперименте варьировались диаметр цели и амплитуда движения. Основное положение не подтвердилось, наблюдалась лишь тенденция к увеличению *ВР* при увеличении требований к точности.

Дж. Лазло и Дж. Ливеси [236], изучая зависимость ЯР от сложности задачи, показали, что требования к точности являются важным аспектом сложности ответа, но полностью не определяют его. По их мнению сложность ответа включает такие факторы, как группы мышц, участвующих в движении, требования точности и размер цели, количество сенсорной информации, величина (протяженность движения) и т.п. Она не может быть ограничена одним из них. Они следующим образом варьировали трудность задачи: испытуемым предъявлялись точки на движущейся бумаге, в их задачу входило сразу после предъявления звукового сигнала быстро и точно перечеркнуть ручкой заранее заданный набор точек в определенной последовательности. Полученные данные подтвердили вывод П. Фиттса и Д. Петтерсона о независимости *ВР* и *БД*. Однако Дж. Лазло и Дж. Ливеси считают, что полученные результаты не обязательно свидетельствуют о полной независимости исследуемых процессов. Их анализ показал, что при решении задачи, которая не являлась точностной, *ВР* было меньше, чем при выполнении задачи на точность. Однако при увеличении уровня точности *ВР* более не изменялось, тогда как *БД* увеличивалось. Авторы предположили, что при совершении действий, время которых превышает 250 мс, программирование не завершается полностью во время реакции, а продолжается в течение всего движения. В этом случае *ВР* может быть связано с инициацией движения, а собственно моторная часть движения — с программированием текущего движения. Поэтому увеличение *БД*, по мнению авторов, может свидетельствовать об увеличении времени программирования.

Приведенные данные подтвердили гипотезу о сложности, гетерогенности и активности живого движения [Н.А. Бернштейн, 20; Н.Д. Гордеева, В.П. Зинченко, 43], согласно которой зависимости между различными характеристиками двигательного акта не являются

ются застывшими и не могут быть описаны простыми формулами. Поэтому, например, нельзя однозначно ответить на вопрос, увеличится ли время реакции при осуществлении коротких движений, если требования к его точности возрастают. Это будет зависеть от ряда факторов и в первую очередь от того, является оно "быстрым" или "медленным" и т.п. С другой стороны, значимость разных факторов может меняться при решении различных задач, например, амплитуда движения получает особую значимость (с точки зрения зависимости от него времени движения) при выполнении баллистических движений, а ширина цели — при выполнении движений под контролем обратной связи. Это свидетельствует о большой лабильности взаимоотношений между изучаемыми параметрами движения, об избирательной и высокой чувствительности различных стадий действия к изменению внешних средств деятельности (например, наличию или отсутствию зрительной обратной связи). Связи между стадиями действия также не являются застывшими. В зависимости от требований двигательной задачи возможен обмен временем и функциями между стадиями действия.

Предметом исследования Н.Д. Гордеевой и О.В. Туруской было определение влияния амплитуды и сложности движения на соотношение когнитивных и моторных компонентов действия и на способ управления действиями [44, 58]. Объектом исследования были сенсомоторные действия разной сложности. Хорошо обученному испытуемому предлагалось совершать точностные одиночные действия разной степени сложности: горизонтальные однокоординатные, диагональные двухкоординатные и пространственные трехкоординатные. Цели размещались на разном расстоянии от стартовой позиции: горизонтальные — от 5 до 40 см с шагом в 5 см; двухкоординатные — по диагонали прямоугольника с постоянным отношением сторон, равным 1,7. В первой позиции, например, координаты цели были: X — 5 см, Y — 2,9 см, в четвертой — X — 20 см, Y — 11,6 см, в последней — X — 40 см, Y — 22,7 см. Так как коэффициент передачи между движением ручки управления и индекса на экране составлял 1 : 2, то, соответственно, рука перемещалась в первой позиции по X — 2,5 см, по Y — 1,45 см, в четвертой — X — 10 см, Y — 5,8 см и в последней — X — 20 см, Y — 11,35 см. При добавлении пространственной составляющей величина стартового пятна увеличивалась в три раза по сравнению с площадью целей, которые размещались на экране индикатора так же как и в случае двухкоординатных перемещений. В этом случае, чтобы точно совместить управляемый индекс с целью необходимо уменьшить его площадь, для чего нужно совершить движение "от себя". Цели предъявлялись на экране по программе ЭВМ. Управляемый индекс изменялся по положению и величине.

Испытуемым ставилась задача быстро и точно совмещать индекс с предъявленной целью. Выполняемые действия подвергались микроструктурному анализу: анализировалось общее время, время латентной стадии, стадии реализации, с входящими в нее фазами разгона и торможения, время стадии контроля, показатели разброса, характеризующие пространственность действия, скорость перемещения.

Оказалось, что независимо от сложности движения при увеличении амплитуды сохраняется тенденция увеличения общего времени выполнения действия. С ростом амплитуды движения увеличивается время стадии реализации и стадии контроля и коррекций. Между временем латентной стадии и величиной амплитуды перемещения зависимости выявить не удалось. Следовательно, величина амплитуды не является значимым фактором организации моторных программ. Это не противоречит тому, что абсолютные значения характеристик действий одной амплитуды, но разной степени сложности различны. Самое высокое время получено при совершении пространственных движений. Особенно ощутимо это сказалось на времени стадии реализации, которое увеличилось в 2-2,5 раза. Время латентной стадии при усложнении действия возрастает незначительно, но устойчиво у всех испытуемых. Разница между пространственными и плоскостными действиями составила 30-50 мс, а при сопоставлении с горизонтальными — 50-75 мс. Величина стадии контроля примерно одинакова в действиях разной степени сложности. Введение составляющей "Z" вызывает увеличение доли стадии реализации и уменьшение доли стадии контроля, что свидетельствует об обмене временем и функциями между исполнительными и когнитивными компонентами действия. Кривая скорости дает представление о времени разгона и торможения. При переходе от простого действия к сложному доля фазы торможения занимает все большую часть пути (3/4 в случае самого сложного движения). Соответственно растет время коррекционных процессов. В простых действиях доля разгона превышает долю торможения, составляя 0,6 и 0,4 соответственно. В сложных пространственных действиях, наоборот, доля фазы разгона составляет всего лишь 0,29, то есть большая часть пути занята текущими коррекционными процессами, частично освобождая от этой нагрузки стадию контроля.

Сопоставление доли разгона и торможения в действиях разной амплитуды выявило, что увеличение амплитуды вызывает увеличение доли торможения в действиях любой сложности. При этом время фазы разгона с увеличением амплитуды и сложности перемещения остается практически неизменным, флуктуации его лежат в пределах 50 мс.

Эти данные говорят о постоянстве первого программируемого кванта движения. При совершении простых малоамплитудных действий доля разгона составляет более 75% от стадии реализации, что может служить доказательством превалирования программного типа регулирования для действий этого типа. При усложнении малоамплитудных действиях доля разгона снижается до 50-40% от времени реализации, доля торможения занимает соответственно около 60%. При осуществлении действий большой амплитуды удельный вес фазы разгона в простых падает, составляя в среднем 43 %, в сложных — 25%. Соответственно, возрастает вес доли торможения, который составляет для простых действий 57 %, для сложных — 75%. Эти данные свидетельствуют о превалировании афферентационного типа управления действиями большой амплитуды.. Особенно ярко это проявляется при совершении сложных действий. Чем сложнее и протяженнее действие, чем более оно подвергается воздействию реактивных и внешних сил, тем более оно нуждается в корректировке по ходу осуществления.

Полученная зависимость между сложностью и амплитудой движения и величиной долей разгона и торможения позволяет сделать вывод о смене способа организации действия при переходе от малых амплитуд к большим и от простых двигательных задач к более сложным. Простые малоамплитудные действия совершаются с явным превалированием программного типа регулирования. Переход к сложным действиям и действиям большой амплитуды сопровождается переходом на афферентационный тип регулирования. Значит, способ организации действия определяется как задачей, предъявляющей требования к амплитуде перемещения, точности и времени его выполнения, так и внутренними средствами, включающими степень тренированности, функциональное состояние и другие факторы.

Изучению соотношения функциональных компонентов целостного действия в задаче преследующего слежения была посвящена работа Е.Б. Сироткиной и И.Р. Сидорова [128 ]. Исследование проводилось на стенде, описанном в первом разделе. Тестовая матрица представляла собой цель (10x10 мм), движущуюся вверх по экрану индикатора на расстояние, равное 24 см от стартовой позиции. Скорость движения цели в течение каждого эксперимента менялась по программе от ЭВМ равновероятно, в случайном порядке и составляла 4 и 8 см/с. От испытуемого требовалось точно отслеживать движущуюся цель управляемым индексом, при этом ручка управления перемещалась перпендикулярно экрану "от себя" при слежении за целью и "к себе" при возвращении индекса в стартовую позицию, находящуюся в нижней части экрана. Проводился микроструктурный анализ временных характеристик латентной стадии, фаз разго-

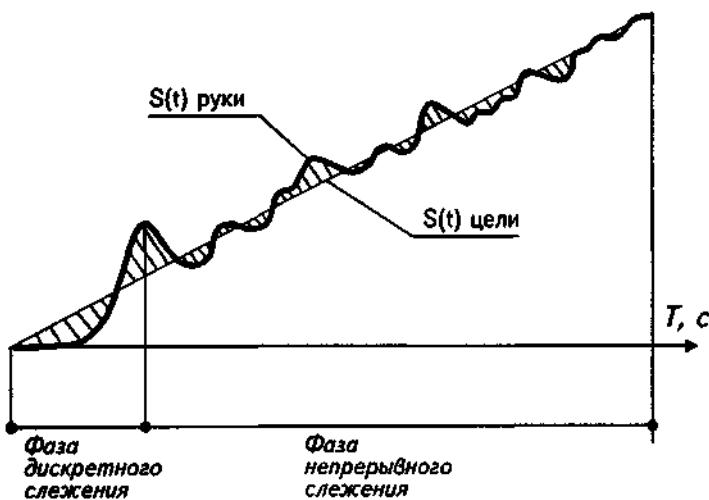


Рис. 33. Пространственно-временная развертка движения при непрерывном слежении за движущейся целью.

на и торможения на кривой скорости. Последняя равна времени снижения скорости от максимума до момента первого совпадения скорости движения руки со скоростью движения цели. Анализировалось также ошибка в конце стадии торможения. На участке непрерывного слежения выделялось количество коррекционных волн в единицу времени, длина волны, ее амплитуда и показатель точности слежения, определяемый как отношение времени, в течение которого управляемый индекс находится в коридоре цели ко времени непрерывного слежения.

Анализ функциональной структуры преследующего слежения за целью позволил выделить в нем два этапа: до начала первого точного совмещения управляемого индекса с целью и собственно непрерывное слежение (рис. 33). В ситуации преследующего слежения испытуемый должен совместить управляемый индекс и цель в пространстве (при этом цель постоянно "ускользает"), и приблизить скорость движения руки к скорости движения цели. Тем не менее, на первом этапе преследующего слежения мы видим ту же структуру действия, что и при дискретном слежении: стадию латенции, стадию реализа-

ции, которая, в свою очередь, состоит из стадий разгона и торможения [57].

В ситуации дискретного слежения испытуемый должен в течение латентной стадии построить программу всего движения. В ситуации преследующего слежения в течение латентной стадии в основном строится программа лишь первой части движения, задача которого состоит в том, чтобы догнать и "ухватить" цель. Детальное программирование этапа собственно непрерывного слежения возможно лишь после того, как испытуемый догонит цель и увидит истинное рассогласование в положении управляемого индекса и цели.

Это подтверждается полученными в исследовании данными об увеличении вклада стадии торможения в целостное действие в ситуации непрерывного слежения по сравнению с ситуацией дискретного слежения. При дискретном слежении удельный вес стадии торможения составляет в среднем 18 % при непрерывном — 38,6 % целостного действия (при скорости движения цели 8 см/сек стадия торможения занимает 39,9%, а при скорости 4 см/сек — 37,3%). С чем связано значительное увеличение относительной величины стадии торможения в условиях непрерывного слежения? В исследованиях дискретного слежения показано, что в течение тормозной стадии совершаются текущие коррекционные процессы. При непрерывном слежении во время стадии торможения, завершающей первый этап и начинаяющей второй, происходят и текущие коррекции, и сенсомоторная антиципация скорости движения цели (в частности, подстройка скорости движения руки к скорости движения цели). На основе последней строится программа этапа собственно непрерывного слежения. Если на стадии торможения не успевает сформироваться программа организации следующего этапа слежения, то по ее окончании отчетливо фиксируется участок практически полного покоя, равного в среднем 500 мс, во время которого осуществлялось дальнейшее программирование непрерывного слежения.

Сравнительный анализ времени различных стадий действия показал, что фаза разгона инвариантна к изменению скорости движения цели. Время латентной стадии, как правило, больше в среднем на 50 мс при слежении за медленно движущейся целью. Наиболее существенные различия наблюдаются в поведении тормозной стадии действия, время которой в 1,9 раза больше при медленной скорости движения цели по сравнению с быстрой.

Об успешности выполнения испытуемыми первого этапа слежения свидетельствует ошибка в конце стадии торможения. При скорости движения цели 4 см/с величина ошибки в 1,6 раза больше, чем при скорости 8 см/с. Можно предположить, что стратегия испытуемых менее оптимальна при медленной скорости движения цели. Ско-

рость движения руки в момент окончания стадии разгона не зависит от «якорности» движения цели и лежит в интервале от 11,8 см/с до 15,9 см/с. То есть оптимальные значения скорости движения руки по абсолютной величине ближе к скорости движения цели, равной 8 см/с, что, вероятно, определяет и более эффективную подстройку скорости движения руки на стадии торможения. Это приводит к меньшей величине ошибки при быстрой скорости движения цели.

Таким образом, эффективность первого этапа слежения обеспечивается выбранной испытуемым скоростью движения руки, эффективностью сенсомоторной антиципации скорости движения цели и точностью подстройки к ней скорости движения руки на стадии торможения.

Успешное решение задачи непрерывного слежения зависит от правильности выполнения двух требований: а) точного пространственного совмещения управляемого индекса с целью; б) удержания скорости движения руки равной скорости движения цели. Условием их выполнения является постоянное соотнесение результатов процесса непрерывного слежения с эталоном. Как осуществляется это соотнесение? Ответ дает теория координационного управления Н.А. Бернштейна [20] и представления о волнообразном характере прослеживающих движений [27, 57, 87, 258]. Непрерывное слежение обеспечивается кольцевыми процессами, проявляющимися в виде коррекционных волн, функциональная структура которых сходна со структурой действия при дискретном слежении и содержит собственно программирующую, реализующую и оценочную стадии. Временные и пространственные характеристики коррекционных волн могут служить показателями эффективности непрерывного слежения.

Увеличение числа коррекционных волн в единицу времени, уменьшение их средней длины и ее вариативности, повышение интенсивности коррекционных процессов с ростом скорости движения дели говорит о том, что испытуемый ориентируется в первую очередь за пространственное положение цели. Это подтверждается тем, что величина пройденного за одну коррекционную волну пути и средняя амплитуда (максимальное расстояние между центрами цели и управляемого индекса в коррекционной волне) мало отличаются друг от друга при разных скоростях движения цели. Допустим, что скорость движения руки при непрерывном слежении близка к скорости движения цели, тогда находим путь управляемого индекса во время одной коррекционной волны. При скорости движения цели 4 см/с он равен 27,78 мм, при скорости движения цели 8 см/с — 29,18 мм. Соответственно, и значение показателя точного слежения близки между собой при разных скоростях движения цели.

Таким образом, с помощью микроструктурного анализа в преследующем слежении было выделено два этапа: дискретное слежение до момента первого точного совмещения управляемого элемента с целью и собственно процесс непрерывного слежения. На этапе дискретного слежения наблюдается обмен функциями между когнитивными стадиями действия, в результате которого на стадию торможения ложится дополнительная нагрузка по антиципации скорости движения цели и планированию непрерывного слежения. Процесс непрерывного слежения неоднороден по структуре и обеспечивается коррекционными волнами, каждая из которых имеет собственно программирующую, реализующую и оценочную стадии.

Соотношение функциональных компонентов в структуре целостного действия зависит от типа слежения и от скорости движения цели. Смена типа слежения, как и смена скорости движения цели, вызывает наиболее существенные изменения в тормозной стадии и в колебательно-волновом процессе непрерывного слежения, что объяснимо превалированием в этих стадиях когнитивного компонента над моторным.

Подведем итоги:

- Зависимости между различными характеристиками двигательного акта не являются застывшими и не могут быть описаны простыми формулами.
- Стадии целостного действия избирательно реагирует на изменение внешних средств деятельности. Латентная стадия практически инвариантна к изменению амплитуды движения, времени и скорости его осуществления, однако наблюдается прямопропорциональная зависимость между ее величиной и сложностью совершающегося действия, определяемой количеством входящих в его состав координат. Изменение амплитуды, времени, скорости и сложности совершающегося действия практически не отражаются на значениях фазы разгона. При изменении всех перечисленных переменных основная нагрузка ложится на тормозную фазу стадий реализации, ответственную за текущий контроль и коррекцию.
- Способ организации действия определяется степенью сложности, протяженностью, требованиями к точности, скорости и времени осуществления.

#### Раздел 4. Модификация структуры сенсомоторного действия при вариативности прилагаемых усилий

В предыдущих разделах уже рассматривалось влияние разнообразных внешних средств деятельности (нарушение совместимости перцептивного и моторного полей, изменения зрительной обратной связи, передаточных отношений, скорости, времени, амплитуды) на внутренние способы, то есть на возможности организации и регуляции двигательного акта. В данном разделе в качестве еще одной переменной взята силовая нагрузка.

Исследуя влияние таких переменных как направление, протяженность и усилия, Е. Мегоу [244] пришел к выводу об иерархическом строении моторной программы. Выбор направления осуществляется на одном из самых высоких уровней и предшествует выбору требуемого усилия. С. Клапп [227, 228], напротив, предложил модель параллельного программирования двигательного акта, в которой одновременно и независимо развертываются процессы выбора направления и величины прилагаемого усилия. Противоположность позиций может быть объяснена тем, что авторы исследовали движения разного характера: Е. Мегоу — дискретное сложение, а С. Клапп — нажатие на кнопку. Д. Розенбаумом [267] была разработана методика выделения основных этапов переработки информации в ходе программирования двигательного акта. Сущность ее заключается в избирательном варьировании неопределенностью нескольких параметров моторной задачи. В предложенной им вариативной модели программирования, выбор направления опережает выбор усилия, но эта последовательность не фиксирована, а меняется

в зависимости от условий задачи. С этим согласны Д. Лариш, Р. Кристина и Г. Ансон [172], Б. Керр [228]. Правда, они имеют в виду не собственно величину усилия, а степень ее распределения во времени, которая меняется с изменением как амплитуды, так и длительности движения. Только в работе П. Зелазника [309] экспериментальными переменными были направление движения и величина прилагаемого усилия. Полученные им результаты говорят в пользу параллельного программирования.

В предложенной Д. Гленкросом [197] двухуровневой модели управления моторными актами информация о скоростных, пространственных и энергетических (силовых) параметрах движения объединена в одну общую программу, и их раздельное кодирование возможно только на более низких уровнях регуляции. Модель основана на результатах экспериментов, где попеременно менялась амплитуда, направление вращательного движения и величина усилия; при этом регистрировалась длительность и скорость осуществляемого движения, а также активность участвующих в этом процессе мышц. Анализ данных показал, что, когда силовая нагрузка такова, что с помощью коррекционного процесса возможно осуществить действие, тогда не наблюдается существенных изменений в организации действия. Если силовая нагрузка велика и корrigирующий механизм не в состоянии обеспечить выполнение качественного действия с требуемыми характеристиками, тогда оно не может осуществляться по старой программе и требуется либо корректировка старой, либо построение новой программы. К сходным результатам пришел Е. Биззи [163, 164], показав на опытах с животными, что для компенсации нарушений, вызванных большими силовыми нагрузками, необходимо пере-программирование, так как на основе проприоцептивной информации не удается осуществить адекватное условиям движение.

В исследовании Г. Агарвала и Г. Готтлиба [157] так же выделяются различные виды коррекционных процессов в ответ на неожиданное увеличение силовой нагрузки: это может быть быстрый ответный импульс или — центрально организованная реакция. Первый возникает по ходу выполнения движения, второй — в ответ на центрально организованную программу и отображает реорганизацию всего процесса осуществления действия. Влияние разных переменных, в том числе и силовой нагрузки, на точность действия, изучал М. Карлтон [170]. Определялась пространственно-временная точность выполнения вращательных движений при разной величине прилагаемого усилия. Вначале испытуемые осваивали каждое применяемое в исследовании усилие. В основной серии смена нагрузки происходила в начале движения, о которой испытуемых предупреждали, но не сообщали о ее величине. Регистрируемыми параметрами были: дли-

тельность фазы нарастания скорости и фазы торможения и максимальное значение ускорения. Обнаружилось, что движение по-разному реагирует на увеличение и уменьшение нагрузки. Резкое снижение нагрузки труднее компенсируется моторной системой, приводят к развертыванию коррекционного процесса. При этом испытуемый ориентируется на пространственную точность, пренебрегая временными рамками. Это подтверждается анализом кривой скорости, который показал увеличение скорости, вызванное внезапным уменьшением силовой нагрузки, сокращение тормозной стадии и увеличение количества корректировочных движений в конечной фазе движения. При увеличении нагрузки скорость оперирования органом управления, напротив, падает. Ошибки в этом случае проявляются в виде пространственной неточности, что по сравнению с первым условием легче компенсируется. Выводы этого исследования согласуются с шведами исследования И.В. Евсевичевой, описание которого будет в следующем разделе. Суть их состоит в том, что при введении коэффициента передачи неизменно возникают ошибки управления: "перелеты" через цель с развертыванием длительного коррекционного процесса при увеличении коэффициента передачи и "недолеты" при его уменьшении, когда для ликвидации ошибки достаточно небольшой коррекции.

Успешность деятельности в режиме слежения в значительной степени определяется характеристиками органа управления, такими как количество степеней свободы, величина силовой нагрузки, передаточные отношения между перемещением ручки управления и управляемого ей индекса. Каждый из перечисленных факторов может оказать решающее воздействие на качество исполнительного действие. В излагаемом исследовании Н.Д. Гордеевой и Б.Г. Джапаридзе анализировалась роль величины преодолеваемого усилия в ходе решения моторной задачи [7].

Объектом исследования было дискретное слежение, его текущие пространственно-временные характеристики. Экспериментальный стенд состоял из индикатора, на экране которого по определенной программе ЭВМ высвечивалась цель (в виде точечного (1,5 x 1,5 мм) пятна, справа и слева от находящейся в центре экрана стартовой позиции на расстоянии 10 см); органа управления (одностепенная ручка манипуляторного типа), посредством которого испытуемый перемещал управляемый индекс, равный размерам цели; специального приспособления, позволяющего менять величину силовой нагрузки от 0 до 2 кг. ЭВМ использовалась в режиме управления и для регистрации временных, скоростных и точностных характеристик исполнительного действия. Было проведено две серии экспериментов: фоновая, где испытуемые последовательно отрабатывали навык

при каждом значении силовой нагрузки, и основная, где после 15 проб работы с одной нагрузкой неожиданно для испытуемых она менялась.

Таким образом, переменными были: величина силовой нагрузки, направление движения и условия эксперимента: стабильные (с одним усилием) и динамические (с неожиданной сменой усилия). Использовался микроструктурный анализ временных, скоростных и точностных характеристик действия.

Представляет интерес не только зависимость компонентов функциональной структуры действия от определенного усилия, а то, каким образом происходит перестройка сложившегося действия при его смене. Общее время выполнения действия в фоновых пробах зависит от величины усилия и от изменения направления перемещения (таблица 7). В таблице представлены средние значения последнего фонового эксперимента. Наибольшее время получено при работе с усилием в 2 кг в условиях случайного предъявления цели — то справа от стартовой позиции, то слева от нее. Изменения направления при работе с одним усилием вызывает изменение общего времени в пределах 0,15-0,2 с, а смена усилия с 0 до 2 кг увеличивает общее время выполнения на 0,5-0,6 с. Неопределенность увеличивает общее время на 0,2-0,3 с. Но само по себе увеличение или уменьшение общего времени может свидетельствовать только от больших или меньших трудностях выполнения действия. Для выявления внутренних изменений функциональной структуры действия предпринят анализ конституирующих ее компонентов.

Время латентной стадии действия меняется пропорционально величине прилагаемого на орган управления усилия: переход от работы с легкой ручкой к тяжелой сопровождается увеличением латентной стадии в полтора-два раза независимо от направления движения. Разница в величине латентной стадии действия при переходе от работы с тяжелой ручкой к легкой составила всего 100 мс. Самые высокие абсолютные значения латентной стадии получены при выборе направления. Эти результаты можно было бы объяснить с позиции сторонников иерархического строения моторных программ, считающих, что выбор направления опережает во времени выбор требуемой степени усилия [244, 267]. Однако возможно и другое объяснение. Стабильное предъявление цели способствуют фиксации у испытуемых соответствующей установки, которая формирует состояние повышенной готовности к выполнению задачи. Роль ее заключается в том, что еще до появления очередного сигнала строится программа предстоящего действия, о чем свидетельствует уменьшение длительности латентной стадии действия на 0,08-0,13 с по сравнении с условиями неопределенности. Последние не создают предпосылок для

Условие параметры	правые движения			левые движения			слу́йный порядок		
	фон	основная серия		фон	основная серия		фон	основная серия	
	0 кг	0 кг	2кг	0 кг	0 кг	2кг	0 кг	0 кг	2кг
T общ, с	0.97	1.37	1.73	1.11	1.35	1.68	1.31	1.51	1.91
	1.55	1.76	1.37	1.68	1.88	1.42	1.80	1.86	1.60
T лат, с	0.24	0.29	0.38	0.22	0.21	0.35	0.35	0.35	0.49
	0.47	0.47	0.30	0.49	0.44	0.25	0.55	0.52	0.36
T реал, с	0.55	0.96	1.16	0.64	0.87	1.21	0.80	0.91	1.14
	0.85	1.08	0.89	0.89	1.12	0.97	1.06	1.11	0.98
T фазы разг., с	0.28	0.32	0.30	0.25	0.29	0.34	0.25	0.25	0.21
	0.27	0.33	0.31	0.28	0.30	0.28	0.28	0.22	0.22
S разг., мм	6.5	4.2	3.7	4.5	2.9	2.4	4.0	2.6	2.4
	5.4	3.8	3.9	4.0	3.2	3.3	3.5	2.7	3.0
T фазы торм., с	0.27	0.64	0.86	0.35	0.58	0.87	0.55	0.66	0.93
	0.58	0.75	0.58	0.61	0.82	0.69	0.78	0.89	0.76
S торм., мм	9.7	9.9	9.7	9.5	8.3	8.2	9.6	8.4	9.1
	9.5	9.6	9.8	9.3	8.5	8.6	9.1	8.7	9.3
N квантов	2	2	4	2	2	4	2	4	5
	3	5	3	3	5	3	3	6	3
T кк, с	0.18	0.12	0.19	0.25	0.27	0.32	0.16	0.25	0.28
	0.23	0.21	0.18	0.30	0.32	0.20	0.19	0.23	0.26
S кк, мм	10	10	9.98	9.98	9.98	9.87	10	9.96	9.92
	10	9.95	10	9.95	9.82	9.91	9.98	9.97	9.96

формирования повышенной готовности и работа, связанная с актуализацией образа и программы действия, начинается только после предъявления сигнала-цели. Близкие по смыслу идеи обсуждались при анализе структуры экстренного действия в 6 главе книги и в [48]. В этой работе на большом экспериментальном материале было пока- зано, что условия регулярного предъявления экстренного сигнала способствовали формированию повышенной готовности, что в свою очередь отразилось не только на структуре одиночного действия, но и что особенно важно, изменило структуру цепи последовательных серийных действий.

Возвращаясь к исследуемой ситуации, констатируем увеличение времени латентной стадии действия при увеличении нагрузки на орган управления. Выявлению зависимостей между временем программирования и сложностью решаемой задачи было посвящено довольно большое число работ, однако однозначного ответа они не дали. Причина состоит в том, что разные исследователи по-разному понимают сложность совершающегося движения. В работе Ф. Генри и Д. Роджерса [209] была выявлена прямая зависимость между временем программирования и сложностью двигательного ответа в задачах нажатия на кнопку и дискретного слежения. Однако, поиски прямой зависимости между точностью движения и величиной времени реакции не увенчались успехом, хотя и наблюдалась некоторая тенденция увеличения латентного времени при увеличении требований к конечной точности движения [Д. Гленросс, 196]. Дж. Лазло и Дж. Ливеси [236] предположили, что при решении задач на точность программирование может не завершаться полностью в течение латентного времени, а продолжаться во время моторной стадии действия. Близкой точки зрения придерживаются Н.Д. Гордеева и С.Б. Ребрик [47], анализировавшие точность быстрых и медленных движений в условиях разной зрительной афферентации. Однако, сложность движения не ограничивается требованиями к точности выполнения. Она может описываться набором пространственных составляющих движения. При анализе одно-, двух- и трехкоординатных движений была найдена прямая зависимость времени программирования от их числа [40]. Такая же зависимость обнаруживается при анализе действия, совершающегося в обычных условиях и в условиях инверсии [41]; в стабильных и динамических условиях [46]; при работе с регулярно организованным и меняющимся тестовым материалом [59].

Этот перечень можно продолжать, находя доказательства как за, так и против высказанного положения. Однако, значимость разных факторов меняется при решении различных задач, что свидетельствует о большой лабильности взаимоотношений между параметрами

действия, об избирательности и высокой чувствительности его стадий к изменению внешних средств деятельности. Поэтому-то непременным условием анализа отдельных компонентов действия должно быть требование к сохранению целостности активного живого движения, направленного на решение двигательной задачи.

Итак, время программирования увеличивается при увеличении силовой нагрузки. Выполнение подобных движений сопровождается пронизывающими структуру действия сенсорными коррекциями. Программа их реализации строится не на одно, а на серию действий и должна быть более полной, включающей текущие параметры будущего действия, в отличие от программы легкого действия, ориентированной на конечную точку и не учитывающую путь между старовой позицией и целью.

