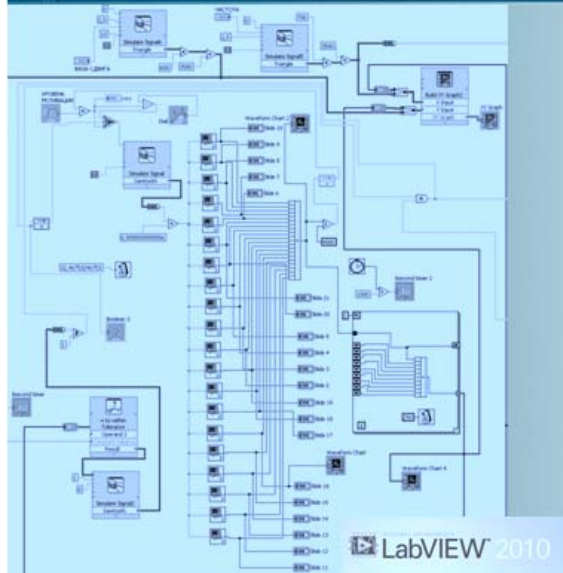


ЛЕОНИД БОБРОВНИКОВ

**ОСНОВЫ  
КВАНТОВОЙ СИНЕРГЕТИКИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Часть II

Москва  
2011



**Russian Academy of Natural Science**

**Department of Psychophysiology**

**L.V. Bobrovnikov**

**THE FOUNDATION OF THE FUNCTION  
SYSTEMES QUANTUM SYNERGISM  
(PART II)**

**Moscow 2011**

**Российская академия  
естественных наук**

**Отделение психофизиологии**

**Л.В. Бобровников**

**ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ СИНЕРГЕТИКИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
(ЧАСТЬ II)**

**Москва 2011**

**Российская академия естественных наук  
Отделение психофизиологии**

**Академия медико-технических наук  
Российской Федерации**

**Л.В. Бобровников**

**ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ СИНЕРГЕТИКИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ (ЧАСТЬ II)  
Москва 2011**

ББК 28.91

Рецензент: академик РАЕН, действительный член Академии медико-технических наук РФ, доктор медицинских наук, профессор ММА им.И.М.Сеченова, Ю.А.Фадеев

**Л.В.Бобровников. Основы квантовой синергетики функциональных систем (Часть II). – М.: Российская академия естественных наук, 2011. – 162 с.**

Предлагаемая вниманию читателей монография является продолжением вышедшей в 2008 году книги «Основы квантовой синергетики функциональных систем». Обе эти работы посвящены анализу явления системной специализации нейронов головного мозга, моделированию этого явления на основе современных компьютерных технологий и рассмотрению вопроса о перспективах построения с помощью таких моделей мозго-машинных интерфейсов. Во втором томе монографии представлены результаты разработки в среде программирования LabView 2010 объектно-ориентированных функциональных vi-систем. На основании данных мультипараметрического компьютерного анализа определяются наиболее важные приоритеты дальнейшего развития этого направления научно-технических исследований.

**ISBN 978-5-91506-026-4**

© Л.В.Бобровников, 2011

©Российская академия естественных наук

©Академия медико-технических наук РФ

## **Введение**

История о том, как падающее с дерева яблоко привело к открытию закона всемирного тяготения, до сих пор остается одной из самых выразительных метафор, символизирующих непредсказуемый характер развития науки, невозможность точного предвидения экстремальных моментов ее эволюционного роста.

Между тем, сам Ньютон, по воспоминаниям современников, не был склонен преувеличивать роль случая в сделанном им открытии [см. об этом у Brewster D., 1875; Rosenberger F., 1895]. Значительно более важным условием своего успеха он считал ту напряженную интеллектуальную работу, которая, судя по всему, не вполне осознанно была проделана им в период, предшествовавший моменту судьбоносного инсайта.