Обратимся к анализу собственно исполнительной стадии действия. Ее наименьшие временные значения наблюдаются при совершении движений легкой ручкой вправо (см. табл. 7). При увеличении нагрузки время реализации возрастает в 1,5 раза. При движениях влево оно несколько увеличивается, хотя сохраняются временные различия между легкой и тяжелой ручкой. Наибольшее увеличение времени реализации вызывает смена направления. При работе с легкой ручкой по сравнению с движениями вправо оно выросло почти в 1,5 раза, а при движениях влево — в 1,3 раза. Увеличение усилия сократило этот разрыв: соответственно, вправо — в 1,25 раза, влево — в 1,1 раза. Наблюдается разное количество корректировочных квантов в тормозной стадии действия при работе с тяжелой и легкой ручкой. В начале формирования разница в количестве квантов, при работе с легкой и тяжелой ручкой доходила до 6-8, по мере тренировки разница снизилась до 1-2 квантов.

Увеличение квантов в тормозной стадии действия отразилась на ее длительности, которая увеличилась по сравнению с легкой ручкой в 1,5-2 раза. Обращает на себя внимание чрезвычайная стабильность поведения фазы разгона как при изменении нагрузки, так и при смене направления: флуктуации ее лежат в пределах 0,01-0,03 с. Однако, путь, пройденный за время разгона зависит и от направления движения и от прилагаемого на орган управления усилия. Наибольший отрезок пути преодолевается при совершении движений вправо при работе с легкой ручкой, наименьший — при движениях со сменой направления и с нагруженной ручкой. Соответственно, наибольшая скорость характерна для движений вправо при работе с легкой ручкой. Относительная независимость времени фазы разгона от изменений внешних средств деятельности еще не может служить доказательством достижения правильного результата действия.

Нельзя рассматривать какой-либо параметр в отрыве от целостного действия. В данном случае, несмотря на стабильность времени разгона к моменту достижения максимальной скорости в зависимости от величины усилия, преодолевается различный по протяженности отрезок пути. Чем меньшая часть пути пройдена за время фазы разгона, тем большая ее часть приходится на тормозную стадию, заполненную активными коррекционными процессами.

Структура силовых движений подобна прослеживающим, для которых характерна дискретность, прерывистость, квантованность. Если структура последних зависит от инструкции, предусматривающей точное прослеживание пути [12, 43], то дискретность силовых движений диктуется конструкцией органа управления. Несмотря на различие причин, значения выделенных параметров и структурные характеристики обоих действий подобны друг другу.

Перейдем теперь к анализу движений основной серии экспериментов (см. табл. 7 \*). При всех условиях совершения действия наблюдается увеличение общего времени выполнения всей задачи. Самые высокие значения получены в серии с выбором направления, здесь разница между фоновыми пробами составляет 0,2-0,3 с для легких движений и порядка 0,15 с для движения с усилием. Латентное время практически осталось таким же как в фоновых экспериментах, также ведет себя и фаза разгона. Основное отличие между средними значениями действий в фоновой и основной серии состоит в увеличении у последних количества квантов в тормозной стадии действия и, соответственно, с ростом времени ее функционирования. Кроме того, значительно сокращается путь, пройденный к моменту нарастания максимальной скорости. В основной серии экспериментов движения совершаются не вполне уверенно, на более медленной скорости, чем в фоновых экспериментах. Это естественно, так как в основной серии постоянно меняется то усилие, то направление движения, поэтому испытуемые действуют как бы с осторожностью, используя афферентационный способ управления.

Наиболее ярко деструкция действия наблюдается в первый момент смены условий. Микроструктурный анализ первых проб показал, что структура действия претерпевает существенные изменения по сравнению со структурой действия, зафиксированной в стандартных условиях. Кривая скорости свидетельствует о дроблении траек-

\* Анализируются средние данные, полученные в первом эксперименте после смены нагрузки

тории прослеживания на отдельные отрезки, где нарастание скорости сменяется ее падением или даже полной остановкой с последующим ее увеличением и т.п. Процесс приобретает ярко выраженный квантово-волновой характер, сопровождающийся увеличением числа квантов в среднем до 7-9, доходя в отдельных случаях до 12-15. При этом общее время выполнения действия, что кажется парадоксальным, увеличивается по сравнению со средними значениями для идентичных условий фона всего на 0,3-0,5 с. Однако, анализ квантов действия показывает значительное уменьшение времени каждого кванта в случае увеличения их количества. Так, например, совершение одноволнового движения (анализируется время стадии реализации) в стереотипных условиях с нулевой нагрузкой составляет 0,4- 0,55 с. При этом время нарастания максимальной скорости и время торможения примерно одинаковы (рис. 34а). В случае увеличения нагрузки в тех же стереотипных условиях наблюдается рост количества квантов в тормозной фазе и увеличение ее времени на 0,6-0,8 с. (рис. 34б). Такое изменение способствует увеличению вклада текущих коррекций в осуществление действия.

Изменение внешних средств деятельности вызывает, как указывалось, развертывание квантово-волнового процесса, сопровождающегося уменьшением времени кванта, в среднем до 0,18-0,20 с при минимальной величине кванта равной 0,11-0,13 с.

Описанные изменения структуры действия происходят всегда при смене внешних условий, однако есть некоторые специфические различия. Так, например, при смене направления первый квант часто направлен в противоположную сторону от предъявленной цели, но уже второй компенсирует эту ошибку, меняя направление движения в сторону цели. Это свидетельствует, во-первых, об установочном влиянии, складывающимся во время фиксационных опытов в стандартных условиях, и, во-вторых, о том, что образ и план в повторяющихся действиях начинает актуализироваться еще до появления цели. Кроме того, обнаружилось, что структура моторного акта чувствительна к условиям увеличения и уменьшения силовой нагрузки. В случае перехода от большей к меньшей нагрузке наблюдается значительное увеличение скорости первого кванта, сопровождающееся перелетом через позицию цели, вслед за чем разворачивается серия разнонаправленных корректируочных движений (рис. 34г). Подобная структура наблюдалась при неожиданном увеличении коэффициента передачи: управляемый индекс также "перелетал" через зону цели, а затем следовал период разнонаправленных корректируочных движений, длительность которого определялась степенью увеличения коэффициента передачи По мнению М. Карлто-

**Фоновые пробы:**

- a*- нулевая нагрузка;
- b*- нагрузка 2кг.

**Контрольные пробы:**  
*(после смены нагрузки)*

- в*- нагрузка 2кг;
- г*- нулевая нагрузка.

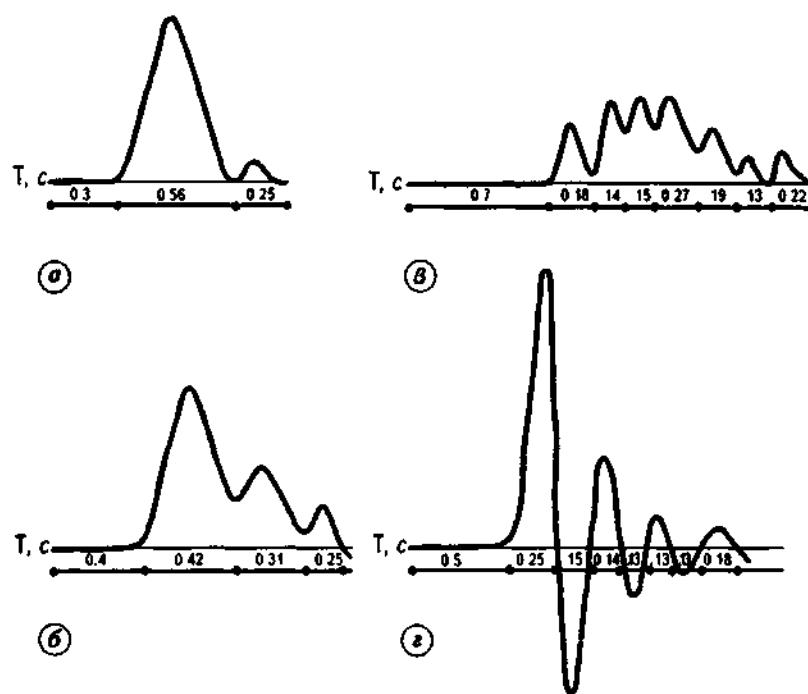


Рис. 34. Параметры изменения кривых скорости при решении экспериментальных задач.

на [170], наблюдавшего подобные изменения в структуре действия при резком снижении нагрузки, это объясняется тем, что испытуемый, ориентируясь на пространственную точность выполнения, произвольно пренебрегает требуемыми временными рамками. В случае обратного перехода, напротив, составляющие движения кванты ма-лы по скорости и времени и процесс приобретает вид пошагового приближения к цели (рис. 34в). Иначе говоря, единая целостная структура моторного акта с характерным видом скоростной кривой, со свойственными ей коррекционными процессами распадается на подструктуры — кванты действия, где нарастание скорости сменяет ее падением, затем следует следующий квант и процесс повторяется.

Надо сказать, что описанная структура двигательного акта характерна для первых 2-3-х проб при переходе к новым условиям работы. Однако, благодаря "актуальной коррекции движения к новым обстоятельствам" [96 ] постепенно наступает стабилизация процесса, восстанавливается единая целостная структура сенсомоторного акта.

Рассмотрим, как за несколько проб происходит перестройка действия. В стабильных условиях складывается адекватный условиям образ-регулятор и план-программа, с требуемыми параметрами предстоящего действия. Затем происходит постепенное закрепление программы, направленной на отработку своего рода физики процесса скорости, точности, времени, пространственности и т.п. При неожиданной смене внешних условий испытуемый начинает движение на основании сложившегося в прежних условиях образа и программы, которые в данных условиях оказываются неадекватными. Именно неадекватность программы, которая осознается после первого же кванта движения, и является толчком к мощному развертыванию процесса сенсорных коррекций, которые служат строительным материалом для формирования программы, адекватно отражающей новые условия. Благодаря развернувшемуся коррекционному процессу, состоящему из большого числа квантов, каждый из которых имеет свою программирующую, реализующую и оценочные стадии, то есть благодаря наполнению когнитивными компонентами собственно исполнительной стадии действия достаточно быстро происходит оценка неадекватности выбранной программы реализации и смена фиксированной установки на актуальную. На наш взгляд, именно возникновение актуальной установки дает возможность для последовательного (имеется в виду каждое следующее одно за другим движение) перебора способов — программ управления действием, которые на основании полученной от движения информации либо отмечиваются

как неадекватные, либо остаются и постепенно начинают совершенствоваться благодаря информации от повторяющихся действий.

Подведем итоги:

- Выделенные компоненты функциональной структуры действия неодинаково реагируют на изменения условий его осуществления.
- Варьирование величины прилагаемого усилия вызывает изменения в программирующей и тормозной части стадии реализации.
- Инвариантными практически к любым изменениям внешних средств деятельности являются временные значения фазы разгона.
- При неожиданной смене условий сложившаяся структура действия разворачивается, приобретая ярко выраженный квантово-волновой характер. При этом, чем существеннее изменение условий, тем большей деструкции подвергается действие. Именно благодаря способности действия развертываться при смене внешних средств, благодаря наполнению когнитивными компонентами (программными и оценочными) собственно исполнительной моторной стадии действия достаточно быстро происходит формирование адекватной данным условиям программы действия.
- Успешность деятельности человека-оператора обусловлена не только конструктивно-техническими возможностями системы, но в большей степени учетом при проектировании его деятельности законов функционирования и возможностей перестройки действия в ответ на те или иные изменения ее внешних средств.

## Раздел 5. Зависимость временных, скоростных, точностных и структурных характеристик инструментального действия при изменении передаточных отношений

Проблема выбора оптимального коэффициента передачи (*КП*) возникла в связи с необходимостью быстрого и точного осуществления управляющих воздействий в системах человек-машина во время второй мировой войны. В последующие годы в связи с развитием авиационной и космической техники усиливается потребность в ее детальном изучении.

Одним из наиболее разработанных направлений инженерной психологии является исследование проблемы "преодоления" передаточных отношений в процессе формирования навыка.

В экспериментальной ситуации слежения за одномерным визуальным сигналом, обладающим постоянной скоростью, В.М. Водловеровым и Б.Ф. Ломовым [30] выделено несколько этапов овладения передаточными отношениями в процессе формирования двигательного навыка. Каждый этап характеризуется определенными функциональными связями между зрительной и кинестетической системами человека. На первом этапе овладения навыком слежения субъект осуществляет лишь дискретные реакции в ответ на перемещение сигнала, при этом на внешний контур "глаз-рука" приходится наибольшая нагрузка: зрительная система оценивает величину перемещения сигнала, кинестетическая — величину перемещения руки. В результате соизмерения зрительных и кинестетических сигналов устанавливается отношение величин перемещения сигнала и руки, т.е.

передаточное число. На следующем, втором этапе субъект переходит от регулирования движения по положению к регулированию движения по скорости. Это становится возможным за счет включения в контур регулирования экстраполяции. На завершающем, третьем, этапе формирования навыка на первый план выступает внутренний контур регулирования "кинестетическая система руки—двигательный аппарат руки", что происходит благодаря перестройке зрительного образа в процессе овладения навыком. Движения на данном этапе становятся плавными и непрерывными, уменьшается количество и величина ошибок. Основной функцией зрительной системы становится контроль.

В исследовании В.П. Багрунова и В.М. Водлозерова [8] на экспериментальном материале дискретного и непрерывного слежения показано, что преодоление передаточных отношений в процессе формирования навыка осуществляется за счет изменения скорости движения руки. При уменьшении передаточных отношений скорость указателя уменьшается, для компенсации этого испытуемый увеличивает скорость вращения органа управления. При увеличении передаточных отношений скорость указателя увеличивается и компенсация осуществляется за счет уменьшения скорости вращения органа управления. При очень больших передаточных отношениях движения руки становятся дискретными из-за слишком больших различий в "масштабе" визуальных и кинестетических сигналов.

В работе Л.М. Веккера [25], посвященной анализу предметных действий и операций управления, обращается внимание на отсутствие в управляющих действиях оператора прямого предметного соответствия между поступающей информацией и двигателем отвешением. Вследствие этого, указывает Л.М. Веккер, полученная через обратную связь кинестетическая информация не позволяет непосредственно определить сигнал рассогласования. Следовательно, требуется целая система пересирифровок, которая формируется только в процессе овладения двигательным навыком.

Иллюстрацией к изложенным теоретическим соображениям Л.М. Веккера является экспериментальное исследование Н.Г. Левандовского [92], цель которого состояла в поэтапном изучении процесса преодоления негативных эффектов передаточных отношений по мере овладения двигательным навыком. Анализировалась деятельность оператора по управлению паровым котлом электростанции по показателям приборов. Результаты экспериментов позволили установить, что на начальном этапе овладения навыком управления существует большое расхождение между скоростью движения стрелок прибора и скоростью перемещения соответствующих ключей. Оператор ориентируется на фактическую скорость движения клю-

чей, т.е. действует так, будто передаточное число равно единице. На этом этапе он актуализирует обычную схему предметного действия, которая в данных условиях оказывается неадекватной задаче деятельности. Конечный этап формирования навыка управления по показаниям приборов характеризуется ориентировкой оператора на скорость движения стрелок индикатора, при этом скорость движения ключей подстраивается к ней с учетом величины передаточного числа. Выработка навыка, таким образом, отмечает Л.М. Веккер, комментируя исследования Н.Г. Левандовского, состоит в формировании соответствующих пересифровок, за счет которых происходит преодоление передаточных отношений. Пересифровка позволяет определить необходимый поправочный коэффициент, который вносится в схему предметного действия, восстанавливая ее адекватность.

В одной из первых работ по этой проблематике Л. Серл и Ф. Тейлор [274] сделали попытку выяснить механизм преодоления оператором изменений чувствительности органа управления. С этой целью в экспериментах по непрерывному слежению фиксировалась скорость движения указателя и руки (коэффициент передачи вычислялся как отношение линейного перемещения руки к линейному перемещению указателя). Результаты показали, что скорость движения указателя при передаточном отношении 3:1 меньше, чем при 1:1, а скорость руки, напротив, больше. Авторы объяснили это стремлением испытуемого путем увеличения скорости движения руки компенсировать чрезмерное увеличение времени движения. Замечено также, что на начальном этапе овладения навыком скорость руки ниже, чем на конечном.

М.А. Котик [83] обращает внимание на ошибку, которую допускают некоторые исследователи, занимающиеся проблемой передаточных отношений. Зачастую рекомендуется к использованию определенное передаточное число, которое в конкретных условиях эксперимента, безусловно, дает максимальный эффект в точности и скорости выполнения движений. Однако, при этом не следует упускать из виду способность человека к обучению. Как правило, отмечает М.А. Котик, опытный оператор достаточно быстро научается "подстраивать" скорость движения рукоятки управления к скорости движения индекса на экране, выбирая таким образом наиболее удобную для себя в данных условиях скорость работы. Вследствие этого, оператор способен быстро и точно совершать управляющие воздействия, устанавливая необходимые параметры выходных сигналов, даже в тех ситуациях, когда передаточное число несколько отлично от оптимального.

Выбору оптимальных передаточных отношений посвящено большое количество исследований, поскольку этот критерий прямо связан с эффективностью деятельности оператора.

Едва ли не первой работой по определению оптимального коэффициента передачи является работа Г. Хелсона [207]. В экспериментальной ситуации слежения он варьировал передаточное число и радиус рукоятки. Автору удалось построить кривую зависимости ошибки слежения от передаточного числа. Для рукоятки с большим радиусом вращения кривая имела V-образную форму, для рукоятки с малым радиусом в кривой отсутствовала восходящая часть в области малых передаточных чисел, при продлении кривой в эту сторону ошибка слежения должна возрасти.

В исследовании К. Гиббса [193] сравнивались возможности трех видов управляющих движений — пальцем (наклоны большого пальца вправо и влево), кистью (повороты в горизонтальной плоскости при закрепленной руке) и рукой (повороты локтевого сустава) при задачах слежения. Коэффициент передачи варьировался в диапазоне 0,15-0,90 (в качестве коэффициента передачи использовалось отношение между видимым угловым перемещением индекса и угловым перемещением органа управления). Результаты показали, что движения пальцем в большей мере зависят от коэффициента усиления; с увеличением последнего общее время выполнения управляющего движения пальцем возрастает быстрее, чем при движении кистью или рукой. При всех использованных в экспериментах коэффициентах передачи движения кистью наиболее эффективны, а движения пальцем — наименее.

М. Хаммертон [203, 204] установил зависимость времени движения, осуществляемого с помощью наклонов вправо и влево вертикально поднятого большого пальца, поворачивающего рычаг, от коэффициента передачи в задаче слежения по скорости. Показано, что при больших значениях *KП* время заметно возрастает по сравнению с минимальным их значениями примерно на 3 с. Установлено, что движения пальцем наиболее эффективны при малых значениях коэффициента усиления.

По данным В.Г. Денисова с соавт. [54] зона оптимальных коэффициентов передачи зависит от направления движения руки. Для движений "вправо-влево" целесообразно использование значения *KП* в диапазоне 0,25-1,3, для движений "вверх-вниз" — 2,5.

Для выбора оптимальных величин *KП* существенны характеристики входного сигнала: амплитуда, сложность, скорость, время задержки и т.д. Амплитуда сигнала во многом определяет время выполнения движения: чем больше амплитуда сигнала, тем больше время управляющего движения. При этом рост времени выполнения движения зависит от передаточного числа. При использовании в системе

слежения круглой вращательной рукоятки управления необходимо точно соотносить максимальную амплитуду со значением передаточного числа. Если допустить возможность работы оператора с сигналом большой амплитуды при малых значениях передаточных чисел, то часть дефицитного времени оператора уйдет на необходимое перехватывание рукоятки управления, что, без сомнения, увеличит время выполнения управляющего действия. При малых же амплитудах сигнала невыгодно использовать большие передаточные числа, ибо значительно возрастает время регулирования точности совмещения управляемого индекса с целью. Таким образом, в задачах слежения за целями, перемещающимися на большие и малые амплитуды, необходимо подробное предварительное исследование для выбора оптимального передаточного числа. Иллюстрацией к сказанному может служить исследование В. Багрунова и В. Водлозерова [8]. В ситуации дискретного слежения испытуемый отрабатывал сигналы различной амплитуды с помощью вращательной рукоятки управления. Показано, что время выполнения движения определяется отношением амплитуды сигнала к передаточному числу. Отмечалось также возрастание нагрузки на мышцы руки или на зрительный анализатор соответственно при увеличении или уменьшении отношения амплитуды к передаточному числу.

В работе Л. Серла и Ф. Тейлора [274] показано, каким образом соотносятся амплитуда сигнала к скорости движения руки и указателя (метки индикатора) при разных значениях передаточных отношений. Авторы исследовали процесс позиционного слежения за сигналом, траектория которого представляла собой вертикальную прямую с горизонтальными отклонениями от нее разной амплитуды: 5, 30, 60 мм. Между экспериментальными сериями устанавливалось передаточное отношение 1:1 или 3:1. В исследовании было обнаружено, что при амплитудах движения 5 и 30 мм скорости указателя при обоих передаточных отношениях приблизительно одинаковы. С увеличением амплитуды сигнала до 60 мм скорость указателя при передаточном отношении 3:1 уменьшается по сравнению с 1:1, а скорость руки, напротив, увеличивается. Последнее явление объясняется авторами как стремление испытуемого компенсировать уменьшенную скорость движения указателя и предупредить чрезмерное увеличение времени реагирования.

Значимым фактором для определения оптимального передаточного числа является временная задержка сигнала, под которой понимается запаздывание изменений показателей индикатора по сравнению с движением органа управления. М. Роквэй [266] варьировал время запаздывания (0,3; 0,6; 1,5; 3,0 с) и передаточное число (1:3, 1:6, 1:15, 1:30), под которым понималось отношение линейного перемещения органа управления к линейному перемещению указателя.

Получены следующие зависимости между передаточным числом и временем запаздывания: при передаточном числе 1:6 оптимальное выполнение зафиксировано при запаздывании в 0,6 с, при 1:15 и 1:30 — соответственно 1,5 и 3,0с. Е. Билодью [152], обсуждая эти результаты, указывает на распространенную в инженерной практике ошибку, связанную с негативным влиянием запаздывания на точность слежения. Автор обращает внимание инженеров и конструкто-ров на связанный с точностью такой фактор деятельности оператора как передаточное число. В системах с низкой чувствительностью органа управления запаздывание действительно может быть вредно. В системах же с высокой чувствительностью оно не только не вредно, а даже полезно.

Помимо перечисленного, есть еще группа факторов, влияющая на оптимальное передаточное число, но непосредственно не связанная ни с конструкцией органа управления, ни с характеристиками вход-ного сигнала. Условно эту группу факторов можно обозначить как требуемые "условия деятельности". Уровень точности регулирова-ния объектом — одно из важных условий выполнения управляющих воздействий оператором при разных коэффициентах передачи. Во многих исследованиях предварительно устанавливается требуемый уровень точности регулировки, и лишь затем строится кривая зависи-мости времени выполнения движения от коэффициентов переда-чи.

Исследуя влияние передаточных отношений на структуру движе-ний, В. Дженкинс и М. Коннор [214] выделили в действиях операто-ра, перемещающего орган управления, рабочие и корректирующие движе-ния. В другой терминологии они получили название первич-ных и вторичных движений, или грубого и тонкого регулирования [74]. Суть данного разделения такова: под движением первого вида понимается быстрое перемещение органа управления в район цели, под движением второго типа — коррекционные процессы, позволя-ющие осуществить точностное совмещение. Увеличение передаточ-ного числа ведет к росту времени грубого регулирования, ибо пере-мещение органа управления в этом случае осуществляется на боль-шую величину. (Под передаточным числом в данном случае понима-ется частное от деления значений перемещения органа управления на значения перемещения индекса на экране.) Данное положение особенно существенно для ситуаций слежения с использованием вра-щательных рукояток при отработке сигналов большой амплитуды, когда оператор вынужден совершать одно или даже несколько пере-хватывающих движений для вывода управляемого сигнала в район цели. С увеличением передаточного числа время тонкого регулиро-вания, напротив, уменьшается. Таким образом, разнонаправленное влияние передаточного числа на временные характеристики грубых

и тонких регулировочных движений затрудняет выбор оптимального. В этой ситуации следует выбирать такое передаточное число, которое обеспечивало бы минимальное общее время (грубое + тонкое регулирование) управления. В зависимости от задач, поставленных перед оператором, следует ориентироваться на один из двух рядов регулировочных движений. Например, в случае, когда допуск на точность выполнения достаточно велик, время выполнения вторичных корректировочных движений значительно уменьшается, и, выбирая оптимальное передаточное число, следует ориентироваться на выполнение первичного движения. И напротив, если оператор должен совершать точное совмещение управляемого сигнала с целью, необходимо выбрать такое передаточное число, которое позволило бы наиболее эффективно осуществить эту операцию, пре-небрегая при этом некоторым неудобством и увеличением времени выполнения основного движения.

М. Хаммертон [203,204] пытался определить, за счет какого компонента происходит увеличение общего времени выполнения движений с большим передаточным числом. В экспериментальном исследовании слежения по скорости он использовал установку, в которой управляющее движение выполнялось с помощью наклонов вертикально поднятого большого пальца вправо и влево. Орган управления представлял собой рычаг длиной 90 мм. КП менялся в диапазоне от 0 до 19. (Под КП понималось отношение величины перемещения подвижного индекса к величине перемещения органа управления.)

Основными анализируемыми показателями являлись время от момента появления сигнала до момента попадания управляемого индекса в зону цели и общее время движения. Основной вывод, полученный М. Хаммертоном, состоит в том, что большой коэффициент передачи отражается прежде всего на корректировочном компоненте движения, вызывая значительное увеличение времени его фракционирования. Время же приведения управляемого индекса в район цели оказывается приблизительно одинаковым при разных значениях КП.

В.Г. Денисов и др. [54] отмечают, что с увеличением коэффициента передачи время основной и точной настройки соответственно уменьшается и увеличивается. Для точной настройки оптимум на один оборот маховика составляет 1,5, когда точность не имеет существенного значения, составляет 6.

Согласно данным В. Дженкинса и М. Коннора [214], повышение уровня точности регулирования объекта от 0,5 до 0,3 мм существенным образом не изменяет время основного движения. Однако при повышении точности от 0,3 до 0,1 мм оно увеличивается в 2-2,5 раза даже при малых значениях передаточных чисел.

Таким образом, передаточные отношения оказывают влияние на структуру движений: установлена зависимость между значениями передаточных отношений и временем основного и корректирующих движений. Определены некоторые факторы (амплитуда движения, допуск на точность), которые оказывают решающее значение при выборе оптимального передаточного числа.

Вместе с тем, несомненный интерес представляет исследование функциональной структуры и микродинамики сенсомоторных действий в условиях изменения передаточных отношений. Исследование, выполненное И.В. Бвсевичевой, состояло из двух серий: в первой исследовалось влияние коэффициента передачи на структуру действия в стабильных условиях, т.е. в течение каждого эксперимента испытуемые работали только с одним значением передаточных отношений. Во второй серии условия были динамичными, т.е. в течение одного эксперимента испытуемым предлагалось работать с разными *KП*. Задача испытуемых состояла в точностном совмещении управляемого индекса с целью в ситуации дискретного слежения. Тестовый материал состоял из стартовой позиции и цели, представляющих прямоугольники размером 3 x 0,3 см. Стартовая позиция находилась у нижней границы экрана индикатора, цель предъявлялась по вертикали на расстоянии 18 см от старта. Для перемещения управляемого индекса по вертикали экрана к цели необходимо перемещать орган управления в направлении "от себя" и "к себе" при возвращении в стартовую позицию. Расстояние между испытуемым и экраном индикатора составляло 170 см.

Под *KП* в этом исследовании понималось отношение величины линейного перемещения управляемого индекса на экране к величине линейного перемещения руки.

В первой серии экспериментов использовались 7 значений коэффициента передачи: 0,6; 1; 2,5; 4,5; 6; 8; 10, т.е. при перемещении испытуемым ручки управления на 1 см управляемый индекс на экране не перемещается соответственно заданному *KП* на 0,6 см, 1 см, 2,5 см, 4,5 см, 6 см, 8 см и 10 см. Микроструктурному анализу подвергались следующие параметры инструментального действия: общее время, время латентной стадии, стадии реализации, включая фазы разгона и торможения на кривой скорости, стадии контроля и коррекции; максимальная скорость, ошибка совмещения.

Анализ результатов показал, что кривая изменения общего времени выполнения действия, при увеличении *KП* от 0,6 до 10, имеет V-образный вид с минимумом при *KП* = 4,5 и 6 (табл. 8). Динамика общего времени связана с изменениями, возникшими в стадиях реализации и контроля. Увеличение *KП* вызывает уменьшение времени стадии реализации, что вызвано уменьшением амплитуды перемещения органа управления. Для каждого *KП* характерна своя макси-

Таблица 8.

Изменение временных, скоростных и точностных характеристик действия в зависимости от величины коэффициента передачи.

Значения КП		0.6	1	2.5	45	6	8	10
<b>Параметры</b>								
T общ (с)	M	1.44	1.38	1.32	1.25	1.23	1.38	1.66
	$\sigma$	0.39	0.35	0.25	0.32	0.33	0.36	0.50
T лат(с)	M	0.30	0.29	0.27	0.28	0.30	0.28	0.32
	$\sigma$	0.07	0.07	0.05	0.07	0.08	0.07	0.09
T реал (с)	M	0.80	0.72	0.66	0.54	0.45	0.42	0.69
	$\sigma$	0.14	0.19	0.15	0.15	0.12	0.14	0.19
T разг(с)	M	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14	0.13	0.18
	$\sigma$	0.08	0.09	0.06	0.04	0.09	0.05	0.09
T торм(с)	M	0.51	0.48	0.47	0.38	0.31	0.29	0.51
	$\sigma$	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.07	0.18
T кК (с)	M	0.34	0.37	L0.39	0.42	0.48	0.68	0.64
	$\sigma$	0.27	0.26	0.25	0.18	0.29	0.34	0.48
V (см/с)	M	141	91	49	30	23	16	14
	$\sigma$	26	12	6	5	3	3	5
Ош. экран. (см)	M	0.15	0.20	0.20	0.32	0.30	0.32	0.40
	$\sigma$	0.09	0.11	0.13	0.20	0.21	0.24	0.29

M — среднее значение параметра

$\sigma$  — среднеквадратическое отклонение параметра

мальная скорость оперирования органом управления. Время стадии контроля и коррекций в выделенном диапазоне изменений *КП*, наоборот, увеличивается по мере увеличения значений передаточных отношений, что вызвано возрастающей сложностью соотнесения перемещения органа управления и управляемого индекса. Установленная зависимость характерна для всего диапазона изменений *КП* кроме последнего, равного 10. В этом случае время реализации значительно увеличивается, а время контроля и коррекций остается неизменным. Обнаружено, что это связано со структурной организацией действия при *КП* равном 10. В этом случае нарушается, характерная для действий с другими *КП*, плавность движений. Реализация действия здесь носит дискретный характер, представляя собой цепь микроперемещений (рис. 35). Данная тактика обусловлена трудностями соизмерения визуальных и кинестетических сигналов, поступающих от перемещения управляемого индекса и руки, манипулирующей ручкой управления. На отсутствие плавности, на прерывистость и

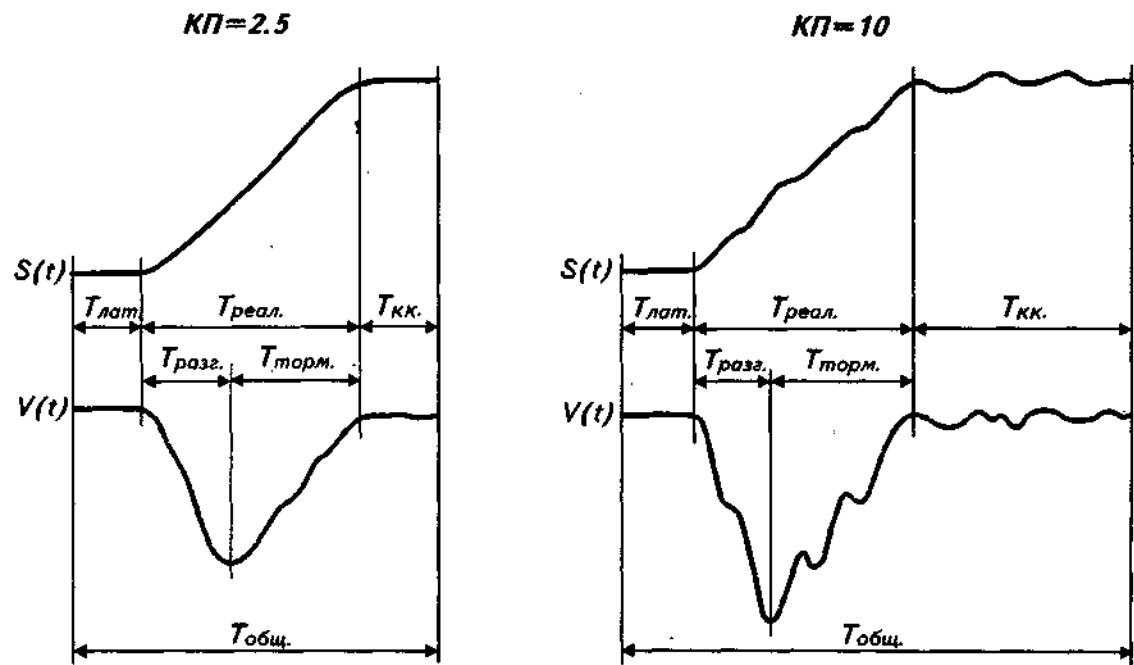


Рис. 35. Образцы записей движений при работе с разными коэффициентами передачи

дискретность движения при больших коэффициентах передачи указывают в своих работах В.П. Багрунов, В.Н. Водлозеров и С.А. Паужайте. Авторы также объясняли подобную деструкцию трудностью соизмерения визуального и кинестетического сигналов [8, 116].

Для выработки устойчивого навыка в этих условиях требуется дополнительная тренировка, в результате которой достигается требуемая плавность и, как следствие, изменение временных и структурных характеристик движения. Анализ выявил обратную зависимость между точностью совершаемого действия и величиной КП: чем больше КП, тем ниже точность смещения. Это вызвано трудностями соизмерения при больших КП микроперемещений органа управления и существенных перемещений индекса на экране. Напомним, что смещение ручки управления на 5 мм при КП = 10 вызывало перемещение индекса на 5 см по экрану. Результаты, показали, что испытуемые в целом успешно работают при всех КП. Эти результаты могут использоваться при выборе оптимального коэффициента передачи при заданных критериях времени, скорости и точности совершения действия.

Вторая серия экспериментов была посвящена изучению влияния переменных условий предъявления коэффициентов передачи на сенсомоторную деятельность. В этой серии варьировалось три значения КП: 0,6; 2,5; 10, при этом в качестве фонового (основного) выступал КП=2,5, вероятность его предъявления равнялась 50%. Остальные предъявлялись с вероятностью 25 % каждый. Введение в эксперимент переменных в виде трех значений КП приводит к существенным изменениям структуры сенсомоторных действий (рис. 36). В этих условиях появляются действия с двумя волнами в стадии реализации (на рис. 36 время реализации первой и второй волны обозначаются Евр1 и Трв2 соответственно, фаза разгона — Тр1 и Тр2 и фаза торможения Тм1 и Тм2). Причина их возникновения связана с неадекватным планированием скорости предстоящего действия. Для каждого КП, как показано в первой серии экспериментов, существует оптимальная скорость реализации действия. Здесь же изменение КП происходит в случайном порядке и испытуемый не может знать, изменится ли и как изменится коэффициент передачи в следующей пробе, поэтому он ошибается при планировании скорости предстоящего действия. Если испытуемый выбрал скорость большую, чем необходимо для реализации действия с данным КП, то происходит "перелет" через цель, для устранения которого необходимо сделать возвратное движение к цели (рис. Збв). Если же выбранная скорость оказалась меньше, чем нужно для реализации действия, то возникает "недолет", для ликвидации которого необходимо увеличить ско-

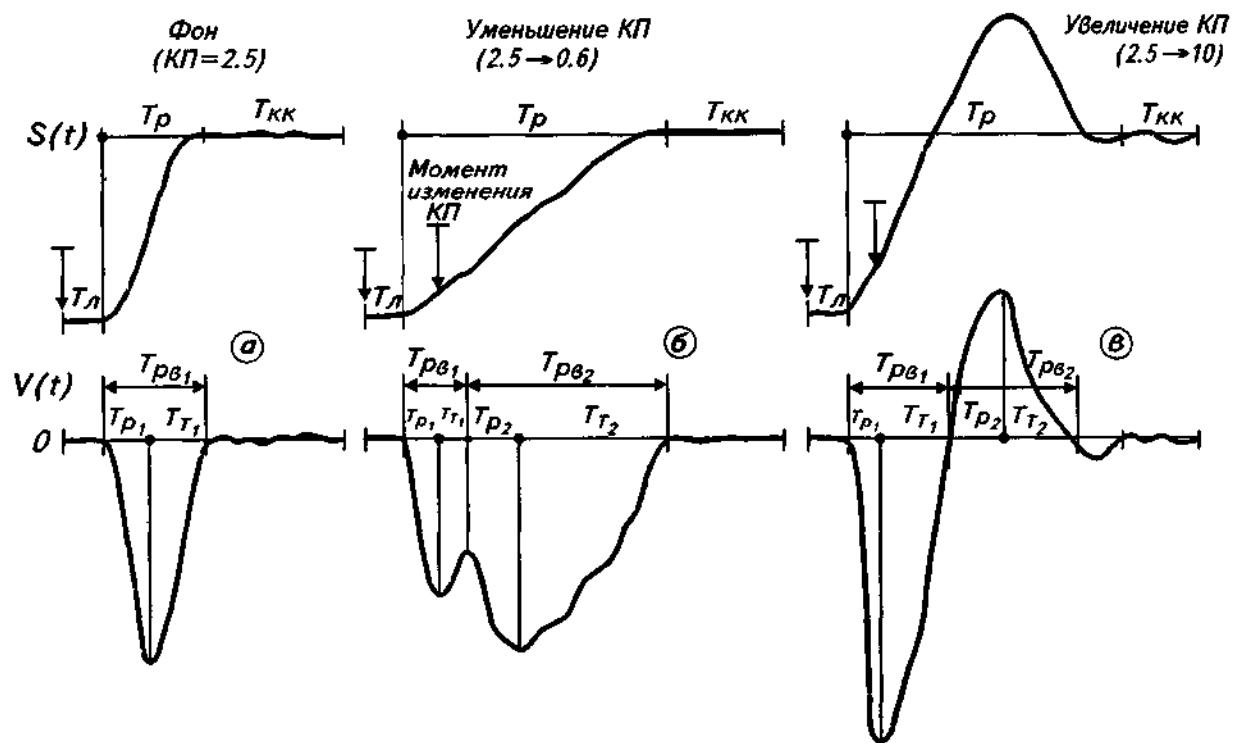


Рис. 36. Схема выделения параметров действия.

рость (рис. 366). Иначе говоря, первоначальное и коррекционное движения составляли соответственно первую и вторую волну реализации действия. Особенность зафиксированных в исследовании действий с двухволной структурой состоит в отсутствии периода покоя, предшествующего началу коррекционного движения, во время которого должно осуществляться его планирование. Это свидетельствует о параллельном функционировании двух процессов: моторного, направленного на реализацию первоначального движения, и когнитивного, задача которого состоит в оценке текущего движения и формировании программы нового коррекционного движения. Полученные результаты согласуются с ранее обсуждавшимися результатами в разделе 3 главы 4.

Установленные в исследовании функционально-структурные перестройки действий отражаются и на их временных характеристиках: в динамических условиях предъявления КП на совершение любой действия затрачивается значительно больше времени, чем в стабильных условиях. Это увеличение зафиксировано в двухволных действиях при КП = 0,6 и 10 и выражается в увеличении времени стадии реализации и стадии контроля и коррекций. Что касается движений с КП = 2,5, использовавшегося с вероятностью в два раза большей чем два других, то подавляющее большинство движений имеет одноволновую структуру, при этом время, как общее, так и по стадиям действия, практически не отличается от стабильных условий работы (см. рис. 35а). В данном случае значимой оказалась именно вероятность предъявления. Полученные данные свидетельствуют о том, что при работе с несколькими коэффициентами передачи испытуемые при выполнении действий ориентируется на средний по значению КП, предъявляющийся с большей вероятностью.

Итак, в изложенном исследовании установлена зависимость функционально-структурных перестроек от величины и условий предъявления коэффициента передачи. Выделяются два основных типа перестроек, различающихся уровнем коррекции действия. Для каждого из них описан специфический набор компонентов и связей функциональной структуры, участвующих в осуществлении движения. Первый тип перестроек, наблюдаемый в действиях с одноволновой структурой, связан с более длительным чем в обычных условиях функционированием текущего коррекционного процесса. Он осуществляется с помощью микрокоррекций внутри первоначально выработанного плана действий. Второй тип перестроек зафиксирован в действиях с двухволной структурой, в которых для коррекции действия в соответствии с новым КП уже недостаточно микроизме-

нений текущего контроля, а необходимо формирование или активная корректировка плана действия.

Подведем итоги:

- В процессе выработки навыка для "преодоления" передаточных отношений требуется целая система пересифровок, выражаяющихся, в частности, в изменениях скорости движения руки.
- Выбор оптимального коэффициента передачи во многом определяется характеристиками входного сигнала, его сложностью, амплитудой, скоростью.
- Определяющим фактором при выборе передаточного числа является требуемая точность: при достаточности грубого регулирования передаточное число может быть большим, напротив, при необходимости тонкого регулирования оно должно быть уменьшено.
- Варьирование коэффициента передачи, используемое в качестве методического средства изучения функциональной структуры совместно с методом микроструктурного анализа, позволило расширить и уточнить имеющиеся представления о типах взаимодействия и о возможностях трансформации компонентов структуры действия.
- Количественные и качественные изменения в структуре действия в ответ на изменение КП зависят от их варьирования: величины, вероятности предъявления, количества, сочетания и направления изменений.
- При работе в стабильных условиях с разными по величине КП изменяются временные характеристики стадий реализации и контроля и коррекций, а также скорость осуществления действия.
- В динамических условиях работы наблюдаются и количественные и качественные изменения структуры действия, выражающиеся в появлении второй волны стадии реализации, обусловленной необходимостью коррекции первоначального плана действия.
- Анализ структуры действия с двухволной организацией позволил установить, что планирование второй волны происходит в период осуществления первой волны действия, что свидетельствует о параллельном функционировании двух процессов: моторного, направленного на реализацию первоначального действия, и когнитивного, задача которого состоит в оценке текущего движения и формировании программы нового действия.

## **Глава 6. МИКРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕНСОМОТОРНЫХ ДЕЙСТВИЙ**

### **6.1. Исследование явления психологической рефрактерности сенсомоторного действия**

В психологической литературе, посвященной исследованию двигательного поведения, имеется большой цикл работ, связанный с изучением механизмов задержки времени реакции в ответ на второй из двух сигналов, следующих один за другим. Это явление получило название психологической рефрактерности. Термин был предложен А. Телфором в 1931 году. Впервые оно исследовалось на материале вербального обучения В. Бундтом [279], затем А. Телфордом [289]. Понятие психологической рефрактерности в его современном виде было сформулировано в трудах К. Крейка [177, 178], П. Фиттса [190], М. Вине [297] и А. Уэлфорда [301], исследовавших это явление на материале операторской деятельности. Основной методический прием состоял в том, что испытуемому предъявлялись в быстрой последовательности два или несколько простых сигналов, на которые он должен был давать моторные ответы. Использовались чаще всего простые реакции: нажатие на кнопку, ключ, клавишу. Результаты показали, что время реакции на второй стимул обычно превышает время реакции на первый стимул, если межстимульный интервал меньше времени первой реакции.

Имеются три группы теорий, различно объясняющих явление психологической рефрактерности. В теориях первой группы предполагается наличие некоего физиологического (или центрального) механизма, обеспечивающего постоянную величину задержки реакции на второй стимул. Их сторонники рассматривают психологическую

рефрактерность по аналогии с физиологической, оговаривая при этом, что ее значения зависят от условий эксперимента и сложности перцептивной и двигательной задач. К достоинствам этих теорий относится ограничение роли периферических механизмов, участвующих в подготовке двигательных ответов, а также разработка ряда экспериментальных приемов, широко используемых для изучения рефрактерности. С помощью методов одномодальной и разномодальной стимуляции показано, что для того, чтобы избежать маскировки последовательно предъявляемых сигналов, следует пользоваться разномодальными стимулами, предпочтительно зрительно-слуховыми, а двигательные ответы на первый и второй стимулы должны совершаться с помощью разных рук. Сейчас эта группа теорий представляет в основном исторический интерес.

Вторая группа теорий объясняет увеличение времени реакции на второй стимул с помощью феноменов вероятностного ожидания и готовности к ответу. Считалось, что появление первого стимула и его обработка ведут к резкому понижению субъективной вероятности появления следующего сигнала, что и вызывает увеличение времени на его обработку. Это положение было опровергнуто в работах Д. Адамса [157] и Р. Боргера [24], нашедших, что при сдвоенных стимулах и постоянном межстимульном интервале (*MSI*) явление рефрактерности также имеет место. В опытах Р. Боргера испытуемому последовательно предъявлялись два зрительных или два слуховых стимула. Через 500 мс после подачи сигнала готовности предъявлялся первый стимул. Опыт строился таким образом, что испытуемый либо отвечал на первый стимул нажатием на ключ, либо этого не требовалось. Через определенный интервал предъявлялся второй сигнал. На него испытуемый должен дать ответ. Величина *MSI* была постоянной на протяжении серии из 30 проб и составляла от 50 до 800 мс. Результаты показали, что при постоянном *MSI* время второго ответа в сдвоенных пробах всегда больше времени первого и растет по мере увеличения *MSI*; в пробах же, где от испытуемого требовался одиночный ответ на второй стимул, величина *MSI* никакой роли не играла и время реакции было постоянным, хотя и завышенным по сравнению с временем простой реакции на одиночный стимул.

Сходные данные были получены Л. Кримером [179], используявшим зрительно-слуховую стимуляцию и постоянную величину *MSI*, равнявшуюся в его опытах 0, 100, 200, 400 и 800 мс. Экспериментальное опровержение теории готовности было сделано Р. Дэвисом [181], который построил условия опыта таким образом, что испытуемый, не получая первого сигнала, произвольно выполнял на-

жатие на ключ левой рукой, вслед за которым, через определенный отрезок времени (*МСИ* был постоянным на протяжении всей серии и составлял от 50 до 500 мс) давался второй сигнал — вспышка лампочки, и испытуемый должен был быстро нажать на ключ правой рукой. В этом эксперименте не было зафиксировано увеличения времени второго движения по сравнению с первым.

Таким образом, вероятностная интерпретация явления рефрактерности является сомнительной, поскольку рефрактерность была получена в ситуациях очень высокой вероятности появления второго стимула (Р. Боргер, Л. Кример) и совершенно отсутствовала, когда от испытуемого не требовалась организация ответа на первый из двух следующих друг за другом стимулов.

В исследовании Х. Кея и А. Уэйса [219] были объединены и систематизированы все ранее применяющиеся разрозненно экспериментальные приемы, такие как одиночное и сдвоенное предъявление, Одиночные и серийные ответы, вариации времени готовности и *МСИ* (25-1000 мс). На протяжении одной серии использовался как постоянный, так и переменный *МСИ*. Было получено возрастание времени реакции на второй стимул, связанное с ростом неопределенности экспериментальных условий. Оно составляло по мере усложнения аяачи соответственно от 55 до 265 мс. Авторы пришли к выводу, что рефрактерность значимо растет, когда испытуемый должен совершать движение в ответ на первый стимул; кроме того, показано, что Величина рефрактерности является функцией от временной неопределенности, связанной с предъявлением первого стимула. Она больше, когда появление первого сигнала труднопредсказуемо, и меньше, когда на протяжении серии величина *МСИ* не меняется. Значит величина рефрактерности является производной от значения *МСИ* и от времени готовности к первой реакции.

Впоследствии Д. Адамс и Р. Рейнольдс [279] нашли, что при постоянном *МСИ* рефрактерность может отсутствовать вовсе, если двигательный ответ достаточно прост. Вместе с тем, было обнаружено существенное увеличение времени второй реакции, даже при постоянном *МСИ*, если первый ответ представляет собой реакцию выбора. Авторы пришли к выводу, что рефрактерность не столько зависит от величины *МСИ*, сколько является функцией от сложности первого моторного ответа. Данный вывод, хотя и получен сторонниками вероятностной природы рефрактерности, вполне согласуется с теорией одноканальной переработки информации

Третья группа объединяет сторонников одноканальности переработки информации. Эта теория предполагает наличие механизмов с ограниченной пропускной способностью, задающих определенную

последовательность обработки поступающей информации. Согласно этому предположению, два стимула не могут обрабатываться одновременно, поскольку информация, поступающая позже, блокируется и держится в "резерве" до тех пор, пока не высвободится канал обработки, занятый ранее поступившей информацией. А. Уэлфорд [301] впервые сформулировал гипотезу о том, что центральные механизмы принятия решений не могут быть одновременно заняты обработкой двух стимулов (или двух групп стимулов) и приводит следующие доказательства. Во-первых, рефрактерный период не исчезает с тренировкой испытуемого или выработкой соответствующего навыка, при этом величина его не изменяется. Во-вторых, явление рефрактерности имеет центральную природу, что подтверждается успешным использованием в экспериментах разномодальной стимуляции (разные стимулы в паре, например, слуховой и зрительный). Наконец, в-третьих, величина рефрактерности относительно не зависит от того, было ли совершено движение в ответ на первый стимул, а также использовались ли в эксперименте одна или обе руки.

Имеются различные взгляды на то, с помощью каких механизмов осуществляется дозированная переработка информации. Ряд авторов помещают эти механизмы в область сенсорики, другие считают, что блокировка избыточных порций информации происходит на эффекторном уровне, при выполнении двигательного акта. Большинство же полагает, что ограничительные заслоны для вновь поступающей информации находятся в центральных участках обработки информации, а именно на стадии выбора и организации моторного ответа.

Существуют различные гипотезы, связывающие явление рефрактерности с задержками восприятия поступающей информации. Наиболее категорична точка зрения Д. Бродбента [24, 167], который, базируясь на материале речевых нарушений, показал, что в процессе восприятия происходит квантование поступающей информации на порции, укладывающиеся во временной интервал длительностью около 300 мс. Критика этой гипотезы велась по четырем направлениям. Во-первых, если гипотеза квантования верна, то при нулевом *MSI* рефрактерности наблюдать не должно, так как два стимула поступают одновременно и входят в один квант. На деле многие авторы получили наивысшие значения рефрактерности при *MSI* = 0 [Д. Адамс, 154; Л. Кример, 179; Р. Девис, 181; Р. Рейнольдс, 279], у других она была несколько ниже по сравнению с небольшими величинами задержки [Т. Мэрилл, 240].

Из гипотезы Д. Бродбента, следует, что величина рефрактерности определяется величиной *MSI*, а сложность первого стимула, его

временная неопределенность не играют существенной роли. Этому противоречат данные Х. Кея и А. Уэйсса [219], которые нашли, что величина рефрактерности имеет тенденцию к увеличению с ростом временной неопределенности первого стимула.

Следующее положение, вытекающее из гипотезы Д. Бродбента, состоит в том, что если рефрактерность имеет перцептивное происхождение, должны существовать ее постоянные значения для каждой модальности. Многочисленные эксперименты опровергают это, доказывая, что величина рефрактерности колеблется даже в пределах одной и той же модальности и различна для каждого конкретного случая. И, наконец, последнее. Если рефрактерность имеет перцептивную природу, то в случае разномодальных стимулов в паре рефрактерность должна отсутствовать. Это предположение многократно опровергалось, в частности, Р. Дэвис [181] нашел обычное повышение времени реакции на второй стимул, используя в одной паре руковой и зрительный стимулы. Заметим, что несмотря на суровую и в целом бесспорную критику представлений Д. Бродбента о квантах перцепции со стороны исследователей, занятых проблемой рефрактерности, сами эти предположения несомненно имеют право на существование. Не следует забывать, что средняя длительность зрительных фиксаций равна 300 мс, то есть равна кванту перцепции Бродбента. Но подробное обсуждение проблемы кванта зрительного восприятия уело бы нас от темы книги в область когнитивной психологии.

Представления о природе рефрактерности, связанные с работой афферентного звена в цепи двигательной регуляции, сформулированы Р. Рейнольдсом в гипотезе о так называемом "привычном ответе", когда из пары требуемых реакций преобладает та, которая наиболее тесно связана, или ассоциируется, с одним из двух стимулов. Р. Рейнольде утверждает, что в случае, если "оба ответа имеют для испытуемого равное значение, доминирует обычно первая реакция" [279]. Из этой гипотезы следует, что рост времени моторного ответа на второй стимул объясняется не столько выбором необходимой реакции, сколько преодолением инерции после совершения первого действия. Тщательно это предположение не исследовалось, однако у ряда авторов [Р. Никерсон, по 279; Х. Кей и А. Уэйсс, 219] имеется указание на то, что рост времени второго ответа происходит даже в том случае, когда отсутствует первый ответ. Следует заметить, что в ситуации одиночного ответа, исчезает такой важный фактор, как элемент соревнования двух двигательных реакций, которому в рамках данной гипотезы придается решающее значение.

Следующее предположение, вытекающее из гипотезы "привычного ответа", заключается в том, что чем больше сходство двигатель-

ных реакций, тем более сложен выбор и тем ярче должно выступать явление рефрактерности. Например, если в паре реакций оба ответа — двигательные, то рефрактерность должна быть выше по сравнению с тем, когда в паре один ответ — двигательный, а второй — вербальный.

Наиболее распространена точка зрения, согласно которой исключимый механизм с ограниченной пропускной способностью находится на центральных участках пути обработки информации, в "блоке принятия решений", или в "блоке выбора и организации моторного ответа". Эта концепция одноканальной системы переработки информации имеет многочисленных сторонников, к числу которых относятся К. Крейк, П. Фресс [279], М. Вине [297], А. Уэлфорд [301], Р.Дэвис [181].

Теория одноканальной переработки информации исходит из следующего: 1. Имеется определенное число механизмов сенсорного входа, способных воспринимать поступающую информацию и хранить ее в течение ограниченного периода времени, поэтому, например, короткая серия сигналов может быть воспринята как один сигнал. 2. Имеется некоторое число центральных и периферических эфферентных механизмов, способных выполнить короткую серию простых движений (таких как ритмическое нажатие на ключ) как единое, целостное действие. 3. Между афферентными и эфферентными механизмами находится одноканальный механизм принятия решений, обладающий ограниченной пропускной способностью. Ему требуется определенное время для обработки определенных порций информации (термин "информация" следует понимать в широком смысле). 4. Информация, поступающая из сенсорного входа, может быть аккумулирована, если механизм принятия решений занят обработкой ранее поступивших порций информации; она передается в механизм принятия решений сразу, как только он освободится. 5. Механизм принятия решений способен вырабатывать и посыпать команды к эффекторным механизмам для организации двигательного ответа, их выполнение может совпадать по времени с переработкой "свежих" порций новой информации.

Из этих положений следует ряд выводов. Во-первых, величина рефрактерности должна являться функцией времени, требуемого для выбора и организации первого ответа. Это предположение было подтверждено в работе Х. Кея и А. Уэйсса [219]. Во-вторых, когда реакции на первый стимул не требуется, рефрактерность наблюдаться не должна. Это положение не подтвердилось, напротив, было доказано, что имеется небольшая задержка второй реакции, правда, меньшая, чем когда совершались оба ответа. И наконец, следует вывод о том, что, поскольку пропускная способность ограничена

только на уровне выбора ответа, возможен выбор второго ответа, когда еще не закончена обработка первого стимула.

Ряд авторов относит к теории одноканальности гипотезу конфликта ответов, которая развивалась в работе В. Кантовитца [217]. Авторы полагают, что эффекты рефрактерности зависят от взаимоотношений между стратегиями ответов на первый и второй стимулы, их количественной и качественной сложности, совместимости. Подчеркивается, что увеличение времени реакции в большей мере связано с процессами выбора из набора соревнующихся моторных программ.

Возможное объяснение механизмов психологической рефрактерности предложено А.А. Крыловым и сотр. [90]. Они нашли, что включение новой деятельности в общий процесс обработки информации определяется прежде всего характером предыдущего и вновь поступившего сигналов и интервалом времени, разделяющим эти сигналы. При случайном *MSI* наблюдается увеличение времени второго действия. Авторы назвали включение его в целостную деятельность "включением с задержкой". Этот тип стратегии наблюдается при  $MSI = 0,4$  с и препятствует преждевременному ответу. При постоянном *MSI* наблюдаются две стратегии включения второго действия: "включение с упреждением" обслуживает операции, содержащие короткие интервалы (от 0 до 0,1 с) и "включение с задержкой" — при интервалах от 0,1 до 0,4 с, при этом время второго действия меньше, чем при случайном варьировании *MSI*. Упреждение вызвано тем, что у испытуемых в ответ на появление первого сигнала, т.е. они действуют на один сигнал, как на два. Выделены еще три типа "включений" в деятельность в зависимости от сложности двигательных ответов. Например, если первое действие представляет собой простую сенсомоторную реакцию, а второе — сложное действие, то не наблюдается существенных изменений времени второго действия, а время первого действия несколько возрастает в пределах *MSI*, равных по длительности этому действию. Этот тип стратегии вызван "включение с преимуществом более сложного действия второго типа", сходное с "включением с задержкой". Если оба действия являются сложными, то наблюдается стратегия "включения с обобщенной задержкой".

Особый интерес представляют исследования, в которых было обнаружено нетипичное, если можно так выразиться, поведение кривой рефрактерности. С. Корнблум и В. Костер [232] привели данные зависимости времени сдвоенных реакций от интенсивности стимулов. Показано, что при низкой интенсивности световых сигналов кривая рефрактерности, построенная из усредненных по 34 испытуемым значений, имеет форму экспоненты, плавно снижаясь по мере

увеличения межстимульного интервала. В то же время индивидуальные кривые у ряда испытуемых обнаружили "провалы" рефрактерности на интервале 300-400 мс, где значения второго времени реакции были меньше по сравнению с временем первого ответа.

В исследовании Т. Мэрилла [240] у всех испытуемых был обнаружен отрицательный пик рефрактерности. Он также приходился на интервал между 300 и 500 мс. Эти данные Т. Мэрилл никак не интерпретирует.

В работе Р. Дэвиса [181] было показано, что кривая рефрактерности на участке 300-500 мс (имеется в виду величина межстимульного интервала) стабилизируется. В эксперименте использовалась разномодальная стимуляция: первым стимулом был звуковой сигнал, подаваемый в наушники, вторым — загорание лампочки. Ответы давались обеими руками. Время готовности колебалось от 1,5 до 2,5 с; *MSI* — от 50 до 500 мс. Вычислялись эталонные значения времени реакции для каждой руки. Интересно отметить, что индивидуальные значения второго времени реакции у одного из испытуемых на участке от 300 до 500 мс сопоставимы с эталонными значениями времени простой реакции.

В работе И.Б. Цибулевского [140] получена динамика кривой рефрактерности, сходная по тенденции с поведением кривой рефрактерности в исследованиях С. Корнблума, Т. Мэрилла, Р. Дэвиса. Показано, что наибольшее значение рефрактерности (150 мс) зафиксировано при *MSI* равном 64 мс. С увеличением *MSI* значения рефрактерности уменьшаются, доходя до значений, равных времени реакции на первый сигнал при *MSI* — 530 мс.

Сравнительно небольшое число исследований, связанных с психологической рефрактерностью, проведено на задачах непрерывного слежения. В них с наибольшей отчетливостью выступила трудность выделения параметров первого движения от второго. Преодоление инерционных характеристик первого движения достигалось путем введения дополнительной нагрузки, изменением скоростных параметров действия и т.д. Примером могут быть данные М. Вине [297], где испытуемый, выполняя задачу непрерывного слежения, должен был по сигналу изменять скорость движения. Сигналом служило изменение цвета цели на экране индикатора. Анализировались ситуации двух типов: переход от медленного слежения к быстрому и, наоборот. Показано, что время второй реакции (ею считался переход на новую скорость слежения) изменяется в обеих ситуациях неодинаково. Если при переходе от быстрого слежения к медленному оно плавно снижается, давая характерную картину рефрактерности, то при возрастании скорости движения происходит увеличение времени перехода на новый тип слежения.

В большинстве исследований психологической рефрактерности искались зависимости временного интервала между двумя следующими друг за другом сигналами и определялась динамика задержки ответной реакции на второй сигнал. В качестве моторных ответов использовались элементарные реакции (нажатие на кнопку, клавишу, ключ), время на организацию которых мало. Эти методические приемы не позволяли выяснить вопрос о влиянии двух следующих друг за другом сигналов на временные и структурные характеристики самого моторного ответа. Кроме того, не учитывалась локализация второго сигнала относительно структуры первого действия. Все это послужило основанием для проведения Н.Д. Гордеевой с сотр. цикла исследований, в основе которых лежало предположение о том, что значения рефракторного периода будут неодинаковы, при разной детализации второго сигнала не только относительно пространственно-временной оси целостного действия, но и относительно его компонентов [38, 42, 43, 48, 55, 75, 82].

## **6.2. Экстренный сигнал как средство изучения чувствительности и реактивности структуры действия**

В работе Н.Д. Гордеевой с сотр. ситуация рефрактерности использовалась для изучения квантов действия и для доказательства гетерогенности структуры действия и ее компонентов [38, 75, 82 ]. Объектом исследования было однокоординатное горизонтальное действие в задаче дискретного точностного совмещения управляемого индекса с целью. Использовался методический прием введения неожиданного сигнала в разные моменты выполнения действия. В исследованиях рефрактерности второй сигнал предъявлялся преимущественно в латентной стадии ответа на первый сигнал. Представляет интерес выяснение динамики рефрактерного периода при предъявлении второго сигнала в стадиях реализации и контроля первого действия. Это позволит определить чувствительность каждого компонента действия. Использовался микроструктурный метод анализа результатов.

Работа выполнялась на экспериментальном стенде, включающем индикатор, на котором предъявлялся тестовый материал; орган управления — одноступенчатая ручка манипуляторного типа, при помощи которой по экрану перемещался управляемый индекс; ЭВМ использовалась в активном режиме для предъявления тестового материала и для анализа полученных данных.

Тестовый материал представляет собой расположенные на горизонтальной оси индикатора цели квадратной формы, одинакового размера, предъявляемые по определенной программе. Величина управляемого индекса соответствовала размерам цели. Стартовая по-

зиция находилась в левой части экрана. Основная цель (Ц1) — спра- ва от старта на расстоянии 35 см. Экстренная цель (Ц2) появлялась в 5 см справа от старта.

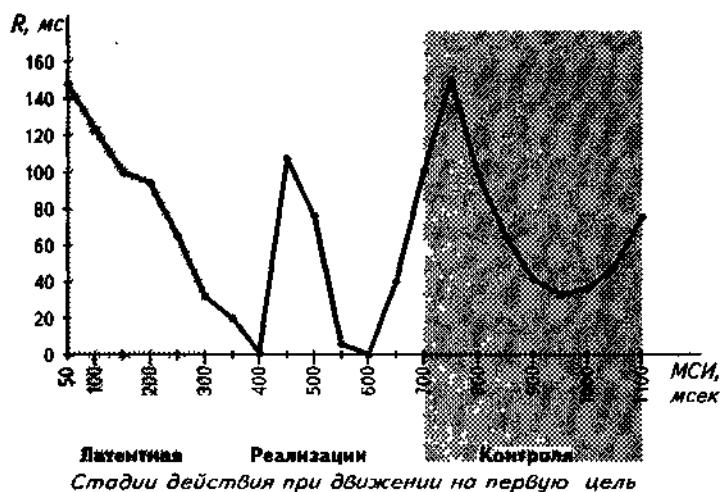
Методическим приемом было введение возмущения-сбоя (Ц2), предъявлявшегося с разным временем запаздывания относительно появления первой цели. Эксперимент, состоящий из 250 проб, строился следующим образом: в 60% случаев предъявлялась одна цель (ДО и после ее обработки испытуемый возвращался в стартовую позицию. В 40% случаев два сигнала-цели последовательно появлялись с варьируемым по заданной программе временным интервалом в пределах 50-1200 мс от момента предъявления первой цели с шагом 50 мс. Экспериментальной переменной было время запаздывания второй цели относительно первой.

Инструкция требовала от испытуемого точного совмещения управляемого индекса с появившейся целью. Испытуемые работали с комфорtnой для них скоростью. Вторая цель была приоритетной для обслуживания: при ее появлении испытуемые должны были прекратить движение к первой цели и быстро и точно совместить управляемый индекс со второй.

В эксперименте регистрировались временные характеристики стадий действия при движении к первой и второй целям, а также их скоростные характеристики. Анализировалась величина рефрактерного периода, представляющая собой разность между временем реакции на вторую цель и латентным временем движения к первой цели. Время реакции на вторую цель ( $T_{вр}$ ) измерялось интервалом времени от момента предъявления второй цели до начала движения к ней.

Сенсомоторное действие совершалось опытными испытуемыми за 1-1,2 с, моторный компонент занимал в нем более 1/3 части (400- 500 мс), латентная стадия — 300-350 мс, а стадия контроля и коррекций — 250-350 мс.

Полученные в исследовании данные свидетельствуют о неодинаковом поведении кривой рефрактерности в каждой стадии целостного действия (рис. 37). В латентной стадии наблюдается последовательное уменьшение значений рефрактерности. В стадии контроля и коррекции после постепенного снижения величины рефрактерности наблюдается ее увеличение, что позволяет говорить о наличии в этой стадии волны рефрактерности. В стадии реализации наблюдаются две волны с двумя точками перегиба. Таким образом, не только латентная стадия, но и две другие являются неоднородными по показателям значений рефрактерности, а соответственно, и чувствительности к сбою.



figic. 37. Динамика рефрактерности в целостном действии.

Каков внутренний смысл динамики рефрактерности, обнаруженной в каждой стадии действия? Рассмотрим ситуацию предъявления сигналов, следующих с  $MSI$ , равном 50 мс. Поскольку значения  $MSI$  минимальны, то на основе гипотезы об одноканальности [301] можно было ожидать, что второй сигнал не окажет влияния на организацию моторного ответа и на характеристики движения к первой цели. Однако, анализ скоростных характеристик действия опровергает это предположение. Результаты показывают наличие взаимовлияния двух сигналов друг на друга, которое выражается в ослаблении действия каждого из них. Это взаимовлияние особенно сказалось на скорости движения к первой цели, максимальные значения которой понизились почти в 5 раз в сравнении с фоном. Скорость движения ко второй цели также уменьшилась более чем в 2 раза по сравне-

нию с фоновым. Оказалось, что степень взаимовлияния следующих друг за другом сигналов находится в обратной зависимости от величины интервала между сигналами: чем больше времени между ними, тем меньше их взаимовлияние и тем больше движения, ими вызванные, похожи на фоновые (рис. 38). Эти данные, как указывалось выше, противоречат гипотезе одноканальности процесса переработки информации. Если принять эту гипотезу, то о влиянии второго сигнала на первый не может быть и речи. Полученные же данные свидетельствуют не только о влиянии второго на первый сигнал, но, что особенно интересно, и о влиянии первого сигнала на второй. Уменьшение максимальной скорости перемещения к обеим целям говорит о том, что возможна одновременная организация моторного ответа на оба сигнала, т.е. "ворота" Уэлфорда оказываются открытymi для приема новой порции информации, в то время когда еще идет переработка ранее полученной. Дискретность процессов построения действия, постулируемая 3-х компонентной моделью Уэлфорда, не вызывает сомнения, а предположение о независимости выделенных им стадиям противоречит полученным результатам.

Степень влияния двух сигналов особенно высока при минимальных *MSI*, равных 50 мс, поэтому времени на организацию ответа на второй сигнал требуется на 100-200 мс больше, чем на организацию ответа на первый сигнал, что и выражается в высоких значениях показателя рефрактерности (см. рис. 37). По мере увеличения интервала между двумя сигналами действие одного на другой ослабляется, время на организацию ответа уменьшается, соответственно, падают значения рефрактерности, становясь минимальными при *MSI*, равном 300 мс, когда появление второй цели практически совпадает с началом движения руки к первой цели. Это свидетельствует о возможности параллельной работы когнитивных и исполнительных процессов при решении разных двигательных задач.

Описанная картина сохраняется и в течение последующих 100 мс при предъявлении второй цели в самом начале движения к первой. Здесь также полностью отсутствует латентный период, который, казалось бы, должен предшествовать движению ко второй цели. Организация ответа на вторую цель полностью осуществляется во время движения, совершающегося по инерции к первой, уже исчезнувшей цели. Заметим, что это противоречит утверждению Б. Рейнольдса [279] о том, что увеличение времени реакции на второй сигнал объясняется преодолением инерции после совершения первого движения. На самом деле отчетливо наблюдается параллельное осуществление двух разнородных процессов: моторного, направленного на достижение первой цели, и когнитивного, направленного на формирование программы движения к новой цели. Согласно положению о

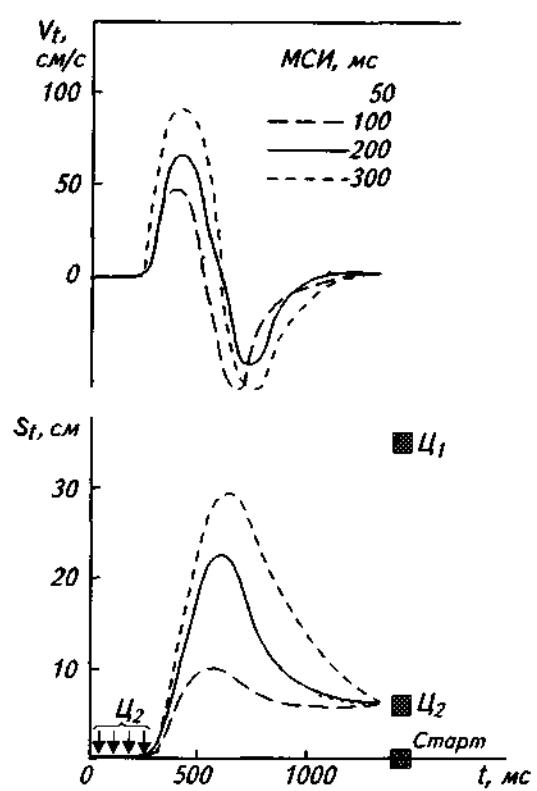


Рис 38. Временные и скоростные характеристики действия при переходе к первой и второй цели с разными МСИ

*Предъявление второй цели во время латентной стадии основного действия*

с сосуществовании двух типов управления в одном двигательном акте, начало движения осуществляется по программе, сформированной в стадии организации моторного ответа и не нуждается в текущих коррекциях. Поэтому, если в этот период времени появляется неожиданный сигнал, то в когнитивных компонентах, для которых, казалось бы, нет специального места на временной оси, беспрепятственно осуществляются процессы, связанные с организацией ответа на новую цель.

Кривая рефрактерности при предъявлении второй цели в стадии реализации первого действия имеет волновой характер. Наименьшие ее значения наблюдаются при появлении второй цели в начальные моменты движения к первой цели и через 250-350 мс после начала движения. Возможное объяснение первому падению кривой рефрактерности, как уже говорилось, состоит в том, что в когнитивных компонентах действия завершена организация программы первого движения, и они освободились для приема вновь поступающей информации. Второе падение кривой рефрактерности объясняется появлением нового кванта действия. Доказательством наличия квантов в моторной части действия могут служить волны рефрактерности, характеристики которых меняются в зависимости от его скорости.

Для выяснения этого вопроса была предпринята контрольная серия, в которой испытуемые работали с навязанными им скоростями: быстрой (близкой к баллистической), комфортной (скорость основной серии) и медленной (т.е. собственно моторная часть действия выполнялась за 200-250 мс; 400-500 мс; 1300-1500 мс соответственно). Результаты свидетельствуют о том, что величина рефрактерного периода увеличивается с падением скорости: так, кривая рефрактерности при баллистической скорости располагается в зоне (- 50 + 40 мс); на комфортной скорости — в зоне (0 + 110 мс) и на медленной — в зоне (- 50 + 250 мс) (таблица 9). Кроме того, абсолютные значения кривой рефрактерности различны при разных скоростях. На быстрой скорости, где моторная часть действия занимает 200-250 мс, значения рефрактерности при попадании второй цели в первые моменты движения к первой составляют - 50 мс; при попадании через 100 мс они составляют - 20 мс. И только при попадании второй цели в конечные моменты движения к первой цели величина рефрактерности составила + 40 мс. Значит, при выполнении действия на быстрой скорости рефрактерность отсутствует. Еще раз напомним положение о том, что при совершении действий, управляемых по программному типу (баллистические движения управляются именно по этому типу), их когнитивный компонент открыт для новой порции информации. Для ее обработки и для организации ответа

Таблица 9.

Динамика рефрактерного периода в мс в зависимости от скорости первого движения и времени появления 2-го сигнала.

Время появления 2-го сигнала от	Время стадии реализации 1-го движения		
	200 мс	400 мс	1500 мс
0	-47		
50	0	+ 23	
100	-20	-1	+ 34
150	-5	+ 107	
200	+ 40	+ 76	- 1
250		+ 6	
300		0	+ 27
350		+ 40	
400		+ 100	+ 254
500			+ 47
600			+ 19
700			+ 6
800			+ 47
900			+ 133
1000			+ 93
1100			-53
1200			+ 46
1300			+154

времени требуется столько же, или даже меньше, чем на первый сигнал. Здесь уместна аналогия с физиологической рефрактерностью, которая также может иметь отрицательные значения при попадании второго стимула в фазу разлитого возбуждения, вызванного первым стимулом [114]. Это сокращение латентного периода можно рассматривать как форму следового эффектах [131].

Поведение кривой рефрактерности на комфортной скорости совпадает с результатами основной серии экспериментов. Что же касается динамики кривой рефрактерности на медленной скорости, то помимо того, что ее абсолютные значения в 2,5 раза превышают величины, полученные на комфортной скорости, она имеет значительно более ярко выраженный волновой характер. Если на комфортной скорости было зафиксировано две волны, то на медленной скорости имеются три-четыре волны. Увеличение числа волн свидетельствует и об увеличении количества квантов действия. И, действительно, движение, совершающееся на медленной скорости, приобретает

черты серии развернутых действий с присущей каждому из них структурой, включающей программирующую, моторную и оценочные стадии.

Рост абсолютных значений показателя рефрактерности при совершении движений на медленной скорости свидетельствует о том, что в этом случае превалирует афферентационный тип управления. Когнитивные компоненты действия загружены отработкой коррекционных процессов, поэтому на составление программы движения к неожиданно появившейся цели, требуется существенно больше времени, чем для отработки программы первого действия.

Итак, результаты контрольной серии экспериментов показали: во-первых, тип управления движениями меняется в зависимости от скорости осуществления действия\*; во-вторых, они дали новые подтверждения наличия квантов действия в стадии реализации.

Обратимся к характеристике поведения рефрактерности на последней стадии действия. Предъявление второй цели при переходе стадии реализации в стадию контроля и коррекций вызывает наибольший подъем значений рефрактерности, которая достигает 150 мс. В начале этой стадии осуществляются активные коррекционные процессы, направленные на совмещение управляемого индекса с первой целью. Поскольку когнитивные компоненты действия заняты составлением программы коррекционных движений, время на формирование программы нового действия увеличивается и, соответственно, возрастают абсолютные значения рефрактерности. В течение последующих 150-200 мс наблюдается снижение значений рефрактерности до 40 мс. Это снижение можно объяснить затуханием коррекционных процессов, сменяющихся собственно процессами контроля. Далее, в течение последующих 100 мс наблюдается период стабилизации значений рефрактерности. В этот период уже закончены коррекционные процессы и осуществляются только процессы контроля за адекватностью совершенного действия, поэтому формирование программы на вновь появившуюся цель проходит значительно легче, чем в период активных коррекционных процессов.

По окончании периода стабилизации вновь наблюдается повышение значений рефрактерности, доходящее до 75 мс. Это дает основание выделить в стадии контроля и коррекций интервал времени, в котором уже завершены процессы, связанные с отработкой первой

\* В предшествующих разделах было показано, что преобладание того или другого типа управления зависит от сложности осуществляемого действия, степени освоенности и стабильности условий его осуществления; этими же обстоятельствами определяется количество квантов действия.

цели, и активизируются процессы, ответственные за формирование программы следующего движения (в данном случае возвратного). Полученные данные представляют большой интерес для решения вопроса о программировании серийных движений (подробно об этом см. в разделе 3 главы 4). Они подтверждают гипотезу Н.А. Берштейна {19, 20] о "цепном" программировании движений, где каждое предыдущее служит экфоратором последующего. Следовательно, в те временные интервалы, в которые когнитивные компоненты действия заняты либо коррекционными процессами, либо отработкой новой программы движения, восприятие любого нового сигнала и организация ответа на него требует значительно большего времени, чем для отработки первого сигнала.

Таким образом, поведение психологического рефрактерного периода оказалось хорошим индикатором структурных характеристик действия и подтвердило гипотезу о гетерогенности функциональной структуры целостного действия и его компонентов.

В работе прослежена динамика рефрактерного периода, показан его волновой характер, отмечены зоны наибольшей и наименьшей чувствительности к возмущающим воздействиям. На кривой рефрактерности отмечены зоны наибольших ее значений: первый — в самом начале латентной стадии действия, при *MSI* равном 50 мс; второй — через 100-150 мс от начала стадии реализации первого движения, при *MSI* — 400-500 мс (на комфортной скорости выполнения действия) и третий — в момент перехода стадии реализации в стадию контроля и коррекций первого действия, при *MSI* — 800-900 мс. Эти зоны высоких значений рефрактерности соответствуют зонам наименьшей чувствительности действия к возмущающим воздействиям. При попадании второго сигнала в эти зоны наблюдается не только увеличение времени реакции на второй сигнал, но в некоторых случаях увеличение времени стадии реализации. На кривой рефрактерности выделены временные интервалы наименьших значений рефрактерности. Первый — конец латентной стадии и начало стадии реализации при *MSI* — 300-400 мс; второй — при *MSI* — 550-650 мс (на комфортной скорости) и третий — середина стадии контроля и коррекций, при *MSI* — 900-1000 мс. Наименьшие значения рефрактерности соответствуют зонам наибольшей чувствительности к возмущающим воздействиям. Время реакции на второй сигнал, при попадании его в зоны наибольшей чувствительности, сравнимо со значениями времени реакции на первый сигнал. При этом скоростные характеристики движения как на первый, так и на второй сигнал равны значениям фоновых проб.

Кроме того, при предъявлении второго сигнала через 250-400 мс после первого и при локализации его в конце латентной стадии или

начале стадии реализации, помимо отмеченных максимальных значений чувствительности к возмущающим воздействиям, меняются и структурные характеристики действия. Начатое движение, вызванное появлением первого сигнала, после появления второго, не прекращается, доходит до зоны первой цели, а затем плавно, без остановки меняет направление своего движения по пути ко второй цели, т.е. два дискретных движения превращаются в непрерывное, что, безусловно, экономно с точки зрения достижения конечного результата действия.

Зная динамику поведения рефрактерности при совершении действия и зоны чувствительности к возмущающим воздействиям, можно вводить сигналы со строго дозированными пространственно-временными интервалами. Знание этих законов полезно учитывать при организации работы в ситуациях неопределенности и дефицита времени.

### **6.3. Текущая перестройка сенсомоторного действия при изменении передаточных отношений в процессе его осуществления**

Как показано выше, для изучения чувствительности и реактивности действия адекватным методическим приемом является введение возмущения-сбоя в его структуру.

Н.Д. Гордеева и И.В. Евсевичева использовали предложенный В.П. Зинченко методический прием "внедрения" возмущения в структуру действия. Функцию экстренного возмущения — сбоя в их исследовании выполняло изменение передаточных отношений по ходу осуществления действия [42, 55]. Интересной особенностью методики оказалось то, что сбой был не внешним по отношению к выполняемой деятельности, а вызывался как бы самим испытуемым, его действием.

Объектом исследования было однокоординатное сенсомоторное действие в задаче дискретного точностного совмещения с целью, а методическим приемом — неожиданное изменение передаточных отношений при движении к цели. Переменными были значения коэффициента передачи и моменты его изменения. Использовался микроструктурный метод анализа результатов.

Работа выполнялась на стенде, включающем индикатор, на экране которого предъявлялся тестовый материал, состоящий из старовой позиции и цели, представляющих собой два прямоугольника (3 x 0,3 см). Старт располагался у нижней границы экрана, цель — на расстоянии 18 см по вертикали. Использовалась одноступенчатая ручка манипуляторного типа, посредством которой испытуемый совершил дискретные движения по совмещению управляемого индекса

с целью. Для перемещения управляемого индекса от старта к цели испытуемый должен был перемещать орган управления в направлении "от себя". Стенд включал блок управления коэффициентом передачи и был стыкован с ЭВМ, которая использовалась для предъявления тестового материала; подачи сигнала об изменении коэффициента передачи; регистрации и анализа пространственно-временных, скоростных и точностных характеристик движения руки и статистической обработки результатов.

Процедура экспериментов была следующей: испытуемый должен был перемещать управляемый индекс снизу вверх и совмещать его с целью. До начала эксперимента устанавливался исходный коэффициент передачи (2,5). Это означало, что при перемещении органа управления на 1 см, управляемый индекс на экране индикатора перемещался на 2,5 см. В ходе эксперимента коэффициент передачи изменялся от исходного значения в 4 раза в сторону уменьшения и становился равным 0,6 или в сторону увеличения, в этом случае он равнялся 10. Так как расстояние между стартом и целью было постоянным и управляемый индекс проходил неизменно один и тот же путь, то соответственно при смене коэффициента передачи орган управления перемещался на разное расстояние: при  $KП = 2,5$  — на 7,2 см, при  $KП = 10$  — на 1,8 см и при  $KП = 0,6$  — на 30 см. Диапазон времени изменения  $KП$  находился в пределах от 50 до 500 мс от момента начала движения к цели с шагом в 50 мс, т.е. анализировалось 10 значений времени изменения  $KП$ . В каждом отдельном опыте использовалось только одно время введения возмущения. Эксперимент строился таким образом, что в 50% проб по случайной выборке  $KП$  не менялся и равнялся 2,5, в остальных 50% случаев  $KП$  либо уменьшался до 0,6, либо возрастал до 10.

В исследовании регистрировались структурные, временные и скоростные характеристики действия: время реакции от момента измерения коэффициента передачи до момента начала ответного действия (второй волны реализации), свидетельствующего о приспособлении действия к новому  $KП$ ; рефрактерность, определяемая как разница (с учетом знака) между временем реакции (перестройки), вызванной изменением  $KП$  и латентным временем (временем планирования первоначального действия), т.е. величина, позволяющая сопоставить время планирования первоначального и коррекционного действия.

\* Под коэффициентом передачи ( $KП$ ) понимается отношение величины линейного перемещения индекса на экране к величине линейного перемещения руки

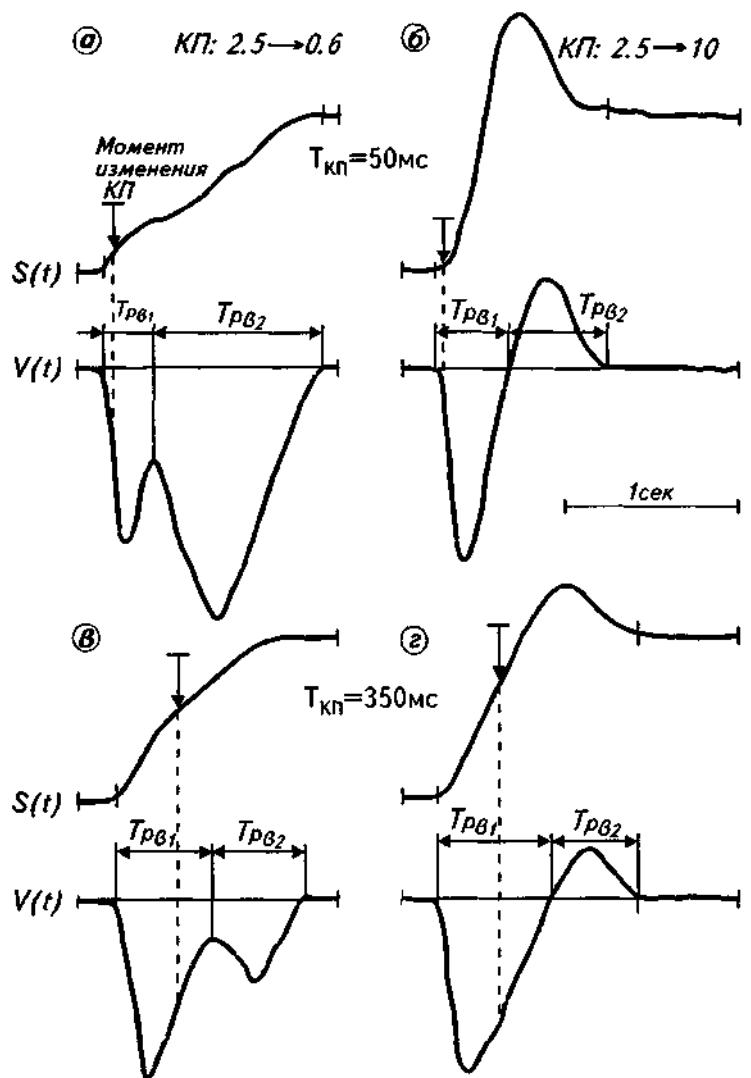


Рис. 39. Зависимость временных и скоростных характеристик действия от времени и величины изменения коэффициента передачи (образцы записи экспериментальных проб).

Результаты исследования показали, что при работе в условиях изменения коэффициента передачи, испытуемые, планируя предстоящее действие, ориентируются на исходный коэффициент передачи, равный 2,5, с которого начинается действие в каждой пробе эксперимента. Вследствие этого, при введении нового коэффициента передачи, неизменно возникают ошибки управления: "перелеты" через цель при его увеличении и "недолеты" при его уменьшении от первоначального значения. Для их устранения испытуемые вынуждены совершать коррекционные движения, т.е. целостное действие приобретает двухволновой характер: первая волна реализует стандартную программу, предусматривающую выполнение действия с  $KП=2,5$ ; вторая — реализует новую (рис. 39; времена реализации первой и второй волны действия обозначены —  $T_{рев1}$  и  $T_{рев2}$  соответственно).

Такая двухволновая структура сохраняется при всех вариантах введения в привычное протекание действия нового  $KП$  как по времени, так и по направлению его изменения. В структуре действия наблюдаются определенные временные различия в зависимости от момента изменения передаточных отношений. Показано, что с ростом задержки "сбоя" времена реализации первой волны действия увеличивается, а второй — уменьшается (см. рис. 39а,б и 39в,г). Темпы изменения этих временных характеристик примерно одинаковы, в результате общее время действия остается практически неизменным. При сопоставлении действий с разными направлениями изменения передаточных отношений было выявлено, что при их увеличении время выполнения действий значительно выше, чем при уменьшении. Микроструктурный анализ показал, что эти отличия связаны с соответствующим увеличением времени заключительной, коррекционной стадии действия. Трудности совмещения управляемого индекса с целью выше при больших коэффициентах передачи.

Полученные результаты позволили установить зависимость времени реакции (программирования) второй волны от момента изменения  $KП$ . В течение этого времени испытуемому необходимо обнаружить произошедшее изменение  $KП$ , оценить его и сформировать заново или скорректировать программу действия в соответствие с новыми условиями. Формирование программы второй волны действия осуществляется одновременно с реализацией первой волны. С увеличением задержки введения "сбоя" время реакции уменьшается, т.е. чем позже произошел сбой, тем оперативнее испытуемый реагирует на него. Это свидетельствует об увеличении к концу действия чувствительности к изменениям, инициированным собственным движением. Объяснение этому лежит в структуре стадии реализации, состоящей из двух фаз — разгона и торможения. Во время

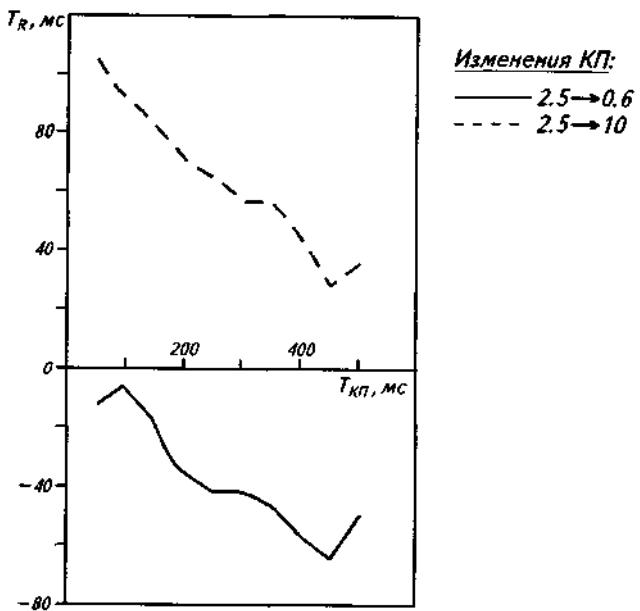


Рис. 40. Динамика рефрактерности в зависимости от времени и величины изменения коэффициента передачи при осуществлении основного действия.

фазы разгона действие развивается по сформированной в латентное время программе, и вновь поступающая информация не влияет на ход его выполнения. Во время тормозной фазы активно функционируют механизмы обратных связей, поэтому изменение текущего движения воспринимается субъектом гораздо быстрее, что и дает возможность оперативной коррекции действия.

Значения рефрактерности, позволяющие сопоставить время подготовки коррекционного и первоначального движения, зависят от направления изменения  $KП$ . При его увеличении с 2,5 до 10 кривая рефрактерности имеет положительный знак, при уменьшении с 2,5 до 0,6 — отрицательный (рис. 40). Иначе говоря, формирование программы действия в ответ на изменение условий в одном случае осуществляется за время большее, чем формирование программы дейст-

вия, подчиненного первоначальным условиям, а в другом, наоборот, времени на перестройку уходит меньше.

Каков внутренний смысл динамики психогической рефрактерности, обнаруженной при изменении передаточных отношений? Положительные значения рефрактерности при увеличении коэффициента передачи связаны с тем, что движения, организованные в ответ на первоначальные и на измененные условия, разнонаправлены. Вернемся еще раз к анализу экспериментальной ситуации. После предъявления цели и по прошествии латентного периода испытуемый с определенной скоростью (максимальные значения в среднем равны 56 см/с) перемещает с помощью органа управления индекс от старта к цели. В определенный момент времени коэффициент передачи увеличивается в 4 раза, испытуемый, еще не зная этого, продолжает оперировать органом управления с прежней скоростью, что в изменившихся условиях вызывает мгновенный перелет управляемого индекса за зону цели. Испытуемый замечает возникшее изменение и осознает необходимость перестройки действия. Но для того, чтобы выполнить задачу совмещения управляемого индекса с целью, ему необходимо изменить направление движения (теперь он должен перемещать орган управления "на себя") и уменьшить скорость оперирования органом управления, в противном случае ему не избежать большого числа колебательных движений в поле всего экрана, а не только в районе цели. То есть характеристики действия, отвечающие новым условиям, противоположны характеристикам первого действия. Естественно, что времени на формирование такого действия должно уйти больше, тем более, что процесс перестройки, как было показано, происходит одновременно с реализацией программы действия, подчиненного первоначальным условиям.

Что же происходит при уменьшении коэффициента передачи с 2,5 до 0,6? Первоначальная ситуация такая же: испытуемый после построения программы действия начинает перемещать управляемый индекс к цели. Когда меняется КП, испытуемый замечает, что индекс на экране как бы застrevает, вязнет и для оперативного решения задачи необходимо увеличить скорость оперирования органом управления, перемещая его в том же направлении. Характеристики действия, отвечающие новым условиям, аналогичны характеристикам текущего действия, поэтому организация нового действия требует не формирования новой программы, а лишь корректировки уже сформированной, на что уходит значительно меньше времени. Отсюда и уменьшение времени реакции по сравнению не только с условиями увеличения коэффициента передачи, но и со временем программирования основного действия. Следствием этого являются отрицательные значения рефрактерности. Здесь уместна аналогия с физи-

логической рефрактерностью, которая имеет отрицательные значения при попадании второго сигнала, близкого по характеристике к первому, в фазу разлитого возбуждения, вызванного первым сигналом [114].

Отрицательные значения рефрактерности наблюдались и в психологических исследованиях. В работе Корнблума и Костера, изучавших зависимость времени сдвоенных реакций от интенсивности стимула, обнаружены отрицательные значения рефрактерности при межстимулном интервале (*MSI*) 300-400 мс [22]. На том же интервале времени и Т. Мэрилл [240] обнаружил отрицательный пик рефрактерности, равный примерно 70-90 мс. В исследовании Дэвиса при *MSI*, равном 400-500 мс, зафиксированы нулевые значения рефрактерности [181]. То же было подтверждено в исследовании Цибулевского [140]. Л.Г. Карлтон, ссылаясь на исследование Д. Пеллиссона с соавторами, приводит данные об уменьшении времени реакции в сравнении с обычным латентным временем, когда второй сигнал появляется в момент либо начала движения, либо сразу после него [116]. Однако, полученный эффект авторы никак не интерпретируют. Отрицательные значения рефрактерности были получены в ситуации введения второго сигнала в стадию реализации, совершающейся на быстрой, близкой к баллистической скорости, и описаны в предыдущем параграфе и в работах [38, 43]. Эффект объяснялся тем, что баллистические движения совершаются целиком по программе и не нуждаются в текущих коррекциях. Пока сформированная программа реализуется в баллистическом движении, когнитивный компонент действия готов к приему и переработке информации и организации ответа на новый сигнал, что создает условия для оперативной перестройки действия.

Аналогичное происходит и в ситуации, вызванной сменой передачочных отношений. Если новые условия предусматривают развитие действия, соответствующего по своим характеристикам первому, то перестройка происходит оперативнее, чем когда новые условия диктуют формирование действия, характеристики которого противоположны первому действию.

Зависимость значений рефрактерности от локализации смены передачочных отношений в структуре первого действия свидетельствует о разной чувствительности его стадий и, соответственно, о разной способности их к перестройке. Наибольшие значения рефрактерности получены при введении изменений в начале первого действия, по мере удаления их от начала движения значения рефрактерности уменьшаются, доходя до минимальных значений. На завершающих этапах чувствительность действия повышается и повышаются возможности его оперативной перестройки. Подобная динамика харак-

терна и для увеличения коэффициента передачи и для его уменьшения, хотя абсолютные значения различны. Высокие значения рефрактерности в стадии разгона первой волны (первые 100-150 мс) обусловлены тем, что, совершаясь по программе и не нуждаясь в текущих коррекциях, действие в эти моменты как бы "слепо" к собственному осуществлению, т.е. не нуждается в информации о собственном перемещении, отраженной в движении на экране управляемого индекса. А если это так, то и произошедшие изменения, вызванные введением нового коэффициента передачи замечаются с опозданием, да и сама перестройка проходит с большими трудностями в силу того, что для этой стадии действия характерны максимальные значения скорости. Подобный эффект уже обсуждался в разделе 2 предыдущей главы при анализе экспериментов с прерыванием зрительной обратной связи, в которых было показано, что выключение обратной связи на первые 150-200 мс от начала движения не вызывало каких бы то ни было изменений в точности совмещения с целью и не замечалось испытуемым.

Снижение значений рефрактерности в тормозной стадии объясняется тем, что происходящие в ней процессы направлены на ликвидацию ошибок. Это, естественно, предполагает повышенное внимание к осуществлению действия. Поэтому любое изменение, вводимое в эти моменты действия, воспринимается максимально быстро. Что касается перестройки действия сообразно новым условиям, то и здесь она проходит с наименьшими трудностями, поскольку скорость осуществления первой волны действия значительно снижена. И чем ближе к концу стадии торможения первого действия изменяются передаточные отношения, тем быстрее совершается его перестройка. На завершающих этапах на формирование программы нового действия требуется всего 190 мс при уменьшении коэффициента передачи и 250 мс при его увеличении. А значения рефрактерности равны - 50 и +30 мс соответственно. Падение значений рефрактерности к концу тормозной стадии объясняется тем, что преодолен путь до цели и активное движение большой амплитуды, практически закончившись, трансформируется в малоамплитудные коррекционные движения. Ликвидировать последствия изменения передаточных отношений в эти моменты достаточно легко, поскольку коррекционные движения совершаются на малой скорости, а перерегулировки, выбранные введением нового КП незначительные. Поэтому длина второй волны действия уменьшается в 2-3 раза по сравнению со сменой КП в начале движения.

Итак, поведение кривой рефрактерности продемонстрировало возможности той или иной фазы моторной стадии действия к оперативной перестройке. Однако, характер кривых рефрактерности тес-

нейшим образом связан со знаком изменения передаточных отношений. При увеличении  $KП$  значения рефрактерности положительные и располагаются в диапазоне (+ 100 + 30 мс), при уменьшении — значения рефрактерности отрицательные и располагаются в зоне (- 5-65 мс), то есть кривые как бы зеркально отражают друг друга (см. рис. 40). Если рассматривать возможности оперативной перестройки действия в целом, то в случае увеличения коэффициента передачи они ниже, чем при его уменьшении. Более того, в последнем случае на формирование новой программы требуется меньше времени, чем на формирование первоначальной программы действия. Степень чувствительности к перестройке теснейшим образом связана с "природой" новой волны действия. Ее характеристики; направление и скорость осуществления противоположны характеристикам первой волны действия при увеличении  $KП$  и совпадают с ними при его уменьшении. В первом случае речь действительно идет об оперативной перестройке, о формировании новой программы действия сообразно измененным условиям, а во втором — об активизации уже ранее построенной программы. Можно предположить, что в двух рассмотренных ситуациях перестройка действия в ответ на изменение внешних средств деятельности происходит на разных уровнях. При сходстве характеристик двух последовательных действий требуется лишь ускорение реализации ранее построенной программы. При различии этих характеристик необходимо замедление скорости и изменение знака движения, то есть требуется новая программа действия. Ситуация меняется настолько, что требуется ее переосмысление. Первый случай вполне можно интерпретировать в терминах реактивности движения к изменившимся условиям, второй — в терминах предметной, осмысленной чувствительности, которая представляет собой необходимое условие построения новой программы действия.

Реактивность достаточна в тех случаях, когда для достижения результата требуется изменение энергетики движения. Там же, где требуется действительно перестройка или построение новой программы, необходимо вовлечение другого уровня регуляции на основе чувствительности и образа нового действия.

Итак, способность действия к оперативной перестройке зависит от суммы факторов, к которым следует отнести степень регулярности возмущающего воздействия, время его предъявления и локализацию в структуре первого (основного) действия, его модальность и характеристики, степень сходства ответных действий, а также индивидуальные особенности испытуемых.

#### **6.4. Изменение структуры серийных действий при введении экстренных сигналов**

Выше подробно анализировалось влияние экстренного сигнала на количественные и качественные изменения одиночных сенсомоторных действий. Однако в деятельности человека встречаются ситуации, когда во время выполнения действий, направленных на решение некоторой задачи, возникает необходимость осуществления параллельных экстренных действий, направленных на решение другой задачи.

Исследование Н.Д. Гордеевой и Е.Б. Сироткиной было направлено анализ структуры целостного действия и выявление типов между его компонентами при введении экстренной цели на фоне выполнения привычной деятельности по отслеживанию серии сигналов [48].

Объектом исследования было серийное пространственное действие в задачах дискретного прослеживания маршрутов с точным совмещением управляемого индекса с целями. В качестве методического приема использовалось неожиданное появление новой цели. Переменными были различные маршруты движения, вероятность и место появления экстренной цели. Использовался микроструктурный анализ результатов.

Исследование проводилось на экспериментальном стенде, в состав которого входил индикатор, на экране которого предъявлялась тестовая матрица; орган управления — 2-х координатный манипулятор; ЭВМ, которая по определенной программе предъявляла цели на экране индикатора, меняя их пространственное положение, сложность, время и место предъявления экстренных целей, а также регистрировала и анализировала пространственно-временные, скоростные и точностные характеристики сенсомоторных действий. Тестовые матрицы состояли из стартового и 3-х целевых элементов. В них от пробы к пробе менялось местоположение целей и вероятность предъявления экстренной цели. Управление осуществлялось 2-х степенным манипулятором, с помощью которого по экрану перемещался управляемый по горизонтали и вертикали индекс, служащий для совмещения с предъявленными целями. Экстренная цель была такой же как и цели основного маршрута движения. Перемещение к ней требовало участия двух (XY) составляющих движения. Экстренная цель предъявлялась либо после совмещения управляемого элемента с первым элементом в любой из предъявляемых матриц, либо после совмещения со вторым ее элементом (см. рис. 22).

Было проведено 2 серии экспериментов. Отличие между ними состояло в вероятности предъявления экстренного сигнала. В первой

серии он предъявлялся в 50% случаев, во второй — регулярно, в каждой пробе. Во всех случаях экстренная цель предъявлялась через 100мс после сигнала испытуемого о совмещении управляемого индекса с первым или вторым элементом матрицы. При предъявлении экстренной цели инструкция требовала от испытуемых прекращения отслеживания целей основной программы, точного совмещения управляемого индекса с экстренной целью, а затем продолжения обработки основной программы.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что стадии действия избирательно реагируют на неожиданный сигнал. Наибольшие изменения в обеих сериях экспериментов наблюдаются в программирующей стадии экстренных действий, выражаются в увеличении времени этой стадии по сравнению с фоновым действием в 2,7 раза в условиях неопределенности и в 1,2 раза в условиях регулярного предъявления. В ситуации неопределенности отмечено также некоторое увеличение времени реализации. Излагаемое исследование по своему замыслу близко к исследованию психологической рефрактерности. Поэтому можно было предвидеть увеличение времени программирования экстренного действия. Решающим фактором, определяющим его величину, была вероятность предъявления экстренной цели. В условиях неопределенности величина латентного периода в 2 раза выше, чем в условиях регулярного предъявления экстренной цели. Интересен, однако, не сам факт увеличения времени реакции экстренного действия, а те изменения в его структуре, которые вызывают это увеличение.

Эти соображения послужили основанием для проведения более детального покоординатного анализа экстренных действий, результаты которого позволили выделить три типа их организации. Критерием для выделения типа была степень сопоставленности движения по координатам X, Y. К первому типу относятся движения, координированные по составляющим, входящим в их состав. В этом случае после предъявления экстренной цели через некоторый период покоя наблюдается перемещение в ее сторону по обеим участвующим в действии координатам. Ко второму типу относятся также координированные по составляющим движения, но направленные, несмотря на появление экстренной цели, в сторону основного элемента тестовой матрицы, а затем меняющие направление своего движения в сторону экстренной цели. И, наконец, к третьему типу относятся движения некоординированные по составляющим, входящим в их состав. В этом случае по одной координате движение совершается в направлении к экстренной цели, а по другой — сначала в направлении основной цели, а затем уже в направлении экстренной (см. рис. 24 раздела 3 главы 4, иллюстрирующий три типа организации

пространственного экстренного действия; в данном случае анализируется 2-х координатное экстренное действие, но тип организации сохраняется).

Таким образом, введение экстренной цели во время отслеживания элементов основной программы существенным образом изменило структуру экстренного действия в сравнении с фоновым. Нарушения функциональной структуры действия подробно изучалось при введении разного рода изменений в условия его протекания (например, варьирование коэффициента передачи в ситуации дискретного слежения; введение инверсии после обучения в норме; предъявление неожиданных сигналов в разные моменты движения к цели и т.д.). Результаты этих работ свидетельствуют о том, что структура действия чрезвычайно лабильна, чувствительна к любым, даже незначительным изменениям, вводимым в привычное течение деятельности, и чем сложнее новые условия, тем существеннее изменения, происходящие в структуре действия, вплоть до полной его дезорганизации (см. подробнее об этом в соответствующих разделах книги и в работах 38,42,43,47,55).

Количество и процентное соотношение разных типов организации действия зависит от вероятности предъявления экстренной цели. В условиях неопределенности основной удельный вес, в среднем 86%, занимает второй тип организации. Регулярное предъявление экстренной цели резко меняет процентное соотношение типов организации экстренного действия, основной удельный вес, в среднем 75%, занимает первый тип организации (табл. 10).

Независимо от условий предъявления экстренной цели, действия второго и третьего типа по временным показателям их стадий сопоставимы между собой. По сравнению с фоном существенные изменения произошли в латентной стадии, которая увеличилась почти в 3 раза во всех условиях эксперимента. Время стадий реализации, контроля и коррекций практически сопоставимо с фоновыми действиями.

Неопределенность предъявления экстренной цели оказала существенное влияние на пространственно-временные характеристики стадий действий первого типа, увеличив почти в 1,5 раза время латентной стадии и в 2 раза время стадии реализации в сравнении с фоном. В условиях регулярного предъявления экстренной цели они практически не отличаются от фоновых проб (см. табл. 10).

Иначе говоря, действия первого типа в условиях регулярного предъявления экстренной цели являются наиболее эффективными как с точки зрения их структурной организации, так и по своим временными характеристикам. Эти же действия, встречающиеся в условиях неопределенности, нельзя отнести к эффективным, так как

Таблица 10.

Средние данные микроструктуры фоновых, экстренных действий разных типов организации и действий, предшествующих экстренным в условиях неопределенности и регулярного предъявления экстренной цели.

Условия деятельности	Характеристики действия					
	Параметры	Фоновое действие	Экстремные действия			Действие перед экстренным
			первый тип	второй тип	третий тип	
Неопределенность	Процент каждого типа экстренного действия	—	7	86	7	
	T общ, с	1.93	2.38	2.09	1.98	1.98
	T лат, с	0.19	0.27	0.54	0.49	0.21
	T реал, с	0.57	1.07	0.59	0.58	0.64
	T кк, с	1.17	1.04	0.96	0.91	1.13
Регулярность	Процент каждого типа экстренного действия	—	75	18	7	—
	T общ, с	1.93	1.97	2.20	2.03	2.47
	T лат, с	0.19	0.19	0.46	0.42	0.22
	T реал, с	0.57	0.56	0.48	0.53	0.64
	T кк, с	1.17	1.22	1.26	1.08	1.61

время их выполнения наибольшее в сравнении с действиями второго и третьего типа. Создается впечатление, что в условиях неопределенности действия первого типа появляются случайно. Испытуемый импульсивно, как бы не осознавая, начинает выполнять движение в сторону экстренного сигнала, однако после выполнения начального участка движения осознается отсутствие четкого плана выполнения сей задачи, процесс реализации затормаживается для доработки программы реализации. Причем по ходу реализации может быть несколько резких замедлений скорости осуществления действия или даже полных остановок, длительность которых меняется от 75 до 200 мс, а иногда доходит и до значительно больших величин. В таких случаях наблюдается квантование траектории прослеживания, что увеличивает время реализации в среднем на 500 мс. В это время допрограммируется текущее движение. Подобное объяснение дают Дж. Лазло и Дж. Ливеси, считая, что увеличение времени движения сложных действий связано с допрограммированием текущего действия [236].

Увеличение количества квантов наблюдается при освоении нового действия, при осуществлении действия в условиях инверсии, нарушенной зрительной обратной связи от результата действия, вообще при усложнении работы. Иначе говоря, нарушение привычного стереотипа приводит к нарушению целостности структуры действия и появлению большего или меньшего числа квантов. В данном случае таким нарушающим структуру действия фактором выступила не столько сама по себе экстренная цель, сколько условия неопределенности, в которых она предъявлялась.

Почему же в условиях регулярного предъявления экстренной цели возможно появление высокого процента экстренных действий, не отличающихся по своей функциональной структуре от действий, совершающихся в стандартных условиях? Можно предположить, что это связано с высокой готовностью ответа испытуемых на ожидаемый экстренный сигнал. Это предположение согласуется со взглядами сторонников теории "готовности" или "ожидания", предложенной для объяснения вариаций времени реакции элементарных движений, совершаемых в ответ на одиночное или сдвоенное предъявление сигналов, одиночный или серийный ответ, постоянное или неожиданное предъявление второго сигнала в паре [166, 199, 219, 257]. Результаты этих исследований свидетельствуют о том, что величина рефрактерного периода является производной не только от значений МСИ, но и от времени готовности к первой реакции; что при стабильном МСИ время реакции меньше, чем при случайном; кроме того, неопределенность вызывает уменьшение времени первой реакции.

Но что понимается под термином "готовность", какой психологический смысл скрыт в нем? Во-первых, имеется некоторая общая преднастройка на решение сложной задачи, поскольку испытуемый знает, что каждая тестовая матрица состоит не только из трех основных, предъявленных одновременно элементов, но и одного дополнительного экстренного. Во-вторых, в процессе обслуживания элементов основной матрицы испытуемый настраивается, готовится к отработке экстренной цели. Эта преднастройка, готовность испытуемого выражается в увеличении времени действия, предшествующего экстренному, причем увеличение времени (от 200 до 500 мс) наблюдается только в завершающей его стадии, стадии контроля и коррекций (см. табл. 10). Имеются основания полагать, что это увеличение связано с началом подготовки и планирования экстренного действия, которое начинается еще до появления экстренной цели. В это время строится обобщенная программа, план предстоящего действия. После появления экстренной цели, построенный в общих чертах план конкретизируется, в нем уже отражены существенные параметры требуемого действия: направление, пространственность, требования к точности и скорости предстоящего действия. В исследованиях серийных действий, подробно представленных в 3 разделе 4 главы, показано, что в зависимости от условий их выполнения способы управления последовательностью могут быть разными: программа для каждого действия из серии строится отдельно; программа последовательности может охватывать серию действий или пары разносложных действий. Полученные результаты развивают имеющиеся представления о планировании серийных действий. Как оказалось, планироваться может и ожидаемое действие, сигнал на осуществление которого еще не поступил.

Результаты экспериментов в условиях неопределенности свидетельствуют о том, что микроструктура действий, предшествующих экстренным, практически не отличается от обычных фоновых проб. Здесь даже намечается некоторая тенденция к уменьшению времени всех стадий действия в сравнении с фоновыми пробами. Значит условия неопределенности не создают предпосылок, способных обеспечить переструктурирование деятельности в целом. Меняется лишь структура отдельного экстренного действия. Условия регулярного предъявления экстренной цели повышает активность испытуемого, увеличивая уровень концентрации внимания, готовности к экстренным действиям и работоспособности в целом. Такая экспериментальная ситуация формирует "активного оператора" [60], что в свою очередь существенным образом изменяет функциональную структуру всей цепи серийных действий, а следовательно, и деятельности.

\* \* \*

Подведем итоги. В настоящей главе излагались исследования чувствительности и реактивности сенсомоторного действия. Естественно, что при осуществлении действия учитывается не только прошлый опыт, но и изменения в ситуации, новая цель или задача действия. Приведены доказательства положения Н.А. Бернштейна о том, что упражнение - это повторение без повторения. Поэтому при построении действия происходит столкновение между сложившимися ранее программами и планом и строящимися, определяемыми новизной ситуации. Это столкновение между сложившимися и строящимися Программами тем сильнее, иногда вплоть до деструкции действия, чем больше различия между первоначальными и измененными условиями. Поэтому проблема перестройки действия в ответ на изменение внешних средств деятельности — это одновременно и проблема изучения форм чувствительности действия.

Изучению форм чувствительности были посвящены эксперименты, в которых определялось влияние отключения зрительной обратной связи на решение точностной двигательной задачи; эксперименты, в которых вскрыта неоднородность, гетерогенность процессов, происходящих в стадиях действия, при введении экстренной цели в разные моменты его осуществления. И наконец, эксперименты, раскрывающие возможности оперативной перестройки действия в ответ на неожиданное изменение передаточных отношений. Результаты этих исследований позволяют утверждать не только то, что действие в целом и слагающие его компоненты обладают чувствительностью, но что процесс построения действия и управления им основан на чередовании двух видов чувствительности: чувствительности к ситуации и чувствительности к исполнению собственного движения.

В начальные моменты движения чувствительность к его выполнению минимальна. Информация о выполнении движения опосредованно представлена перемещением управляемого индекса, в начальные моменты просто не нужна, отключение зрительной обратной связи не сказалось на характеристиках действия и не замечалось испытуемым. Следовательно, начальная фаза движения совершается по отработанной программе и его баллистическая часть не нуждается в сенсорных коррекциях и в информации от совершающегося движения. Обратная связь и текущие коррекции станут необходимы после завершения баллистической стадии для устранения ошибок, допущенных при выполнении программы. Соответственно, и чувствительность к исполнению движения.

вительность к выполнению на завершающих этапах движения становится максимальной.

Напротив, введение экстренного сигнала в начальные моменты осуществление заданного основного действия свидетельствуют об оперативном выполнении экстренного действия и, следовательно, о высокой чувствительности к ситуации. На завершающих этапах осуществления основного действия времени на отработку экстренного сигнала требуется существенно больше, чем в первом случае. Следовательно, можно говорить о снижении чувствительности к ситуации на завершающих фазах основного действия. Иными словами, речь идет о чередовании форм чувствительности. Обе они присутствуют в действии, но сдвинуты по времени, и там, где обнаруживается минимальная чувствительность к исполнению собственного движения, фиксируется максимальная чувствительность, открытость к ситуации. И наоборот, при максимальной чувствительности к выполнению собственного движения обнаруживается как бы "слепота" к предметной ситуации.

Когда в привычное исполнение действия вводится изменение передаточных отношений, форма чувствительности приобретает как бы двойственную природу. С одной стороны, изменение передаточных отношений может произойти только в результате движения, однако, осознание произошедшего возможно только опосредовано через поведение управляемого индекса. В случае увеличения коэффициента передачи управляемый индекс от незначительного перемещения органа управления перелетает через зону цели; в случае уменьшения он как бы застывает на месте. Новые условия провоцируют изменение совершающегося движения, но информация об этом поступает через изменившуюся предметную ситуацию. Результаты свидетельствуют о том, что наименьшей чувствительностью к изменению передаточных отношений обладает начало основного движения, его баллистическая фаза, т.е. те моменты, когда движение "слепо" к информации о собственном выполнении. Естественно, поэтому ответная реакция на изменение положения управляемого индекса осуществляется с задержкой. В течение тормозной стадии основного движения, когда идут коррекционные процессы, чувствительность к выполнению собственного движения существенно повышается (выполняемое движение находится под непрерывным контролем зрительной системы) и, следовательно, любое изменение управляемого индекса быстрее замечается и исправляется.

В отличие от ситуации с прерыванием обратной связи, где вносимые изменения затрудняют выполнение действия, не вызывая его перестройки, ситуация с изменением передаточных отношений требует построения и осуществления нового действия. Динамические

вменения, определяя характеристики нового действия, оказывают существенное влияние на способность к его оперативной перестройке, которая тем выше, чем больше сходство характеристик действия, организуемого согласно первоначальной и измененной информации.

Обнаруженные различия в чувствительности моторного компонент действия имеют различную природу. В одних случаях это чувствительность к движению как к таковому, в другом — чувствительность к ситуации и организации нового действия. Важно подчеркнуть, что в обоих случаях речь идет именно о двух формах чувствительности, сдвинутых по фазе одна относительно другой.

Обе формы чувствительности плавно переходят одна в другую. Смена форм соответствует и смена фаз скорости осуществления действия: баллистическая фаза сменяется тормозной, затем снова следует баллистическая фаза и т.д. Это внешне регистрируемая картина движения. Внутренний смысл состоит в том, что от начала программирования действия до его завершения происходит постоянная смена форм чувствительности, что, видимо, и является его движущей силой. Попробуем проследить вместе с развертыванием действия путь смены форм чувствительности. После предъявления цели разворачивается целая серия когнитивных процессов от восприятия информации до формирования моторной программы будущего действия. В это время чувствительность максимальна к процессам, подготавливающим моторный ответ, и минимальна к предметной ситуации. Когда планирование будущего действия уже завершено, происходит смена форм чувствительности. Теперь уже необходимо оценить предметную ситуацию, чтобы понять, осталась ли она стабильной или в ней произошли какие-либо изменения, которые могут потребовать и исправления заданного действия, т.е. чувствительность максимальна к ситуации. Эта форма чувствительности сохраняется и в первые 100-120 мс после начала движения, так как в начале своем действие осуществляется по отработанной программе и не нуждается в текущих коррекциях, поэтому чувствительность к собственному исполнению минимальна, а к ситуации — максимальна, поэтому-то на любое ее изменение следует оперативное реагирование. Затем снова наблюдается смена формы чувствительности, на этот раз повышается чувствительность к исполнению собственного движения. По прошествии 100-150 мс вновь повышается чувствительность к ситуации, т.е. регистрируется появление нового кванта — субструктуры основного действия, количество которых определяется суммой факторов, к которым следует отнести условия осуществления действия, характер решаемой задачи, освоенность в данном роде деятельности и т.д. Для завершающей стадии действия, функционирование которой направлено на исправление допущенных ошибок и оценку каче-

ства исполнения, также характерна смена форм чувствительности. Вначале это чувствительность к собственному движению, направленная на корректировку допущенных ошибок, которая сменяется чувствительностью к ситуации, когда уже действие по сути завершено и необходимо оценить сделанное и принять решение о дальнейшем. Именно чередование форм чувствительности и делает действие, с одной стороны, живым, уникальным и неповторимым, а с другой,— разумным, целесообразным, адекватным предметной ситуации.

## **Заключение. МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ: СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ, СТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ И СИСТЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Основным предметом изучение в психологической теории деятельности является генезис, структура и функции многообразных форм человеческого действия. Действие и заключает в себе, по словам Э.Г. Юдина, психологическую квинтэссенцию более общего понятия предметной деятельности. Для описания психической реальности в последние десятилетия в psychology используют понятия функциональных схем, когнитивных карт, структур, моделей. Категория функциональной структуры сложилась в результате теоретических и экспериментальных исследований связей и отношений в различных системах. Она определяется как закон связи между функциональными компонентами исследуемого объекта, под которыми понимаются локализованные в пространстве и времени различные формы активности.

Функционально-структурный анализ деятельности исходит из положения о том, что "деятельность — это не реакция и не совокупность реакций, а система, имеющая свое строение, свои внутренние переходы и превращения, свое развитие" [95, с. 82]. Каждое из действий, входящих в структуру деятельности, подчинено своей особой цели. Оно выступает не столько как средство достижения цели, сколько как процесс взаимодействия субъекта с предметным миром, на основе которого цель конкретизируется, т.е. как средство формирования цели. Поэтому от предметного содержания деятельности

зависят не только состав действий и способы их реализации, но и внутренние переходы от одного действия к другому. В актах деятельности проявляются не все потенциально возможные свойства компонентов (когнитивных, исполнительных, эмоционально-оценочных), входящих в ее структуру, а те из них, которые необходимы для достижения цели в конкретных условиях.

Целостная структура всей деятельности, также как и отдельного действия, может включать образования, принадлежащие к различным уровням. Например, тот или иной когнитивный компонент (сенсорный эталон, образ, схема) может входить в состав деятельности, действия, операции, функционального блока. То есть возможно многообразие комбинаций из компонентов, принадлежащих разным уровням, определяемых содержанием и задачами деятельности.

Как указывалось выше, соотношение постоянных и переменных характеристик деятельности определяет ее форму и вид. Для некоторых систем (видов деятельности) характерны жесткая связь структурных компонентов и жесткая их упорядоченность. Регулирование и управление в таких случаях осуществляется только при наличии наперед заданной цели, а программы управления отличаются постоянством топологических характеристик и строгой последовательностью их актуализации. Для более гибко организованных систем характерна способность к поиску наиболее адекватного внутреннего строения. Управление в этом случае осуществляется посредством установления взаимозаменяемых подвижных связей между структурными компонентами деятельности. Такие системы относят к самонастраивающимся. Наиболее сложные формы отличаются включением цели как в структуру всего процесса, так и каждого отдельного компонента. В данном случае проверяются не только способы действия, но и адекватность цели, в связи с чем и внутреннее строение и пространственно-временные связи между компонентами оказываются изменчивыми. Такая система называется саморегулирующейся. При переходе от жесткой системы к самонастраивающейся и к саморегулирующейся появляется большая свобода в определении цели процесса, в выборе средств и способов реализации и возможных направлениях действования. Жесткость взаимосвязей между компонентами, соответственно, снижается, увеличивается их взаимозаменяемость. Разумеется, что системы более низкого порядка входят в высокоорганизованные системы и могут функционировать совместно под контролем последних [49].

Далее, на основании имеющихся знаний об управлении и регуляции двигательными актами, в соответствии с принципами функционально-структурного, микроструктурного и микродинамического анализа, а также результатов, изложенных в книге, будет предложен-

на функциональная модель предметного действия. При создании модели использовался метод и результаты формирующего эксперимента, согласно которому введение в исследование все новых и новых внешних средств деятельности было направлено на изучение внутренних психологических структур, скрытых от прямого наблюдения [33]. Именно эта стратегия позволила выявить внутренние компоненты во внешнем предметном действии, модель которого представлена на рисунке 41.

Дальнейшее изложение будет построено следующим образом: на ряде примеров, подробное изложение каждого из которых было дано в соответствующих главах книги, будет показано функционирование компонентов модели и связей между ними. Акцент будет сделан на анализе процессов, происходящих в главных компонентах предметного действия: образе действия, интегральной и дифференциальной программах, контроле и коррекции.

Важнейшим звеном в формировании исполнительных действий, умений, навыков является образ ситуации и образ действий. Это положение, в свое время отчетливо сформулированное А. В. Запорожцем, сейчас признается многими специалистами, которые утверждают, что познавательная природа решаемой задачи даже более важна, чем сенсомоторные координации. Поэтому прежде всего следует остановиться на исследовании процесса формирования сенсомоторного образа ситуации как компонента действия.

Для того, чтобы со всей очевидностью продемонстрировать роль образа в формировании действия, многие исследователи шли от противного, используя приемы разрушения или перестройки уже сложившихся умений и навыков. Адекватным методическим приемом изучения формирования образа является введение инверсии как средства разрушения сложившегося навыка (см. глава 5, раздел 1). При ее введении перцептивное и моторное поле (каждое в отдельности), по сути дела, не претерпевают никаких изменений: информация на экране остается той же, с которой испытуемые работали в условиях нормы, манипулятор остался тем же и движения руки, приводящие его в движение, сохранились такими же, что и при работе в условиях нормы. Нарушалось соответствие между движением манипулятора и перемещением индекса на экране. Введение инверсии на фоне сложившегося в условиях нормы пространственного двигательного навыка приводило к распаду сложившегося действия, вызывало резкие изменения его характеристик: увеличение общего времени его выполнения и времени каждой его стадии. Оно приводило также к кардинальным изменениям структуры стадии реализации (моторной части действия), которая несет основную нагрузку при овладении новым действием. Пространственное, единое, целенап-

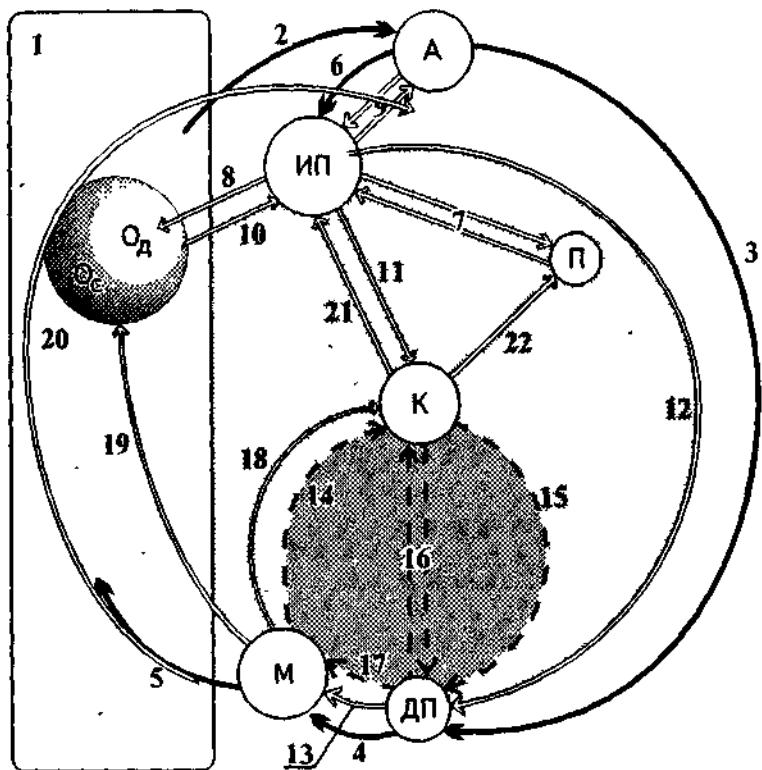


Рис. 41. Функциональная модель предметного действия (Н.Д. Гордеева, В.П. Зинченко, 1992)

Обозначения к рис. 41.

А — афферентатор полимодальный;  
П — схемы памяти;  
*Од* — образ действия;  
*Ос* — образ ситуации;  
ИП — интегральная программа, план действия;  
ДП — дифференциальная программа;  
М — моторный компонент;  
К — контроль и коррекция;

- 1 — предметная ситуация (двигательная задача, мотив);
- 2 — установочный сигнал;
- 3 — текущие и экстренные сигналы;
- 4 — текущие и экстренные команды;
- 5 — изменение предметной ситуации;
- 6 — информация из окружающей среды;
- 7 — информация из схем памяти;
- 8 — актуализация образа;
- 9 — информация, релевантная двигательной задаче;
- 10 — формирование программы, плана действия;
- 11 — схема действия;
- 12 — детализация программ действия;
- 13 — моторные команды;
- 14 — текущая информация от движения;
- 15 — текущий коррекционный сигнал;
- 16 — упреждающая обратная связь;
- 17 — коррекционные моторные команды;
- 18 — конечная информация от движения;
- 19 — изменение предметной ситуации (информация для образа ситуации и образа действия);
- 20 — изменение предметной ситуации (информация для полимодального афферентатора);
- 21 — конечный результат;
- 22 — информация в схемы памяти.

равленное действие, зарегистрированное в условиях нормы, превращалось при введении инверсии в набор большого числа разнонаправленных движений, перемежающихся остановками, т.е. действие приобретало волновой характер. Испытуемый, совершив перемещение, останавливается, контролирует себя и программирует следующий участок пути и т.д., пока он случайно (мы подчеркиваем именно случайность процесса на этом этапе) не попадает в заданную цель. Эти движения имеют большую амплитуду, они пронизывают и прощупывают оперативное пространство во всех направлениях. В точном смысле слова это еще не целостное исполнительное действие, поскольку оно нецеленаправлено и раздроблено. Его скорее можно представить как искусственно соединенные цепи отдельных ориентировочных движений, каждое из которых имеет определенное направление, скорость и точку приложения. Эти беспорядочные хаотические движения служат источником информации о возможностях перемещения в пространстве. Исполнительная функция движения трансформируется на этом этапе овладения действием в функцию познавательную, исследовательскую, ориентирующую. На основе активных движений, выполняющих исследовательскую функцию, начинает строиться новый, на первых порах весьма несовершенный образ пространства (см. рис. 41, связи 2,6, 7, 9,11,12,13,18,19, 20, 21 — это один цикл, который многократно повторяется).

Следующий этап построения сенсомоторного образа характеризуется значительно большей временной протяженностью, для него так же характерны прощупывающие движения, но идущие уже в направлении цели. Перемещение к ней осуществляется последовательными шагами малой амплитуды. На каждом из них отчетливо выделяются программирующие, реализующие и контролирующие стадии. Испытуемый как бы квантует свой путь на мелкие отрезки, где нарастание скорости сменяется остановками и квантами тем больше, чем менее освоен образ пространства. Второй этап построения образа совпадает с началом формирования интегральной программы действия. Последовательные, пробующие шаги в направлении цели необходимы для подгонки сложившегося в общих чертах образа к конкретной двигательной задаче (см. рис. 41, связи 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21 — этот цикл многократно повторяется).

Третий этап характеризуется целенаправленными целостными действиями, наличие которых может свидетельствовать о слиянии уже построенного образа ситуации с образом реальных исполнительных действий. Эта качественная перестройка свидетельствует о построении действительно симультанного, инвариантного к широкому классу условий сенсомоторного образа рабочего пространства. На его основе происходит дальнейшее совершенствование уже собственно

исполнительской части действия. Наличие такого регулирующего об-раза открывает возможность для дальнейшего формирования и со-вершенствования интегральной программы собственно исполнитель-ного действия (см. рис. 41, связи 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 14, 15, 13, 18, 19, 20, 21 —этот цикл многократно повторяется).

Как видно из приведенного примера, основной акцент здесь ста-вился на анализе стадии реализации, на анализе волн ее составляю-щих, при этом особое внимание уделялось физическим характери-стикам каждой волны, направлению движения, скорости и амплиту-де перемещения. Именно эти характеристики наиболее значимы при решении задачи построения образа пространства. Другими словами, образ действия строится, получая текущую знаковую информацию оacts движения, и именно это является фундаментом для формирования смысла двигательной задачи. И только такой, сложившийся в резуль-тате активных действий образ становится затем действительно регу-лятором исполнительных действий.

Как правило, в практике обучения операторов сложным сенсомо-торным координациям, выработка которых необходима для управле-ния перемещением объектов в пространстве, формированию образа пространства (в более широком смысле — образа ситуации) уделяет-ся недостаточное внимание. Он формируется методом проб и ошибок. В то же время, как показывают результаты исследования, его следует формировать специально. При этом следует вводить в качестве осо-бого этапа обучения — этап перцептивного обучения. На этом этапе полезна отработка специальных перцептивных действий, направ-ленных на формирование образа отображеного пространства, и оценка степени адекватности сформированного образа (см. глава 5, раздел 2).

Процесс формирования интегральной программы действия так же, как процесс формирования образа, развернут во времени и зави- сит от внешних и внутренних факторов, сопровождающих деятель-ность.

В качестве примера рассмотрим процесс решения сложной двига-тельной задачи, включающей в себя семейство пространственных действий (см. глава 4, раздел 3).

Исследовались действия разной степени сложности: пространст-венные — с участием трех составляющих (XYZ), плоскостные — с участием двух составляющих (XY) и горизонтальные — с участием одной составляющей (X). На начальных этапах обучения испытуе-мые не могли построить единую программу последовательности дви-жения по маршруту в целом, поэтому каждое дискретное перемеще-ние руки превращалось в отдельное, самостоятельное действие. При Этом время латентных стадии при переходе к каждому последующе-

му элементу матрицы было примерно одинаковым. По мере выработки навыка отдельные дискретные действия превращаются в цепь серийных действий, объединенных единой программой перемещения по всему маршруту. Этому этапу соответствует значительное увеличение времени латентной (программирующей) стадии первого перехода по сравнению со всеми последующими. При этом чем сложнее маршрут движения и чем больше его протяженность, тем выше эта разница. Среднее время формирования программ в маршрутах наибольшей сложности значительно выше времени в простых маршрутах. Кроме того, в длинных маршрутах помимо резкого увеличения времени программирования первого перехода наблюдается скачкообразное увеличение времени программирования внутри последовательности действий. Такое скачкообразное увеличение времени программирования внутри маршрута движения, видимо, связано с тем, что программа последовательности действий достраивается по ходу выполнения. Для проверки этого положения была увеличена длина маршрута при неизменной сложности. Оказалось, что чем длиннее маршрут движения, тем больше всплесков увеличения времени программирования внутри последовательности. Наличие таких временных всплесков свидетельствует о том, что программа последовательности серийных движений большой протяженности полностью не может быть построена до начала движения (в первый латентный период), ее достройка и конкретизация происходит внутри маршрута движения, и чем он сложнее, тем большее число раз достраивается, дорабатывается программа и тем меньшее количество переходов она захватывает. Приведенные данные свидетельствуют о возможной совместимости высказанных в свое время Н.А. Бернштейном двух гипотез: гипотезы "грабенки" — планирования всего действия до начала движения, и гипотезы "цепочки" — достройки и конкретизации программы движения внутри последовательности действий.

Что же происходит во время построения общей программы, плана последовательных действий? Одновременная запись и анализ движений руки и глаз помогла установить порядок формирования сложных пространственных действий (см. глава 5, раздел 3). Общие закономерности таковы: 1) Время латентной стадии первого перехода всегда выше времени любого другого перехода, и разница тем больше, чей сложнее маршрут движения. 2) Общая последовательность включения фаз движения руки и глаз всегда одинакова: после подачи сигнала зарегистрирован общий латентный период, который сменяется периодом глазодвигательной активности. Продолжительность его пропорциональна сложности маршрута движения. После того, как глаз зафиксировал первую цель маршрута, начинается движение руки к цели. 3) Период глазодвигательной активности

характеризуется поступательно-возвратными движениями большой амплитуды, пересекающими тестовую матрицу в разных направлениях. Это характерно для каждого латентного периода последовательности серийных действий в период выработки навыка.

В дальнейшем такой характер глазодвигательной активности сохраняется только в латентной стадии движения руки перехода к первой цели для таких маршрутов движения, где план последовательности строится на всю цепь серийных действий. Когда длина маршрута увеличивается, описанный характер глазодвигательной активности наблюдается каждый раз, когда возникает необходимость в достройке и конкретизации плана последовательности действий. При переходе ко всем другим целям регистрируются опережающие движения руки скачки глаз, фиксирующие цель до окончания работы с ней. Приведенный пример свидетельствует о том, что формированию интегральной программы действия предшествует формирование перцептивного образа, который затем становится регулятором действия. Кроме того, этот пример показывает насколько тесны взаимоотношения между образом и интегральной программой и как мгновенно может актуализироваться связь между ними в случае усложнения или изменения деятельности.

Проанализируем, как планируется действие при работе с нерегулярными матрицами (см. глава 4, раздел 3). Для этой цели испытуемым была предложена матрица, в которой от элемента к элементу постоянно менялось количество составляющих и их набор. При перемещении от первого элемента матрицы к последнему испытуемому предлагалось выполнить последовательно движения с участием следующих составляющих: XY, XZ, XY, YZ, XYZ, X, XYZ, Y, XZ. Анализ результатов показал, что при подобном расположении тестового материала испытуемые объединяют в пары равносложные действия. Уменьшение общего времени выполнения трудного действия, а также уменьшение абсолютного и относительного времени его когнитивных стадий (по сравнению с аналогичным действием при работе с регулярными матрицами) обусловлены влиянием предыдущего легкого действия. Иначе говоря, легковыполнимые действия типа X, XY, Y облегчают выполнение трудных действий (XZ, YZ, XYZ). Результаты исследования показали, что при работе с нерегулярной матрицей (в отличие от регулярной) неизменно и значительно возрастает время контроля легковыполнимого действия, если за ним следует трудновыполнимое. Это означает, что в период контроля легкого действия осуществляется не только оценка точности совмещения управляемого индекса с тестовым, но и планируется выполнение следующего за ним сложного действия. Поэтому общее время планирования сложного действия увеличивается, что способствует

созданию более четкой программы его реализации. Соответственно, хорошо спланированному действию требуется меньше времени для контроля за адекватностью построенной программы его реализации. Видимо, это и объясняет уменьшение времени стадии контроля трудновыполнимых переходов при работе с нерегулярной матрицей. Этот пример хорошо иллюстрирует гетерархичность функционирования компонентов модели. В отличие от линейных и даже иерархически построенных систем здесь подчас трудно разделить функции компонентов настолько сильно взаимопроникновение их друг в друга. Сказанное подтверждает еще один пример, иллюстрирующий планирование действия в ответ на ожидаемую, а не предъявленную цель.

Задача испытуемых сводилась к дискретному обслуживанию элементов предложенной матрицы (см. глава 6, раздел 4). В случае появления экстренной цели инструкция требовала прекращения работы с целями основной программы и точного отслеживания экстренной. В первой серии экспериментов экстренный сигнал предъявлялся в 50% случаев, во второй серии — регулярно в каждой пробе. Решающим фактором, определяющим величину латентного периода экстренного действия, явилась вероятность предъявления экстренной цели. В условиях неопределенности величина его в 2 раза выше, чем в условиях регулярного предъявления. Как показали результаты микроструктурного анализа, при регулярном предъявлении экстренной цели в действиях, предшествующих экстренному, наблюдается значительное, почти в полтора раза увеличение времени стадии контроля и коррекции в сравнении с фоновым действием. Это увеличение связано с началом подготовки и планирования экстренного действия, которое начинается еще до появления экстренной цели. В это время строится обобщенная программа, план предстоящего действия. После появления экстренной цели построенный в общих чертах план конкретизируется. В нем присутствуют существенные параметры требуемого действия: направление, пространственность, требования к скорости и точности осуществляемого действия. В условиях неопределенности структура действий, предшествующих экстренным, практически не отличается от обычных фоновых проб. Иначе говоря, условия неопределенности не вызывают переструктурирование деятельности в целом, а меняют лишь структуру экстренного действия. Условия же регулярного предъявления экстренного сигнала существенным образом изменяют функциональную структуру всей цепи серийных действий, а следовательно, и деятельности.

В приведенных примерах анализу подвергалось дискретное действие, ориентированное на конечный результат. План и программа организации таких действий формируется, если воспользоваться терминологией, использованной в модели, в образном компоненте и

интегральной программе. Другими словами, до начала действия сообразно задаче формируется и план действия, и программа его реализации, конкретизация и детализация которых происходит в дифференциальной программе (см. рис. 41).

Каким образом строятся прослеживающие действия, ориентированные на последовательную обработку каждого из участков пути движения? В этих действиях до начала прослеживания может быть построен только общий план и программа на первый отрезок движения. Программа каждого последующего строится по ходу реализации. Свидетельством этому является структура моторной стадии. Она представляет собой как бы цепь соединенных друг с другом дискретных движений, каждый со своей программой, реализацией и контролем, переходящим в стадию программирования следующего движения. Обратимся к модели. После предъявления задачи и актуализации образа действия построенный в общих чертах план инициирует программу первого кванта движения, т.е. информация из интегральной и дифференциальной программ приходит в моторный компонент и вызывает движение в направлении цели. Информация о нем проходит в компонент контроля и коррекций, где сравнивается с ожидаемой информацией об этом движении, поступившей из интегральной программы еще до его начала. Далее, в случае сложного действия, при необходимости проверки или корректировки плана информация из контроля и коррекций приходит в интегральную программу и после соответствующей поправки цикл повторяется (см. рис. 41, связи 1,2, 6, 7, 8, 10,9,11,12, 13,18, 19, 20, 21—этот цикл может быть многократно повторен). Если совершающее действие достаточно просто и не требует корректировки плана, то из компонента контроля и коррекций информация может идти непосредственно в дифференциальную программу, т.е. процесс реализации продолжается как бы по малому кругу (см. рис. 41, связи 1, 2, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 18, 15, 16, 17, 14, 15, 16, 13, 18, 19, 20, 21, 22; цикл малого круга по связям 14, 15, 16, 17, 20, 3, 16, 17, 14, 15, 17, 20, 3, 16, 17 и т.д. повторяется многократно до полного завершения действия).

Описанная структура действия характерна не только для прослеживающих движений. В более или менее развернутом виде она воспроизводится при любых изменениях, вносимых в привычное осуществление дискретных действий: введении инверсии, силовой нагрузки, при утомлении, функциональных нарушениях и т.д.

В приведенных исследованиях наиболее детальному анализу подверглись когнитивные компоненты действия: латентная стадия и стадия контроля и коррекций. На основании анализа были выявлены возможные способы планирования и управления последовательностью действий:

- 1) общий план и программа последовательности в случае стандартных условий строится во время латентного периода первого действия, конкретная программа каждого действия во время его собственного латентного периода;
- 2) последовательность разбивается на группы, включающие несколько действий, и план для группы строится во время латентного периода первого действия каждой группы;
- 3) программа каждого серийного действия строится отдельно во время его "собственного" латентного периода (этап формирования интегральной программы целостного действия);
- 4) действия объединяются в пары, и программа второго действия начинает строится в период контроля предыдущего действия; этот способ характерен для последовательности серийных действий разной сложности;
- 5) программа действия, совершающегося в сложных условиях, достраивается во время собственно моторной стадии, которая в этих условиях из единой структуры превращается в развернутую, состоящую из большего или меньшего числа квантов, со своей собственной программой, реализацией и контролем, переходящим в программу следующего за ним кванта;
- 6) ожидаемое действие начинает планироваться в течение периода контроля и коррекций предшествующего ему действия.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что не только действие в целом, но и все его компоненты чувствительны к вариациям условий выполнения действия. Происходит предварительная настройка на сложность выполнения всей цепи последовательных действий до начала движения руки. Свойства ситуации или пространственного поля отражаются на характеристиках компонентов действия и на взаимоотношениях между соседними действиями. Обнаруженные способы планирования серии действий во время первого латентного периода, равно как и способы планирования следующего действия в стадии контроля (а возможно, и на стадии реализации) предыдущего весьма примечательны. Дальнейшее их изучение поможет объяснить механизм осуществления сложнейших и трудноразличимых глазом последовательностей двигательных актов, для обозначения которых использовался термин "кинетическая мелодия".

В приведенных примерах было рассмотрено планирование и программирование действий и способы управления последовательностью действий. Как происходит реализация программы (плана) действия? Информация о параметрах действия, идущая из интегральной программы, детализируется в дифференциальной, трансформируясь

в отдельные моторные команды, ответственные за пространственно-временные характеристики движения по каждой координате: [x (t,v,s), у (t,v,s), z (t,v,s) ]. Это положение подтверждается результатами достаточно простого эксперимента. Хорошо обученному испытуемому предлагалось совершить точностные одиночные действия. Цели размещались на разном расстоянии от стартовой позиции по диагонали экрана индикатора, но диагонали не квадрата, а прямоугольника (см. главу 5, раздел 3).

При визуальном наблюдении за действиями испытуемого была отмечена легкость, сонастроенность, координированность (по составляющим движения) диагонального перемещения. Микроструктурный анализ отдельных составляющих X, Y движения показал, что с увеличением амплитуды перемещения время стадии реализации обеих составляющих возрастает и сопоставимо между собой. Показатели разброса между латентной стадией и стадией реализации, а также стадией реализации и контроля — минимальны. Следовательно, планирование и реализация, реализация и контроль идут одновременно по составляющим действия. Иначе говоря, анализируемое действие имеет четкую координационную структуру с одинаковым временем движения по составляющим. Однако путь, который проходила рука по отдельным составляющим, был разным, так как цели размещались по диагонали прямоугольника. Следовательно, координированность структуры достигалась посредством разной скорости перемещения по составляющим X и Y. И действительно, скорость движения руки по составляющей X была почти в два раза выше скорости по составляющей Y. Это свидетельствует о том, что в дифференциальной программе отрабатываются отдельные моторные команды по координатам действия. В интегральной программе идеальный план действия представлен целостно. В дифференциальной программе он дробится на многочисленные отдельные моторные команды, которые в целостном действии приобретают черты координированной структуры. Это свидетельствует о наличии четкой программы (плана), который, являясь регулятором целостного действия, может координировать и направлять характеристики отдельных составляющих действия, подчиняя их общему замыслу. То есть композиционно целостное действие представлено в интегральной программе, функция же дифференциальной программы состоит в декомпозиции этого плана, проходящая под регулирующим контролем образа и программы действия. Перефразируя слова Л.С. Выготского о мысли, речи и слове, можно сказать: то, что в образе и интегральной программе содержится симультанно, то в процессе решения двигательной задачи развертывается сукцессивно.

Итак, хорошо освоенное координированное пространственное действие, имеющее определенную цель и регулируемое общим планом, управляет отдельно по координатам его составляющим. При этом имеется в виду не только управление собственно физикой процесса: временем, скоростью, точностью, но и способом управления: программный или афферентационный. В пользу высказанного положения говорят данные скорости пространственного действия при перемещении по диагонали куба, т.е. на равное расстояние по всем трем (XYZ) координатам действия. Максимальная скорость перемещения по координатам X и Y практически одинакова, по координате Z почти в 4 раза меньше скорости двух других составляющих. Для плоскостных составляющих (X, Y) доля фазы разгона составляет  $2/5$ , а фаза торможения —  $3/5$  целостного действия. Доля этих же фаз пространственной составляющей Z резко отличается от первых двух и составляет соответственно  $1/10$  и  $9/10$  целостного действия. Этот удивительный результат свидетельствует о том, что сложное пространственное действие осуществляется посредством разных типов управления: программный преобладает при управлении плоскостными составляющими, а афферентационный — при управлении пространственной составляющей.

Что же собой представляет процесс решения двигательной задачи? Каковы законы управления и регуляции движениями и действиями?

Для ответа на эти вопросы воспользуемся результатами экспериментов, задача которых сводилась к исследованию чувствительности моторного компонента действия к зрительной обратной связи (см. глава 5, раздел 2). Процедура экспериментов была достаточно простой. Хорошо обученному испытуемому ставилась задача точного совмещения управляемого индекса с целями в условиях: а) наличия зрительной обратной связи на всем протяжении движения; б) отсутствия зрительной обратной связи от момента начала перемещения к цели до предполагаемого совмещения с ней; в) частичного отключения зрительной обратной связи на разных участках движения к цели.

Результаты показали, что с ростом амплитуды перемещения возрастает время реализации в основном за счет увеличения фазы торможения, при относительной стабильности фазы разгона. Это означает, что чем больше амплитуда требуемого движения, тем интенсивнее оно корректируется по ходу своего выполнения. Особенно ярко относительная стабильность фазы разгона выступила в экспериментах с полным отключением зрительной обратной связи. Нарушение обратной связи в первые 200 мс движения не только не вызывало изменений в точности совмещения, но даже не замечалось испытуемыми. Следовательно, начальные участки движения достаточ-

но стабильны и мало чувствительны к различным изменениям, вносимым в условия протекания действия. Это свидетельствует о том, что начальная часть движения осуществляется по моторной программе, отработанной в предшествующих реализациях.

При наличии зрительной обратной связи точность действия не зависит от амплитуды перемещения, в ее отсутствии обнаружено не только значительное увеличение ошибки, но найдена зависимость ее от амплитуды перемещения. Показатель среднеквадратического отклонения значений ошибки увеличился на малых амплитудах в 6 раз, а на больших — в 12. Доля фазы разгона ко времени реализации близка к единице при совершении движения с большой скоростью и при перемещении на малую амплитуду. Эти движения, инициируемые и управляемые моторной программой, менее подвержены действию реактивных и внешних сил и соответственно меньше нуждаются в текущих коррекциях. Чем больше амплитуда движения или чем медленнее оно совершается, тем больше оно нуждается в текущих коррекциях. О существенном вкладе текущих коррекций свидетельствуют результаты эксперимента с частичным отключением зрительной обратной связи в начале тормозной стадии. Это лишало испытуемых возможности осуществлять текущие коррекции и привело к увеличению ошибки вдвое по сравнению с условиями зрительной афферентации. Отключение же зрительной обратной связи в конце тормозной стадии вызвало лишь незначительное увеличение ошибки. Значит, вклад текущих коррекций настолько велик, что даже отсутствие зрительной обратной связи непосредственно в моменты совмещения с целью менее значимо для достижения точности, чем ее отсутствие в тормозной стадии действия, когда совершаются активные коррекционные движения.

Текущий коррекционный процесс — это циклический процесс, осуществление которого определяют три компонента модели: дифференциальная программа, моторный компонент, контроль и коррекция, вступающие в сложные взаимодействия между собой. Их функционирование направлено на ликвидацию ошибок, возникающих под действием реактивных и внешних сил, неизменно сопутствующих движению. Из дифференциальной программы моторные команды в виде текущей информации от движения поступают в компонент контроля и коррекций, где сопоставляются с информацией, идущей по упреждающим обратным связям из дифференциальной программы о заданном значении к этому моменту уже отработанного кванта действия. Результаты оценки в виде текущего коррекционного сигнала поступают в дифференциальную программу, которая получила через полимодальный афферентатор сигнал об изменении внешней ситуации, вызванной отработкой очередного кванта дейст-

вия. Затем вырабатывается новая скорректированная моторная команда, которая вызывает к действию новый квант и цикл повторяется (см. рис 41, связи 14,15,16,17,20,3,16,17,14,15ит,д. многократно в малом кольце). Создается впечатление, что пока совершаются текущие коррекции, образ действия и интегральная программа как бы бездействуют, устранены с поля действия. Их активность в этот период направлена не на само совершающее действие, а во вне, на ситуацию, которая также как и совершающее действие требует постоянного контроля. Именно поэтому, как только что-то меняется в предметной ситуации и новая информация диктует осуществление нового действия, происходит перераспределение активности между компонентами и главенствующее значение вновь приобретают образ действия и интегральная программа. Действие начинает разворачиваться по новому плану.

Как уже указывалось, исполнительная стадия действия (стадия реализации) представляет собой сложноорганизованное гетерогенное образование, обеспечивающее взаимодействие в одном двигательном акте принципиально различных типов управления - программного и афферентационного. Соотношение между ними определяется многими обстоятельствами, такими как требуемые скорость, амплитуда, точность; степень освоенности, стабильность или динамичность условий, полнота зрительной афферентации, степень пространственности и т.п.

Еще одно доказательство гетерогенности процессов, происходящих в стадиях действия, получено в экспериментах, где испытуемым предъявлялся экстренный сигнал в разные моменты движения к цели (см. Глава 6.2). Исследование вскрыло неоднородность процессов, происходящих в каждой из стадий целостного действия. Наблюдались зоны наименьшей и наибольшей чувствительности\* к внешним воздействиям, прослежена динамика чувствительности, т.е. показан ее волновой характер. Зоны наименьшей чувствительности отмечены: первая — в начале латентной стадии при *MSI* — 50-200 мс, вторая — примерно в середине стадии реализации при *MSI* — 450-500 мс и третья — при переходе стадии реализации в стадию контро-

\* Под чувствительностью понимается возможность оперативной перестройки совершающего действия в ответ на экстренный сигнал.

ля и коррекции первого движения при *МСИ* 700-800 мс. При попадании экстренного сигнала в зоны наименьшей чувствительности неизменно наблюдается увеличение времени реакции на вторую цель в сравнении с временем реакции на первую цель. Обнаружены также зоны наибольшей чувствительности: первая — в конце латентной стадии и в начале стадии реализации при *МСИ* — 250-400 мс; вторая при *МСИ* — 550-650 мс (на комфортной скорости выполнения первого действия)\* и третья — на середине стадии контроля и коррекций при *МСИ* — 900-1050 мс. Время реакции на вторую цель при попадании в зоны наибольшей чувствительности сопоставимо со значениями времени реакции на первую. Скорость движения в ответ на первую и вторую цель эквивалентна скорости движения к одиночной цели.

Обратимся к модели, чтобы представить, что происходит при предъявлении экстренной цели в зоны наименьшей и наибольшей чувствительности к восприятию информации. В первые 200 мс после предъявления первой цели идет интенсивная работа по приему и переработке информации, принятию решения, организации программы действия и, наконец, по организации моторной программы реализации. Работа когнитивных компонентов направлена на самое действие, поэтому изменения предметной ситуации замечаются с опозданием. Как только программа сформирована и действие запущено, повышается чувствительность к ситуации и начинается работа с появившейся экстренной целью. Следующее падение чувствительности связано с началом текущих коррекций первого кванта движения. Движение снова чувствительно к самому себе, так как активизируется коррекционный процесс, направленный на ликвидацию возникших ошибок. Это блокирует чувствительность к ситуации, и появившаяся в эти моменты экстренная цель снова отрабатывается с опозданием. Таким образом, происходит последовательная смена форм чувствительности: чувствительность к предметной ситуации уступает место чувствительности к собственному исполнению.

Подтверждением служат эксперименты с частичным отключением обратной связи и с изменением передаточных отношений по ходу осуществления движения. Отключение обратной связи в первые 150-

\* Все приведенные данные характерны для действия, совершающегося на комфортной скорости. В контрольной серии экспериментов было показано, что чем меньше скорость, с которой совершается первое движение, тем больше наблюдается всплесков и падений чувствительности. Зарегистрированные волны чувствительности дают дополнительные доказательства гетерогенности моторной части действия и квантового характера движения.

200 мс от начала движения, т.е. тогда, когда движение осуществляется по сформированной программе и не нуждается в текущих коррекциях, не только не вызывало ухудшения в точности и скорости выполнения, но и не замечалось испытуемым (см. глава 5, раздел 2). Значит, чувствительность к выполнению действия была минимальна, а к ситуации максимальна. Аналогичный результат был получен при смене передаточных отношений (глава 6.3). Здесь чувствительность к собственному исполнению также минимальна в начале движения и, постепенно увеличиваясь, достигает максимальных значений к концу реализации.

Наличие и чередование указанных форм чувствительности представляют собой необходимое условие сравнительной оценки спланированного, идеального плана действия с реальным процессом его осуществления, критерием которого является смысл двигательной задачи.

Подобная рефлексивная оценка осуществляется по ходу развертывания действия и обеспечивает возможность его оперативной перестройки в случаях возникновения непредвиденных экстренных ситуаций. Это позволяет иначе поставить вопрос о природе ошибочных действий. Как они возможны, если функциональная структура действия пронизана когнитивными, рефлексивными, оценочными компонентами, под контролем которых она реализуется. Ошибочные действия в основном имеют когнитивную природу, связанную с неправильным построением либо образа ситуации, либо программы действия, неадекватной действительной ситуации. Большую опасность таит в себе и преждевременная установка на скорость, а не на разумность и точность действия. В этих случаях действия осуществляются по схеме реакций, тормозящих когнитивные и оценочные компоненты. Для предотвращения подобных эффектов в процессе обучения полезно широкое варьирование внешних и внутренних условий осуществления исполнительных действий.

Обратимся теперь к рассмотрению общих свойств функциональной модели предметного действия и характеристик ее компонентов. Функциональная модель предметного действия не является замкнутой в себе структурой, а связана с предметной ситуацией и двигательной задачей. Эта связь осуществляется при помощи следующих компонентов: образа ситуации, образа действия, полимодального афферентатора и моторного компонента (см. рис. 41).

Полимодальный афферентатор выступает в роли передаточного звена для информации, поступающей из внешнего мира в интегральную программу и другие компоненты модели. Кроме того, он испытывает на себе влияние других компонентов и может, например,

настраиваться на прием только релевантной двигательной задаче информации.

Образ ситуации представляет собой смысловое образование, в котором ситуация отражена в контексте текущей и предстоящей деятельности. Образ ситуации — это целостная конструкция, в которой одновременно представлены основные перцептивные категории. В образе действия представлены такие субъективные аспекты, как схема тела, актуальное состояние субъекта, возможности осуществления действия.

Оба эти образа не только тесно связаны друг с другом. Они то интегрируются в единый образ, в котором точно скординированы и сонастроены перцептивный образ ситуации и представления о схеме тела и "внутренней моторике", с отраженной в ней картиной возможного движения, то вновь распадается на два. Лишь интегральный образ может выступать эффективным регулятором исполнительной деятельности и основанием для построения ее интегральных программ.

Интегральная программа производна от образа ситуации и образа действий. В ней содержится общая схема требуемого действия, а также обобщенная информация о том, что, как и в какой последовательности нужно делать. Информация, поступающая в интегральную программу из образных компонентов системы, обогащается за счет схем и способов действия, хранящихся в блоке памяти. Формирование интегральной программы идет под контролем информации, поступающей из окружения через полимодальный афферентатор, и информации о состоянии исполнительных систем организма, поступающей через моторный компонент. В результате этого складывается реальный план, программа требуемых действий. В интегральной программе выделяются различные уровни: один ответственен за построение программы действия и его результата. Другой — за построение или актуализацию способа действия. Интегральная программа серии действий и каждого отдельного действия достаточно конкретна. В ней имеют место такие параметры требуемого действия, как направление, степень пространственности, общее время выполнения, амплитуда перемещения и т.д.

Основная функция дифференциальной программы состоит в декомпозиции плана целостного действия, детализации информации о требуемых параметрах действия, поступающей из интегральной программы. В дифференциальной программе также имеются два уровня. Один включает элементарные программы, не требующие научения, другой — более сложные программы, являющиеся продуктом позднего развития. Здесь информация о параметрах действия, поступающая из интегральной программы, детализируется. На-

пример, информация о направлении действия и степени пространственности трансформируются в отдельные моторные команды, ответственные за пространственно-временные характеристики движения по каждой координате.

Моторный компонент вносит необходимые изменения в предметную ситуацию. С его помощью возможно как бы осуществление действия до действия, своего рода проигрывание различных вариантов и выбор или построение наилучшего. Значит, внутренне моделирование ситуации дополняется моделированием предстоящего действия, что обеспечивает ориентировку в пространственном поле. Субъект, настраиваясь на решение задачи, проигрывает действие до действия, насыщая его конкретным предметным содержанием. Подобная структура, предваряющая основное, будущее действие, характерна для поведения спортсменов на игровом поле (таковы, например, движения теннисистов, волейболистов перед ударом, таковая система мелких движений, предшествующих прыжку, и т.д.), для некоторых видов операторской деятельности (например, в задачах удержания на меткое цели перед попаданием в нее), в творческой деятельности. Испанский искусствовед М. Мерло-Понти так описывает запечатленную методом замедленной съемки работу Матисса: "Кисть, которая, если смотреть на нее невооруженным глазом, просто пересекалась от одного места к другому, теперь, как стало видно при замедленной съемке, ведет себя по-другому: она будто размышляет в растянутом времени, делает десятки пробных движений, танцуя перед холстом, несколько раз едва касаясь его, и вдруг стремительно, как удар молнии, наносит единственную нужную линию" [246, с. 69]. Это "размыщение в растянутом времени", наполненное десятками мелких движений, как бы направляет, ориентируя в пространстве, будущее, единственно возможное действие, наполняя его общим смыслом, что подтверждает наши представления о построении осмысленного, осознанного предметного действия.

Компонент коррекции и контроля имеет свои уровни. На первый — поступает обобщенная информация из интегральной программы о начальных условиях, схеме действия и конечном результате; на второй — детальная информация из дифференциальной программы. Еще до начала реализации действия в контроле и коррекции имеется как общее представление о результате, так и начальные условия — детали требуемых движений. В этом компоненте на основе сличения обобщенной и детальной информации о требуемом действии и информации из моторного компонента о совершившемся действии принимается решение об окончании или необходимой корректировке действия. Здесь же после сличения обобщенной информации с детальной информацией о готовности средств реализации

действия принимается решение об отмене действия до его реализации в случае их несовпадения или решение о выполнении в случае совпадения. Обратная связь представляет собой основу функционирования компонента контроля и коррекции. В компонент коррекций а контроля поступает информация и об изменениях предметной ситуации, вызываемых осуществлением действия. Из этого компонента информация поступает в схемы памяти, где в обобщенной форме хранится информация о способах, приемах и тактиках осуществления действия, которая актуализируется в необходимых случаях.

В модель не включены в виде специальных компонентов такие компоненты как цель, выбор из ряда альтернатив, принятие решений. Такие процессы, как целеполагание, выбор, решение, память, являются важнейшими характеристиками предметного действия в целом и не могут быть приписаны какому-либо одному из его компонентов. Работа всех компонентов системы должна рассматриваться как опробование цели средствами. За принятие решения в большей или меньшей степени ответственны все компоненты модели: оно осуществляется на уровне образных, программных, оценочных и мнемических компонентов модели.

Изучение предметного действия на основе функционально-структурного анализа позволило не только, выделить компоненты, но и установить потенциально возможные связи между ними. На рис. 41 указаны и обозначены связи между компонентами модели. В осуществлении любого действия принимает участие специфический для него набор компонентов и связей между ними.

Так, например, осуществление элементарного простого действия, совершающегося за очень короткие промежутки времени, захватывает минимальное число компонентов модели. Установочный сигнал, приобретающий в этом случае характер пускового сигнала, попадает в полимодальный афферентатор, а затем в дифференциальные программы, актуализируя элементарные программы, которые трансформируются в моторные команды, и ответная реакция осуществляется. Оценка такого срочного действия осуществляется только после его завершения. По такой схеме могут осуществляться не только защитные, но и импульсные реакции (см. рис. 41, связи 2, 3, 4,5).

Освоение нового действия происходит следующим образом. Установочный сигнал поступает в интегральную программу, а из нее в схемы памяти, где начинается поиск близких или аналогичных схем (способов) действия или тактик решения задачи. Если таковые не находятся, субъект начинает использовать поисковые, перцептивные и опробующие действия. В ходе их осуществления начинают заполняться соответствующим предметным содержанием компоненты, ответственные за образ ситуации, образ действия и интегральную

программу. Информация, поступающая в интегральную программу, вместе с информацией, поступающей по внешнему контуру, служит источником формирования образа, и кроме того она модифицирует программу следующего опробующего движения (см. рис. 41, связи 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21). В результате большого числа движений, идущих по описанной схеме, складывается образ ситуации, образ действия и интегральная программа, между которыми существуют достаточно сложные отношения.

Информация из интегральной программы идет по двум каналам: в компонент контроля и коррекций поступает обобщенная информация, а в компонент дифференциальных программ — детализированная (см. рис. 41, связи 11, 12).

Решение о необходимости корректировки действия принимается на основе сличения информации о начальных условиях, поступившей из дифференциальных программ еще до начала движения, и текущей информации о движении, поступающей из моторного компонента. На основе сличения вырабатывается текущий коррекционный сигнал, который поступает в дифференциальные программы, трансформируясь там в коррекционные моторные команды, которые в виде текущей информации от движения поступают в компонент контроля и коррекций, где процесс сличения повторяется (в случае сложного движения может повторяться многократно). Когда ошибка минимизирована, из моторного компонента в компонент контроля поступает конечная информация, которая сравнивается со схемой действия и принимается решение об окончании действия (см. рис. 41, связи 16, 14, 15, 17, 20, 3, 16, 17, 14, 15 и т.д. многократно, 18). Эта информация поступает в интегральную программу, где она сравнивается с информацией об изменениях, внесенных моторным актом в предметную ситуацию. Ее изменения воспринимаются полимодальным афферентатором. В случае несовпадения принимается решение о корректировке плана. В случае совпадения принимается окончательное решение о выполнении действия, информация о чем поступает в схемы памяти и хранится там (см. рис. 41, связи 18, 21, 20, 9, 11, 22). При необходимости повторения действия информация о совершенных ранее действиях извлекается из схем памяти, и процесс разворачивается по описанной схеме (см. рис. 41, связи 1, 2, 6, 7, 9, 8, 10, 11, 12, 13; затем малый цикл, повторяющийся многократно по связям 20, 3, 16, 17, 14, 15 — после его завершения принимается решение об окончании действия 18, 20, 21, 9, 1, 22). Распределение ответственности за начало, коррекцию, отмену, окончание действия между многими компонентами модели — необходимое условие гибкости, лабильности и одновременно стабильности и устойчивости

действия, условие возможности его перестроек в меняющихся условиях.

Резюмируя, можно с уверенностью сказать, что в живом движении или в осмысленном действии когнитивные компоненты, такие как образ ситуации и действия, играют ведущую роль, придавая действию смысл. Наличие этих компонентов позволяет рассматривать осмысленное, живое движение как особую форму разумных действий. Однако, несмотря на всю значимость когнитивных компонентов, пока "не запустился мотор", не началось исполнение, они находятся как бы в латентной форме. Если в образных и программных компонентах осознается смысл задачи и общее представление о результате действия, то при реализации программы действие приобретает знаковые функции. Иначе говоря, само движение становится связующим звеном между смыслом и значением, средством трансформации их друг в друга. Осмысление двигательной задачи, как, впрочем, и любой другой: перцептивной, мнемической, мыслительной, происходит посредством реализации построенной программы. Осмысление значений и значение смыслов происходит в компоненте коррекции и контроля. В этом состоит одна из его важнейших функций. Сюда из интегральной программы поступает обобщенная информация о смысле решаемой задачи и будущем результате действия, а из моторного компонента после реализации программы приходит знаковая информация. Циклические процессы означения смыслов и осмысливания значений приводят ко взаимной адекватности программы действия и его реализации. Оба эти процесса связаны с действием, а через него с предметной реальностью.\*

Функциональная модель предметного действия пригодна для описания многих различных форм и видов человеческого действия, например, таких как дискретное и непрерывное сложение, медленное и баллистическое действие, формирующееся и заученное действие, исполнительное и пробующее — перцептивное, регулярное и экстренное. В осуществлении любого из перечисленных действий принимает участие специфический (именно для этого действия) набор компонентов и связей между ними. Широчайшие адаптивные и конструктивные возможности предметного действия существуют благо-

\*огда мы говорим о значении, то в простейших случаях имеются в виду не концептуальные, а предметные или ситуативные значения, которые так же как и концептуальные не совпадают со смыслом (ср. с точкой зрения А.Н. Леонтьева — значение — бытие для других, а смысл — бытие для себя). Значение доступно постороннему наблюдателю, а смысл он должен реконструировать из значения и, как правило, подобная реконструкция может быть лишь гипотетической.

даря тому, что оно все наполнено, или, лучше сказать, пронизано когнитивными и оценочными компонентами, которые постепенно строятся по мере его протекания и в конце концов начинают определять его осуществление.

Итак, мы завершили изложение исследований инструментальных действий и описание модели предметного действия. У читателя может возникнуть вопрос, а не являются ли обнаруженные закономерности построения и функционирования действия отражением не свойств живого движения, а артефактом, порожденным не столько естественной биомеханикой руки, сколько искусственной кинематикой использовавшихся в исследовании органов управления. От ответа на этот вопрос зависит, насколько возможно и оправдано распространение полученных результатов изучения инструментальных действий на естественные пространственные действия.

Для того, чтобы развеять подобные сомнения, была специально сконструирована экспериментальная установка. Принцип ее действия основан на электромагнитном способе регистрации естественных перемещений руки в пространстве [56]. Рука испытуемого свободно перемещалась в пространстве куба в трех измерениях (XYZ). Испытуемый держал в руке небольшой легкий шарик, излучавший электрические сигналы, которые усиливались, регистрировались и анализировались точно так же, как сигналы от органов управления. То есть это был как бы орган управления, лишенный собственной кинематики. На этой установке были выполнены контрольные опыты по формированию естественных пространственных действий. Результаты показали, что имеется достаточно полное подобие закономерностей, полученных в естественных и инструментальных условиях.

Таким образом, можно говорить об общих свойствах, присущих действию как таковому, независимо от внешних средств деятельности. Последние, конечно, оказывают влияние на действие и подчас существенное, внося количественные и качественные изменения в его структуру, не меняя, однако, общих закономерностей его построения, регуляции и системы функционирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамс Дж. Поведение человека-оператора в системе слежения//Инженерная психология/ Под ред. Д.Ю. Панова, В.П. Зинченко. М.: Прогресс, 1964.
2. Адаме Дж., Кример Л. Антиципация непрерывных и дискретных ре-акций//Инженерная психология за рубежом/Под ред. А.Н. Леонтьева. М.: Прогресс, 1967.
3. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональ- ных систем. М., 1977.
4. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. Избранные труды. М.: Наука, 1978.
5. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. Избранные труды. М.: Наука, 1979.
6. Артемьева Е.Ю., Мартынов Е.М. Вероятностные методы в психологии. М.: изд-во МГУ, 1975.
7. Афанасьев О.В., Гордеева Н.Д., Джапаридзе Б.Г., Скачко Е.А. Модификация функциональной структуры действия при вариативности прилагаемых усилий//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 33. М., 1987.
8. Багрунов В.П., Водлозеров В.М. К вопросу об оптимальном передаточном отношении//Вопросы инженерной психологии в автоматизированных системах управления. Л.: изд-во ЛГУ, 1972.
9. Батуев А.С. Обратная связь в системе управления движением//Теория функциональных систем в физиологии и психологии. М.. Наука, 1978.
10. Батуев А.С., Таиров О.П. Мозг и организация движений. Л.: Наука, 1978.
11. Белоховская М.С., Гордеева Н.Д., Капрар В.И., Седакова Л.Б. Характер сенсомоторного взаимодействия при решении задач прослеживания//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 22. М., 1982.
12. Белоховская М.С., Гордеева Н.Д., Седакова Л.Б. Исследование временных, скоростных и точностных характеристик прослеживающих движений в условиях нормальной и нарушенной обратной связи//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 19. М., 1980.
13. Белоховская М.С., Кричевец А.Н., Романюта В.Г. Влияние способа отображения параметров управления на устойчивость структуры исполнительного действия//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 33. М., 1987.
14. Белоховская М.С., Сидоров Н.Р., Сироткина Е.Б. Исследование функциональной структуры действия в условиях непрерывного слежения//Психологические проблемы автоматизации организационного управления. Тезисы докладов научного совещания-семинара. Одесса, 1983.
15. Белоховская М.С., Сироткина Е.Б. Микроструктурный метод анализа деятельности при управлении непрерывно движущимся сигналом//Тезисы докладов Третьей Всесоюзной конференции по проблемам биомеханики Рига, 1983. Т 2.
16. Бернштейн Н.А. Современная биомеханика и вопросы охраны труда//Гигиена, безопасность и патология труда 1930. N 2.

17. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947.
18. Бернштейн Н.А. Очередные проблемы физиологии активности//Проблемы кибернетики. Вып. 6. М., 1961.
19. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.
20. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990.
21. Боднер В. А. Оператор и летательный аппарат. М.: Машиностроение, 1976.
22. Боднер В.А., Философов В.К. О влиянии продолжительной перегрузки на передаточные свойства// Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1975. № 6.
23. Бойко Е.И. Время реакции человека. М.Медицина. 1964.
24. Боргер Р. Рефрактерный период и последовательные реакции вы- бора//Инженерная психология за рубежом. М.: Прогресс, 1967.
25. Веккер Л.М. К сравнительному анализу предметных действий и опе- раций управления// Вопросы психологии. 1963. № 2.
26. Викторов В.И., Нафтальев А.Н. Влияние условий деятельности на характеристики двухмерного слежения//Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 1. Ярославль: Яросл. ун-т, 1974.
27. Водлозеров В.М. Опыт экспериментального исследования просле- живавших движений//Проблемы общей и инженерной психологии. Л.:изд-воЛГУ, 1964.
28. Водлозеров В.М. Перцептивная антиципация и экстраполяция как один из механизмов слежения//Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. Л., 1965.
29. Водлозеров В.М., Кремнев М. А., Поссларе В.И. О динамических ха- рактеристиках оперативного образа при слежении с экстраполя- цией//Проблемы общей и инженерной психологии. Вып. 7. Л.: изд-во ЛГУ, 1976.
30. Водлозеров В.М., Ломов Б.Ф. К вопросу о механизмах психической регуляции действий оператора, работающего в режиме слеже- ния//Вопросы инженерной психологии. Материалы 1 Ленинградской конференции по инженерной психологии. Л.: изд-во ЛГУ, 1964.
31. Волков В.Г., Зингерман А.М., Лебедева Н.Н. Психофизиологиче- ская структура деятельности оператора в инерционных системах уп- равления//Аппаратура и методические вопросы нейрофизиологиче- ского эксперимента. М.: Наука, 1974.
32. Волков В.Г., Иванов Е.А., Лебедев Н.Н. Экспериментальное иссле- дование ручного компонента преследующего слежения//Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 1. Ярославль: Яросл. ун-т, 1974.
33. Выготский Л.С. Орудие и знак в развитии ребенка. М.: изд-во Педа- гогика, 1984. Т. 6.
34. Вюргилло Э. Восприятие пространства//Экспериментальная пси- хология. Вып. 6/Под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже М : Прогресс, 1978.
35. Гальперин П.Я., Пантина Н.С. Зависимость двигательного навыка от типа ориентировки в задании//Ориентировочный рефлекс и ориенти- ровочно-исследовательская деятельность. М.: изд-во АПН РСФСР, 1958.
36. Гидиков А., Митрани Л., Козаров Д., Танков Н Некоторые особен- ности двигательной регуляции при ротационных движениях руки//Pe- перработка зрительной информации и регуляция двигательной актив-ности. София, изд-во Болг.акад.наук, 1971.
37. Гиппенрейтер Ю.Б. Движение человеческого глаза М.. изд-во МГУ. 1978.

38. Гордеева Н.Д. Динамика психологической рефрактерности в двигательном акте//Вопросы психологии. 1981. N 2.
39. Гордеева Н.Д. Предисловие к кн. Структура и динамика познавательной и исполнительной деятельностиХХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 33. М., 1987.
40. Гордеева Н.Д., Девишвили В.М., Зинченко В.П. Микроструктурный анализ исполнительной деятельности. М.: ВНИИТЭ, 1975.
41. Гордеева Н.Д., Девишвили В.М., Зинченко В.П., Кочурова Э.И. Функциональная структура и критерии оценки инструментальных пространственных действий//Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1977. Т. 34.
42. Гордеева Н.Д., Евсевичева И.В., Зинченко В.П. К проблеме реактивности и чувствительности предметного действияХХИнтеллектуальные процессы и их моделирование. М.: Наука, 1991.
43. Гордеева Н.Д., Зинченко В.П. Функциональная структура действия. М.: изд-во МГУ, 1982.
44. Гордеева Н.Д., Зинченко В.П. Модель предметного действия: способы построения, структура организации и система функционирования//Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1989-1990. М.: Наука, 1991.
45. Гордеева Н.Д., Зинченко В.П., Ребрик С.5. О формировании сложных пространственных действийХХВопросы психологии. 1978. N 3.
46. Гордеева Н.Д., Лигачев В.И., Сироткина Е.Б. Сравнительный анализ формирования пространственного действия в стабильных и динамических условиях//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 16. М., 1978.
47. Гордеева Н.Д., Ребрик С.Б. Сенсомоторные регуляции исполнительного действия//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 21. М., 1981.
48. Гордеева Н.Д., Сироткина Е.Б., Джапаридзе Б.Г. Проблема анализа экстренного действия в структуре деятельностиХХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 26. М., 1984.
49. Гордон В.М., Зинченко В.П. Структурно-функциональный анализ психической деятельности//Системные исследования. Ежегодник 1978. М.: Наука, 1978.
50. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Центральные программы и многообразие движений//Управление движениями/ Под ред. А.А. Митькина, Г. Пика. М.: Наука, 1990.
51. Давыдов В.В., Андронов В.П. Психологические условия происхождения идеальных действий//Вопросы психологи"). 1979. N 5.
52. Давыдов В.В., Зинченко В.П. Принцип развития в психологииХХ. Вопросы философии. 1980. N 12.
53. Девишвили В.М. Методы изучения движений человека. М.: изд-во МГУ, 1979.
54. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипец А.В. Авиационная инженерная психология. М.: Машиностроение, 1983.
55. Евсевичева И.В. Текущая перестройка инструментального двигательного акта под влиянием изменения коэффициента передачи в процессе совершения движенияХХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 33. М., 1987.
56. Евсевичева И.В., Мнацаканян С.А., Романюта В.Г. Исследование соотношения структурных компонентов действия в зависимости от внешних средств деятельностиХХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 19. М., 1980.
57. Евсевичева И.В., Сироткина Е.Б. Микроструктура навыка дискретного слежения//Психологическая наука и общественная практика. Ч. I. Тезисы научных сообщений советских психологов к VI Всесоциальному съезду общества психологов СССР. М., 1983.

58. Евсевичева И.В., Турусова О.8. Влияние амплитуды и сложности движений на тип регулирования двигательными актами // Психологические проблемы автоматизации организационного управления. Тезисы докл. научного совещания-семинара. Одесса, 1983.
59. Евсевичева И.В., Федорова И.В. Зависимость структуры действия от организации информационного поля//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 22. М., 1982.
60. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Принцип активного оператора и распределение функций между человеком и машиной//Вопросы психологии. 1971. № 3.
61. Зазыкин В.Г., Чернышев А.П. О характеристиках прогнозирования при компенсаторном слежении//Техническая эстетика. 1975. № 12.
62. Запорожец А.В. Роль ориентировочной деятельности и образа в формировании и осуществлении произвольных движений // Ориентировочный рефлекс и ориентировочно-исследовательская деятельность. М.: изд-во АГН РСФСР, 1958.
63. Запорожец А.В. Развитие произвольных движений. М.: изд-во АГН РСФСР, 1960.
64. Запорожец А.В., Венгер Л.А., Зинченко В.П., Рузская А.Г. Восприятие и действие. М.: Просвещение, 1967.
65. Зингерман А.М., Сивохина Н.В. Анализ рассогласования в следящих системах "человек-машина" в условиях задержанной обратной связи//Вопросы психологии. 1975. № 6.
66. Зинченко В.П. Некоторые особенности ориентировочных движений руки и глаза и их роль в формировании двигательных навыков//Вопросы психологии. 1956. № 6.
67. Зинченко В.П. О микроструктурном методе исследования познавательной деятельности человека//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 3. М. 1972.
68. Зинченко В.П. Искусственный интеллект и парадоксы психологии//Природа. 1986. № 2.
69. Зинченко В.П., Мамардашвили М.К. Проблема объективного метода в психологии // Вопросы философии. 1977. № 7.
70. Зинченко В.П., Моргунов Е.Б. Человек развивающийся. Очерки российской психологии. М.: Тривола, 1994.
71. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики. М.: изд-во МГУ, 1979.
72. Зинченко В.П., Смирнов С.Д. Методологические вопросы психологии. М.: изд-во МГУ, 1983.
73. Зинченко В.П., Стрелков Ю.Ж. На пути разработки микроструктурного анализа деятельности человека // Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 7. М., 1974.
74. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования/ Под ред. К.Т. Моргана. М.: Машиностроение, 1971.
75. Кабардова Л.Н. Динамика рефрактерного периода в стадии контроля и коррекции простого двигательного акта//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 19. М., 1980.
76. Камышов И.А. Некоторые особенности сенсомоторики летчика//Вопросы психологии. 1975. № 6.
77. Кекчеев К.Х. Интерорецепция и проприорецепция М.: Медгиз, 1946.
78. Киль С.В., Иври Р.И. Модульная структура навыка: управление временными и силовыми параметрами движения//Управление движениями/ Под ред. А.А. Митькина, Г. Пика. М.: Наука, 1990.
79. Конопкин О.А. Психологические механизмы регуляции деятельности. М.: Наука, 1980.
80. Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М.: Наука, 1970.

81. Косолапов А.А. Анализ вызванных потенциалов мозга с использованием методов теории распознавания образов/ХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 25. М., 1983.
82. Костычева Н.Г., Назарова Н.Д. Исследование чувствительности моторного компонента действия к возмущающим влияниям/ХЭргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 21. М., 1981.
83. Котик М.А. Краткий курс инженерной психологии. Таллин: Валгус, 1978.
84. Коц Я.М. Организация произвольных движений. М.: Наука, 1975.
85. Коурова Э.И. Исследование изменений микроструктуры навыка в процессе длительной тренировки/Техническая эстетика. 1977. № 3.
86. Коурова Э.И. Влияние совместимости перцептивного и моторного полей на формирование инструментальных пространственных действий. Автореф. дисс.... канд. психол. наук. М., 1981.
87. Крейк К. Человек-оператор в системах управления//Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 1. М.: изд-во МГУ, 1970.
88. Крендел Е., Мак Рур Д. Изучение навыков с точки зрения теории сервомеханизмов. М.: Прогресс, 1964.
89. Кринчик Е.П., Елисеева И.А., Монченко В.В. Локализация эффекта неопределенности в структуре сенсомоторной реакции слежения/Вестник Московского Университета. Сер. 14. Психология. 1985. №1.
90. Крылов А.А. Человек в автоматизированных системах управления. Л.: изд-во ЛГУ, 1972.
91. Ланге Н.Н. Психологические исследования. Одесса: тип. Шт. Одесск. воен. окр., 1893.
92. Левандовский Н.Г. Структура психической регуляции действий оператора при управлении машинами по приборам. Автореф. дисс.... канд. пед. наук. Л., 1961.
93. Левиева С.Н. Об изучении деятельности оператора в процессе слежения//Проблемы общей и инженерной психологии. Л.: изд-во ЛГУ, 1964.
94. Леонтьев А.Н. Проблема деятельности в психологии//Вопросы философии. 1972. № 9.
95. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1977.
96. Леонтьев А.Н., Запорожец А.В. Восстановление движения: Психофизиологическое исследование восстановления функций руки после ранения. М.: Сов. Наука, 1945.
97. Лешли К.С. Мозг и интеллект. М.-Л.: Гос. соц.-экономич. изд-во, 1933.
98. Логвиненко А.Д. Перцептивная деятельность при инверсии сетчатого образа//Восприятие и деятельность/ Под ред. А.Н. Леонтьева. М.: изд-во МГУ, 1976.
99. Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г. Адаптация к инвертированному зрению // Вопросы психологии. 1980. № 6.
100. Ломов Б.Ф. Человек и техника. Очерки инженерной психологии. М.: Советское радио, 1966.
101. Ломов Б.Ф. О путях построения теории инженерной психологии на основе системного подхода//Инженерная психология. М.: Наука, 1977.
102. Ломов Б.Ф., Сурков Е.Н. Антиципация в структуре деятельности. М.: Наука, 1980.
103. Лuria A.R. Мозг человека и психические процессы. М.: изд-во АПН РСФСР, 1963. Т. 1, 1970. Т. 2.
104. Мерло-Понти М. Око и дух М.: Искусство, 1992

105. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. М.: Прогресс, 1964.
106. Моторные задачи и исполнительная деятельность. Исследование координированных движений руки/ Под ред. Н.А. Рокотовой. Л.: На- ука, 1971.
107. Назаров А.И. Изучение сенсомоторных реакций и двигательных на- выков//Инженерная психология/ Под ред. А.Н. Леонтьева и др. М.: изд-во МГУ, 1964.
108. Назаров А.И. Исследование полуавтоматического сложения//Воп- росы психологии. 1969. № 4.
109. Назаров А.И. Опыт исследования координации группового управле- ния. М.: изд-во МГУ, 1970.
110. Назаров А.И. От сервомеханизма моторики к функциональной модели движения. Рукопись. 1995.
111. Науме Д. Корреляционный анализ прослеживания. ВЦП. Пер. N LI- 9719.
112. Николаев С.А. Исследование прогнозирования в непрерывной сен- сомоторной деятельности типа компенсаторного сложения. Автореф. дисс.... канд. психол. наук. М., 1980.
113. Новиков А.И., Сидорова И.Н., Федорова И.В. Исследование деятельности оператора в условиях нарушенной обратной связи//Эрго- номика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 19. М., 1980.
114. Орбелли Л.А. Лекции по физиологии нервной системы. Л.: ОГИЗ-БИ- ОМЕДГИЗ, Ленинградское отделение, 1935.
115. Ошанин Д.А., Кремень М.А., Кулаков В.П. К вопросу о динамике оперативных образов в процессах сложения с экстраполяцией//Пси- хологические вопросы регуляции деятельности. М.: Педагогика, 1973.
116. Паужайте С.А. Экспериментальные исследования сенсорной и мото- рной структуры в дозировочных реакциях//Проблемы общей и ин- женерной психологии. Л.: изд-во ЛГУ, 1964.
117. Поуптон Е. Простые методы измерения ошибок в сложениях // Инже- нерная психология за рубежом/ Под ред. А.Н. Леонтьева. М.: Прогресс, 1967.
118. Пратусевич Ю.М., Королев С.Б., Лисицына К.А., Соловьев А.В. Пси- хофизиологический анализ переделки сенсомоторного навыка//Эр- гономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 15. М., 1978.
119. Ребрик С.Б. Сенсомоторные регуляции исполнительного действия. Автореф. дисс.... канд. психол. наук, М., 1982.
120. Ребрик С.Б., Гордеева Н.Д., Кричевец А.Н. Типы связей между ког- нитивными и исполнительными компонентами в инструментальном действии//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 16. М., 1978.
121. Роговин Э.М. Уровневая структура психики в учении Аристоте- ля//Системные исследования. Ежегодник 1978. М.: Наука, 1978.
122. Розенбаум Д.А. Когнитивная психология и управление движением: сходство между верbalным и моторным воспроизведением//Управ- ление движениями/ Под ред. А.А. Миткина, Г. Пика. М.: Наука, 1990.
123. Рубахин В.Ф. Состояние и тенденции развития инженерной психо- логии//Инженерная психология. М.: Наука, 1977.
124. Рубинштейн С.Л. Предисловие. Учен. зап. МГУ. Вып. 90. Психоло- гия. Движение и деятельность. М., 1945.
125. Сергеев Г.А., Романенко А.Ф. Статистические методы оценки эф- фективности системы "человек-автомат"//Инженерная психология в приборостроении. М.: Центр, научн.-исслед. ин-т информации, 1967.
126. Сеченов И.М. Избранные философские и психологические произве- дения. М.: Гос. изд. полит. литер., 1947.

127. Сеченов И.М. Участие органов чувств у зрячего и слепого// И.М. Сеченов, И.П. Павлов, Н.Е. Введенский. Физиология нервной системы. Избранные труды. Вып. III. Кн. II. М.: Наука, 1952.
128. Сидоров Н.Р., Сироткина Е.Б., Федорова И.В. Исследование сенсомоторной деятельности оператора в ситуации преследующего слежения//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 33. М., 1987.
129. Сливниций Ю.О. Условия регулирования точностного действия//Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 19. М., 1980.
130. Смит К.Ю. Зрительная обратная связь и слежение//Инженерная психология/ Под ред. Д.Ю. Панова, В.П. Зинченко. М.: Прогресс, 1964.
131. Соколов Е.Н. Механизмы памяти. М.: изд-во МГУ, 1969.
132. Ухтомский А.А. Собрание сочинений. Л.: изд-во ЛГУ, 1950-1954.
133. Ухтомский А.А. Избранные труды. Л.: Наука, 1978.
134. Уэлфорд А.Г. Измерение сенсомоторики (обзор и оценка достижений за 12 лет)//Инженерная психология/ Под ред. Д.Ю. Панова, В.П. Зинченко. М.: Прогресс. 1964.
135. Фейгенберг И.М., Иванников В.А. Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движению. М.: изд-во МГУ, 1978.
136. Фиттс П.М. Инженерная психология и конструирование машин//Экспериментальная психология/Под ред. С. Стивенса. М.: изд-во иностр. литер., 1963. Т. 2.
137. Фиттс П.М., Петтерсон Дж. Пропускная способность дискретных двигательных реакций//Инженерная психология за рубежом / Под ред. А.Н. Леонтьева. М.: Прогресс, 1967.
138. Хаккер В. Инженерная психология и психология труда. М.: Машиностроение, 1985.
139. Ховланд К. Сохранение заученного у человека // Экспериментальная психология/ Под ред. С.С. Стивенса. М.: изд-во иностр. литер., 1963. Т. 2.
140. Цибулевский И.Е. Запаздывание оператора при обработке зрительных сигналов//Автоматика и телемеханика. 1962. N 11.
141. Цибулевский И.Е. Адаптирование человека-оператора к изменениям коэффициента усиления последовательно включенного усилительного звена//Автоматика и телемеханика. 1967. N 3.
142. Цибулевский И.Е. Время, затрачиваемое человеком на выполнение быстрых и точных движений//Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 1981. N 4.
143. Цибулевский И.Е. Человек как звено следящей системы. М.: Наука, 1981.
144. Цибулевский И.Е. Взаимодействие обратных связей разной модальности в системе управления движениями (обзор зарубежных исследований)//Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 1985. N 3.
145. Чернышев А.П. Инженерно-психологическое проектирование полуавтоматических систем, использующих принцип слежения//Психологический журнал. 1980. Т. 1. N 5.
146. Чернышев А.П. К вопросу об информационной значимости ошибки оператора для сенсомоторной регуляции//Нормативные и дескриптивные модели принятия решения. М.: Наука, 1981.
147. Шапков Ю.Т. Временная структура ритмических движений в условиях сенсорных ограничений (К вопросу о роли взаимодействия афферентных систем в регуляции динамической работы)//Управление движениями. Л.: Наука, 1970.
148. Шеррингтон Ч. Интегративная деятельность нервной системы. Л.: Наука, 1969.

149. Экспериментальная психология. Вып. 1-2/ Под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. М.: Прогресс, 1966.
150. Эльконин Б.Д. Введение в психологию развития. М.: Тривола, 1994.
151. Юдин Э.Г. Системный подход и принцип деятельности. М.: Наука, 1978.
152. Acquisition of Skill/ Ed. E.A.Bilodeau. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1966.
153. Adams J.A. Human tracking behavior//Psychol.Bull. 1961. V. 58. P. 55-79.
154. Adams J.A. Test of the hypothesis of psychological refractory period//J.Exp.Psychol. 1962. V. 64. P. 280-287.
155. Adams J.A. A Closed-loop theory of motor learning//J.Mot.Behav. 1971.V.3. P. 111-150.
156. Adams J.A. Issues for a Closed-loop theory of motor learning//Motor control: Issues and Trends/ Ed. G.E. Stelmach. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1976. P. 87-107.
157. Agarwal G.C., Gottlieb G.L. Electromiographic responses to sudden torques about the ankle joints In many/Tutorials in motor behavior/ Eds. J. Requin, G.E. Stelmach. Amsterdam: North-Holland Publ.Comp., 1980. P. 203-217.
158. Angel R.W. Efference copy in the control of movement//Neurology. 1976. V. 26. P. 1164-1168.
159. Angel R.W., Garland M., Fischler M. Tracking errors amended without visual feedback//J.Exp.Psychol. 1971. V. 89. P. 422-424.
160. Annet J., Golby C.W., Kay H. The measurement of elements in an assembly task — the information output of the human motor system//Quart.J.Exp.Psychol. 1958. V. 10. P. 1-11.
161. Bahrlc H.P., Noble M.E. Motor Behavior//Experimental methods and instrumentation in psychology. McGrow-Hill Book Company, 1966. P. 645-675.
162. Bard C., Hay L., Fleury M. Role of peripheral vision in the directional control of rapid aiming movements//Can.J.Psycho). 1984. V. 39. P. 151-161.
163. Bizzi E. Central and peripheral mechanisms in motor control//Tutorials In motor behavior/ Eds. J. Requin, G.E. Stelmach. Amsterdam: North-Holland Publ. Сotр., 1980. P. 423-448.
164. Bizzi E., Dev P., Morasso P., Polit A. Effect of load disturbances during centrally initiated movements//J.Neurophysiology. 1978. V. 41. P. 542-557.
165. Botwinick G., Thompson G. Premotor and motor components of reaction time//J.Exp.Psychol. 1966. V. 71. N 1.
166. Burns M.M., Moskovits L.M. Response time to a first signal as a function of time relationship to a second signal and mode of presentation//Percept. and Mot. Skills. 1971. V. 32. P. 811-816.
167. Broadbent D.E. Perception and communication. London, 1958.
168. Carlton L.G. Processing visual feedback Information for movement control//J.Exp.Psychol.: Human Percept.and Perform. 1981. V. 5. P. 1019-1030.
169. Carlton L.G. Visual processing time and the control of movement/Vision and motor control/Eds. L. Proteau, D. Elliott. North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V., 1992. P. 3-31.
170. Carlton M.J. Amending movements: The relationship between degree of mechanical disturbance and outcome accuracy//J.Mot.Behav. 1983. V. 15. P. 39-62.
171. Chernikoff R., Taylor F.V. Reaction time to kinesthetic stimulation resulting from sudden arm displacement//J.Exp.Psychol. 1952. V. 43. P. 1-8.

172. Christina R.W., Anson G.J. The learning of programmed and feedback-based processes controlling the production of a positioning response in two dimensions//J.Mot.Behav. 1981. V. 13. P. 48-64.
173. Christina R.W., Lambert P.J., Fischman M.G., Anson J.G. Hand position as a variable determining the accuracy of aiming movements//J.Exp.Psychol.: Human Percept, and Perform. 1982. V. 8. P. 341-348.
174. Conklin J.E. Effect of control lag on performance in tracking task//J.Exp.Psychol. 1957. V. 53. P. 261-268.
175. Conklin J.E. Linearity of the tracking performance function//Percept. and Mot. Skills. 1959. V. 9. P. 387-391.
176. Cooke J.D. The role of stretch reflex during active movements//Brain Research. 1980. V. 181. P. 493-497.
177. Cralk K.J.W. Theory of the human operator In control system. I. The operator as an engineering system//The Brlt.J.Psychol. 1947. V. 38. P. II. P. 56-61.
178. Cralk K.J.W. Theory of the human operator in control systems. II. Man as an element in control system//The Brlt.J.Psychol. 1948. V. 38. P. III. P. 142-148.
179. Creamer L.R. Event uncertainty, psychological refractory period and human data processing//J.Exp.Psychol. 1963. V. 66. P. 187-194.
180. Crossman E.R.F.W. The Information capacity of human motor system In pursuit tracking//Quart. J. Exp. Psychol. 1960. V. 12. P. 1-16.
181. Davis R. The human operator as a single channel Information system//Quart.J.Exp.Psychol. 1957. V. 9. P. 119-130.
182. Diewert G.L., Stelmach G.E. Intra-modal and Intermodal transfer of movement information//Acta psychologica. 1977. V. 41. P. 119-128.
183. Elliot D., Allard F. The utilization of visual feedback Information during rapid pointing movements//Quart.J.Exp.Psychol. 1985, V. 37. P. 407-425.
184. Ellson D.G. The application of operational analysis to human motor behavior//Psychol. Rev. 1949. V. 56. P. 9-17.
185. Evarts E.V. Feedback and corollary discharge: a merging of the concepts//Neurosciences Research Program Bulletin. 1971. V. 9. P. 86-112.
186. Evarts E.V. Sherrington's concepts of proprioception//Trends in Neurosciences. 1981. V. 4. P. 44-46.
187. Festinger L., Canon L.K. Information about spatial location based on knowledge about efference//Psychol.Rev. 1965. V. 72. P. 373-384.
188. Festinger L., Easton A.M. Inferences about the efferent system based on a perceptual illusion produced by eye movements//Psychol.Rev. 1974. V. 81. P. 44-58.
189. Fischman M.G., Schneider T. Skill level, vision and proprioception In a simple one-hand catching//J.Mot.Behav. 1985. V. 17. P. 219-229.
190. Fins P.M. The information capacity of the human motor system In controlling the amplitude of movement//J. Exp.Psychol. 1954. V. 47. P. 381-391.
191. Fleishman E.A., Rich S. Role of kinesthetic and spatial-visual abilities in perceptual-motor learning//J.Exp.Psychol. 1963. V. 66. P. 6-11.
192. Gibbs C.B. The continuous regulation of skilled response by kinaesthetic feedback//Brit.J.Psychol. 1954. V. 45. P. 24-39.
193. Gibbs C.B. Servo-control systems in organisms and the transfer of skill//Skills/Ed. D. Legge. Penguin Modern Psychology readings, Penguin Books, 1970. P. 211-266.
194. Glencross D.J. Latency and response complexity//J.Mot. Behav. 1972. V. 4. P. 241-256.

195. Glencross D.J. The effects of changes in task condition on the temporal organization of a repetitive speed skill//Ergonomics. 1975. V. 18. P. 17-28.
196. Glencross D.J. The latency of aiming movements//J.Mot. Behav. 1976. V. 8. P. 27-34.
197. Glencross D.J. Levels and strategies of response organizations/Tutorials in Motor Control/ Eds. G. Stelmach, J. Requin. Amsterdam e.a.: N-Holl.Publ.Co., 1980. P. 551-556.
198. Goodwin G.M., McCloskey D.T., Matthews P.B.C. The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by effects of paralyzing joint afferents//Brain. 1972. V. 95. P. 705-748.
199. Gottsdanker R. The ability of human operators to detect acceleration of target motion//Psychol.Bull. 1956. V. 53. P. 477-487.
200. Gottsdanker R. A psychological refractory period or an unprepared period//J.Exp.Psychol.: Human Percept. and Perform. 1979. V. 5. P. 208-215.
201. Greene P.M. Problems of organization of motor systems//Progress In theoretical biology/ Eds. P. Rosen, P.M. Snell. New York: Academic Press, 1972. V. 2. P. 303-338.
202. Grossman E.R.F.W. The information capacity of human motor system in pursuit tracking//Quart.J.Exp.Psychol. 1960. V. 12. P. 1-16.
203. Hammerton M. An investigation into the optimal gain of a velocity control system//Ergonomics. 1962. V. 5. P. 539-543.
204. Hammerton M. The components of acquisition time//Ergonomics. 1964. V. 7(1). P. 91-93.
205. Hartmann B.O., Fitts P.M. Relation of stimulus and response amplitude to tracking performance//J.Exp.Psychol. 1955. V. 49. P. 82-92.
206. Held R., Hein A.V. Adaptation of disarranged hand-eye coordination contingent upon re-afferent stimulation//Percept. and Mot.Skills. 1955. V. 8. P. 87-90.
207. Helson H. Design of equipment and optimal human operation//Amer.J.Psychol. 1949. V. 62. P. 472-497.
208. Henderson S.E. Role of feedback In the development and maintenance of a complex skill//J.Exp.Psychol.: Human Percept. and Perform. 1977. V. 3. P. 224-233.
209. Henry P.M., Rogers D.E. Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction//Res.Quart.J.Amer.Assoc. Health Phys. Educ. and Recreat. 1960. V. 31. P. 448-458.
210. Higgins J.R., Angel R.W. Correction of tracking errors without sensory feedback//J.Exp.Psychol. 1970. V. 84. P. 412-416.
211. James W. Principles of psychology. New York: Holt, 1890.
212. Jangolf G.D., Chaffin D.B., Foulke G.A. An investigation of Fitts' law using a wide range of movement amplitudes//J.Mot.Behav. 1976. V. 8. P. 113-128.
213. Jeannerod M. Mechanisms of visuomotor coordination: A study in normal and brain-damaged subjects//Neuropsychologia. 1986. V. 24. P. 41-78.
214. Jenkins W.L., Connor M.B. Some design factors in making settings on a linear scale//J.Appl.Psychol. 1949. V. 33. P. 395-409.
215. Jenkins W.L., Olson M.W. The use of levers In making settings on a linear scale//J.Appl.Psychol. 1952. V. 36. P. 269-272.
216. Jones B. The role of central monitoring of efference in short-term memory for movements//J.Exp.Psychol. 1974. V. 102. P. 37-43.

217. Kantowitz B.H. Double stimulation/XHuman information processing: Tutorials in performance and cognition/ Ed. B.H. Kantowitz. N.J. Hillsdale: Erlbaum, 1974. P. 83-132.
218. Kao H.S.R. Effects of delay of feedback and intermittency of feedback In compensatory tracking//Percept. and Mot. Skills. 1977. V. 44. P. 1079- 1085.
219. Kay H., Weiss A.O. Relation between single and serial reaction time//Nature. 1961. V. 191. P. 790-791.
220. Keele S.W. Movement control in skilled motor performance//Psychol.Bull. 1968. V. 70. P. 387-403.
221. Keele S.W., Posner M.J. Processing of feedback In rapid movements//).Exp.Psychol. 1968. V. 77. P. 155-158.
222. Keer B. Task factors that influence selection and preparation of voluntary movements//Information processing in motor control and learning/ Ed. G.E. Stelmach. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1978. P. 55-69.
223. Kelso J.A.S. Contrasting perspectives in order and regulation of movement//Attention and performance, IX/ Eds. J. Long, A. Baddeley. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1981.
224. Kelso J.A.S., Holt K.G., Flatt A.E. The role of proprioception in the perception and control of human movement:Toward a theoretical assessment/Perception and Psychophysics. 1980. V. 28. P. 45-52.
225. Kelso J.A.S., Southard D.L, Goodman D. On the coordination of two-handed movements//J.Exp.Psychol.: Hum. Percept, and Perform. 1979. V. 5. P. 229-238.
226. Klapp S.T. Feedback versus motor programming in the control of aimed movements//J.Exp.Psychol.: Human Percept, and Perform. 1975. V. 104. P. 147-153.
227. Klapp S.T. Reaction time analysis of programmed control// Exercise and sport sciences Reviews. 1977. V. 5. P. 231-253.
228. Klapp S.T. Response programming as assessed by reaction time does not establish commands for particular muscles//J.Mot. Behav. 1977rV. 9. P. 301-312.
229. Klapp S.T., Erwin J. Relation between programming time and duration of response being programmed//J.Exp.Psychol.: Human Percept, and Perform. 1976. V. 2. P. 591-598.
230. Knowles W.B., Garvey W.D., Newlin E.P. The effect of speed and load on display-control relationships//J.Exp.Psychol. 1953. V. 46. P. 65-75.
231. Kohler I. Ueber Aufbau und Wandlungen der Wahrnehmungswelt. Oesterreichische Akademie der Wissenschaften. 1951. Bd. 227. S. 1-118.
232. Kornblum S., Koster W.G. The effect of signal intensity and training on simple RT//Acta Psychologica. 1967. V. 27. P. 71-74.
233. Kotterhoff H. Situational and personal influences on space perception with experimental spectacles//Acta psychologica. 1957. V. 15. P. 79-97, 151-161.
234. Lashley K.S. The problem of serial order in behavior//Cerebral mechanisms in Behavior/ Ed. L.A. Jeffress. New York: Wiley, 1951. P. 112-136.
235. Laszlo J.I., Bairstow P.J. Accuracy of movement, peripheral feedback and efference copy//J.Mot.Behav. 1971. V. 3. P. 241-252.
236. Laszlo J.I., Livesey J.P. Task complexity, accuracy and reaction time//J.Mot.Behav. 1977. V. 9. N 2. P. 171-177.
237. Levine M. Tracking performance as a function of exponential delay between control and display. Usaf wright air dev.cent. tech.rep. 1953. P 53-236.

238. Long J. Effects of delayed irregular feedback on unskilled and skilled keying performance//Ergonomics. 1976. V. 19. P. 183-202.
239. Long J. Visual feedback and skilled keying: differential effects on masking the printed copy and the keyboard//Ergonomics. 1976. V. 19. P. 93-110.
240. Marill T. The psychological refractory phase//Brit.J.Psychol. 1957. V. 48. P. 93-97.
241. Marsden C.D., Rothwell J.C., Day B.L The use of peripheral feedback In the control of movement//Trends In Neurosciences. 1984. V. 7. P. 253-257.
242. Marteniuk R.G. Information processing in motor skills. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.
243. Marteniuk R.G. Issues In Goal Directed Motor Learning: Feedforward Control, Motor Equivalence, Specificity, and Artificial Neural Networks//Tutorials in Motor Behavior II/ Eds. G.E. Stelmach, J. Requin. North-Holland, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1992. P. 101-124.
244. Megaw E.D. Direction and extent uncertainty In step-input tracking//J.Mot.Behav. 1972. V. 4. P. 171-186.
245. Megaw E.D. Possible modification to a rapid on-going programmed manual response//Brain Research. 1974. V. 71. P. 425-441.
246. Merleau-Ponty M. El lenguaje indirecto y las voces del silencio // "Flogio de la Filosofía". Buenos Aires: Ediciones Galatea- Nueva Vision, 1957.
247. Millar S. The development of visual and kinaesthetic judgement of distance//Brit.J.Psychol. 1972. V. 63. P. 271-282.
248. Moore S.P. Systematic removal of visual feedback//J.Hum. Mov. Studies. 1984. V. 10. P. 165-173.
249. Nagaoka M., Tanaka R. Adaptability of the initial catch-up reaction of visually guided movement in man//Integrative Control Func. Brain. Tokyo. Amsterdam e.a., 1981. V. 3. P. 134-136.
250. Newell K.M. Some Issues on action plans//Information processing in motor control and learning/ Ed. G.E. Stelmach. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1978. P. 41-54.
251. Newell K.M., McGinnis P.M. Kinematic information feedback for skilled performance//Hum.Learning. 1985. V. 4. P. 39-56.
252. Pardew D.L. Efferent and afferent control of fast and slow arm movements//J.Mot.Behav. 1976. V. 8. P. 59-67.
253. Pew R.W. Human perceptual-motor organization//Human Information Processing: Tutorials in Performance and Cognition/ Ed. B.J. Kantowitz. New York: Erlbaum Associates, 1974. P. 1-41.
254. Philips C.W., Paterson C.E., Pettijohn T.F. Feedback conditions and motor skills performance//J.Gen. Psychol. 1985. V. 112. P. 53-57.
255. Poulton E.C. Perceptual anticipation and reaction time//Quart.J.Exp.Psychol. 1950. V. 2. P. 99-112.
256. Poulton E.C. The basis of perceptual anticipation in tracking//Brit.J.Psychol. 1952. V. 43. P. 295-302.
257. Poulton E.C. On prediction In skilled movements//Psychol.Bull. 1957. V. 54. P. 467-478.
258. Poulton E.C. On the stimulus and response In pursuit tracking//J.Exp.Psychol. 1957. V. 53. P. 189-194.
259. Poulton E.C. Tracking behavior//Acquisition of skills/ Ed. E.A. Bilodeau. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1966. P. 361-410.
260. Poulton E.C. Tracking Skill and Manual Control. New York: Academic Press, 1974.

261. Poulton E.G. Range effects and symmetric transfer in studies of motor skills//Psychology of motor behavior and sport/ Eds. C.H. Nadeau et al. Human kinetic, champaign, IL., 1980. P. 329-359.
282. Prablanc C., Echallier J.F., Komilis E., Jeannerod M. Optimal response of eye and hand motor systems in pointing at a visual target 1.spatio-temporal characteristics of eye and hand movements and their relationships when varying the amount of visual Information// Biol.Cybern. 1979. V. 35. P. 113-124.
263. Raffel G. Visual and kinaesthetic judgements of length//Amer.J.Psychol. 1936. V. 48. P. 331-334.
264. Reed E.S. An outline of a theory of action systems//J.Mot.Behav. 1982 V. 14. P. 98-134.
265. Regan J.J. Tracking performance related to display control configuration//J.Appl.Psychol.1960. V. 44. N 5.
266. Rockway M.P. The effect of variations in control-display ratio and exponential time delay on tracking performance. USAF WADS TECH.REPORT. 1954. N 56-110.
267. Rosenbaum D. Human movement Initiation: Specification of arm, direction and extent//J.Exp.Psychol. 1980. V. 109. P. 444-474.
268. Russell D.G. Spatial location cues and movement production//Motor control: Issues and Trends/ Ed. G.E. Stelmach. New York-San Francisco-London: Academic Press, 1976. P. 67-83.
269. Schmidt R.A. A schema theory of discrete motor skill learning//Psychol.Rev. 1975. V. 82. P. 225-260.
270. Schmidt R.A. Control processes in motor skills//Exercise and Sport Science Reviews. 1976. V. 4. P. 229-261.
271. Schmidt R.A. Past and future issues in motor programming//Res. Quart, for Exercise and sport. 1980. V. 51. P. 122-141.
272. Schmidt R.A., McGown C.M. Temporal accuracy of unexpectedly loaded rapid movements: Evidence for a mass-spring mechanism in programming//J.Mot.Behav. 1980. V. 12. P. 149-161.
273. Schmidt R.A., Russel D.G. Movement velocity and movement timelfe determiners of degree of preprogramming in simple movements//J.Exp.Psychol. 1972. V. 96. P. 315-320.
274. Searle L.V., Taylor F.V. Studies of tracking behavior. I. Rate and time characteristics of simple corrective movements//J.Exp.Psychol. 1948. V.38. P. 615-631.
275. Sheridan M.R. A reappraisal of Fins' Law//J.Mot.Behav. 1979. V. 9. P. 179-188.
276. Sheridan M.R. Response programming, response production and fractionated reaction time//Psychol.Res. 1984. V. 46. P. 33-47.
277. Sheridan T.B., Ferell W.R. Remote manipulative control with transmission delay//The transactions of human factors In electronics. 1963. N 4.
278. Smith K.U. Delayed sensory feedback and behavior. Philadelphia: Saunders, 1962.
279. Smith M.S. Theories of psychological refractory period//Psychol.Bull. 1967. V. 67. P. 202-213.
280. Smyth M.M., Marriot A.M. Vision and proprioception in simple cathing//J.Mot.Behav. 1982. V. 14. P. 143-152.
281. Snyder F.W., Pronko N.H. Vision with spartial inversion. Kansas Univ. of Wlchita Press, 1952.
282. Spijkers W.A.C., Sanders A.F. Spatial accuracy and programming of movement velocity//Bull. of psychonomic society. 1984. V. 22. P. 531-534.
283. Stelmach G.E., Diggles V.S. Control theories in motor behavor//Acta Psychologica. 1982. V. 50. P. 83-105.

284. Stratton G.M. Vision without inversion of the retinal image//Psychol.Rev. 1897. V. 4. P. 341-360, 463-481.
285. Summers J.J. Motor programs//Human Skills/ Ed. D. Holding. New York: Wiley, 1989. P. 49-69.
286. Taub E. Movement in nonhuman primates deprived of somatosensory feedback//Exercise and Sport Sciences Reviews. 1974. V. 4. P. 335-374.
287. Taub E., Berman A.J. Movement and learning in the absence of sensory feedback/The neuropsychology of spatially oriented behavior/ Ed. S.J. Feedman. Dorsey, Illinois: Homewood, 1968. P. 172-192.
288. Taylor F.V., Birmingham H.P. Studies of tracking behavior. II. The acceleration pattern of quick manual corrective responses//J.Exp.Psychol. 1948. V. 38. P. 783-795.
289. telford A.T. The refractory fase of voluntary associative responses//J.Exp.Psychol. 1931. V. 19. P. 1-36.
290. Teuber H.L. Unity and diversity of frontal lobe functions//Acta Neurobiologica Experimentalis. 1972. V. 32. P. 615-656.
291. Teuber H.L. Key problems in the programming of movements//Brain Research. 1974. V. 71. P. 533-568.
292. The Psychology of Human Movement/ Eds. M.M. Smyth, A.W. Wing. London: Academic Press, 1984.
293. Turvey M.T. Contrasting orientation to the theory of visual Information processing//Psychol.Rev. 1977. V. 84. P. 67-68.
294. Turvey M.T. Preliminaries to a theory of action with reference to vision//Perceiving, acting and knowing: Toward an ecological psychology/ Eds. R. Shaw, J. Brausford. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1977. P. 211-265.
295. Veldhuysen W., Stassen G. The internal model concept: an application to modeling human control of large ships//J.Hum.Fact. 1977. V. 4. P. 54-100.
296. Vince M.A. Corrective movements in a pursuit task//Quart.J.Exp.Psychol. 1948. V. 1. P. 85-103.
297. Vince M.A. The intermittency of control movements and the psychological refractory period//Brit.J.Psychol. 1948. V. 38. P. 149-157.
298. Vince M.A. Rapid response sequences and the psychological refractory period//Brit.J.Psychol. 1949. V. 40. P. 23-40.
299. Wallace S.A., Newell K.M. Visual control of discrete aiming movements//Quart.J.Exp.Psychol. 1983. V. 35A. P. 311-321.
300. Warrick M.J. Effect of transmission-type control lags on tracking accuracy. USAF AIR MAT. COM. TECH. REP. 1949. N 5916.
301. Welford A.T. The psychological refractory period and the timing of high speed performance — a review and a theory//Brit.J.Psychol. 1952. V. 43. P. 2-19.
302. Welford A.T. Evidence of a single-channel desicion mechanism limiting performance in a serial reaction task//Quart.J.Exp.Psychol. 1959. V. 11. P. 193-210.
303. Welford A.T. Single-channel operation in the brain//Acta Psychologica. 1967. V. 27. P. 5-22.
304. Welford AT. On the sequencing of action//Brain Research. 1974. V. 71. P. 381-392.
305. Wert P.H. The effect of inverted retinal stimulation upon spatially coordinated behavior//Genet.psychol.monog. 1930. V. 7. P. 117-363.
306. Wilson D.M. The central nervous control of flight in a locust//J.Exp.Biol. 1961. V. 38. P. 471-490.
307. Woodworth R.S. The accuracy of voluntary movement//Psychol.Rev. (Monogr.Supplement), 1899. V. 3. P. 1-114.
308. Worringham C.J., BeringerD.B. Operator orientation and compatibility in visual-motor task performance//Ergonomics. 1989. V. 32. P. 387-399.

309. Zelaznik H.N. The effects of force and direction uncertainty on choice reaction time In an Isometric-force production task//J.Mot.Behav. 1981. V. 13. P. 18-32.
310. Zelaznik H.N., Hawkins B., Kisselburgh L. Rapid visual feedback processing In single aiming movements//J.Mot.Behav. 1983. V. 15. P. 217-236.
311. Zelaznik H.N., Shaprio D.C., McColsky D. Effects of a secondary task on the accuracy of single aiming movements//J.Exp.Psychol.: Human percept, and perform. 1981. V. 7, P. 1007-1018.

Отзывы, замечания и предложения читателей, а также заявки на экземпляры повторного издания будут с благодарностью приняты автором и издательством по адресам, указанным ниже.

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

119905 Москва, Погодинская ул., 8, к. 428

*Тел.: 246-86-26   Факс: (095) 246-85-95*

Информационно-рекламно-издательская фирма "Тривола"

117593 Москва, Литовский бул., 9/7, к. 262.

*Тел./факс: 288-59-60   Тел: 427-14-22*

Фирма принимает заказы на размещение рекламы в издаваемых книгах по психологии, педагогике, экономике, информатике, а также предлагает "электронные" (компьютерные) версии издаваемых учебных пособий.

Гордеева Наталья Дмитриевна  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Главный редактор: *Полищукенко В. И.*  
Редакторы: *Орлова Ю.Л., Федорова Т.В.*  
Художник: *Медведев В. В.*  
Рисунки: *Белоховская М.С.*  
Компьютерная версия рисунков: *Спомир Н.Ю.*  
Компьютерная верстка: *Валуйских А.Н.*  
Ответственный за выпуск: *Карасеев А.В.*

Подписано к печати 20 июня 1995г.  
Формат 62 X 88 1/16. Бумага офсетная N 1. Гарнитура "Таймс".  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,25. Тираж 8000 экз. Зак. 2306

ЛР № 063352 от 16 мая 1994 г.

117593 Москва, Литовский бул., 9/7, к. 262. Тел. /факс: **288-59-60**

Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ  
140010 г. Люберцы Московской обл., Октябрьский просп., 403