С этой точки зрения, «яблочная метафора» несет в себе значительно более глубокий смысл, охватывая своим содержанием не только сам момент падения, но и длительный период постепенного роста в саду орудия будущего озарения ученого. Можно сказать, что в завершающей своей фазе решение рассматриваемой Ньютоном научной проблемы вызревало у него на уровне подсознания параллельно с созреванием того самого яблока, падение которого на самом деле лишь способствовало трансляции уже полученного результата в форму, доступную вербальной объективизации. Нечто подобное можно найти в жизнеописаниях других выдающихся ученых, внесших неоспоримый вклад в становление современной системы естественнонаучного знания.

Но особенно отчетливо роль подсознательной составляющей научного творчества прослеживается в наши дни, когда над решением одних и тех же задач упорно бьются огромные коллективы талантливых исследователей. В этом случае «коллективное бессознательное» уже неизбежно начинает прорываться в реальную жизнь, не дожидаясь момента появления соответствующего знаково-

го события. В результате, возникает множество легко уловимых намеков, указывающих на неуклонное приближение кардинальных изменений в определенной сфере научной или научно-технической деятельности. Так было в период реализации атомного проекта, и при создании космической техники, и в преддверии эры всеобщей компьютеризации нашей планеты.

А сегодня очень похожая ситуация складывается в другой области - в области разработки мозго-компьютерных интерфейсов (brain-computer interface, BCI) - не существующих пока технических устройств, создание которых могло бы позволить людям одной лишь «силой мысли» управлять сложными электронно-вычислительными машинами. После многолетнего периода относительного затишья, ни с того, ни с сего, все вдруг как то сразу заговорили о возможных перспективах практической реализации подобных систем. Появилась масса статей, выступлений в СМИ и даже кинофильмов на эту тему. Наконец, известная во всем мире компания Intel открыто заявила о своих планах создания первых эффективных мозго-компьютерных интерфейсов уже в текущем десятилетии, а военное ведомство США приступило к активному финансированию именно этого сегмента программы DARPA.

Конечно, помимо труднообъяснимых причин субъективного характера, сегодняшний ажиотаж вокруг данной проблемы имеет под собой и ряд вполне объективных оснований. Самое главное из них, на наш взгляд, заключается в том, что к настоящему моменту впервые удалось довольно точно определить конкретные адреса, к которым должны быть направлены подключения будущего интерфейса.

С одной стороны, сегодня мы имеем детально разработанную, унифицированную конфигурацию построения компьютерных систем с уже устоявшимися традициями написания программ их работы, с общепринятыми протоколами передачи данных и т. п. С другой стороны, стало более-менее ясно, к каким именно мозговым структурам сле-

дует адресовать ответную часть такого рода соединения. Теперь уже не вызывает сомнений, что точками подключения будущего ВС-интерфейса должны выступать не какие-то особые зоны мозга, например, область Вернике или область Брока [Атлас ЦНС. 2004], а отдельные нейроны, обладающие характерным общим свойством - так называемым, свойством системоспецифичности.

Аналізу данного явления, его моделированию на основе современных компьютерных технологий, рассмотрению вопроса о перспективах построения с помощью таких моделей мозго-машинных интерфейсов и будет посвящено дальнейшее изложение.

### **МЫСЛЕСПЕЦИФИЧНЫЕ НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ (НЕЙРОГОМУНКУЛУСЫ)**

Нейроны головного мозга по праву считаются самыми сложными представителями мира специализированных клеток. И дело вовсе не в каких-то исключительных особенностях их внутренней структурно-функциональной организации. В сущности, она мало чем отличается от организации других типов клеточных элементов. Уникальным свойством, присущим нейронам и только им, является невероятная способность этих клеток продуцировать психическую (нематериальную) реальность. Никакие другие клеточные объекты подобным качеством не располагают. Именно благодаря работе нейронов головного мозга мы получаем возможность думать, читать, мечтать, говорить, запоминать огромные объемы всевозможной информации, решать сложнейшие задачи логической и когнитивной направленности. Но вот как они все это делают, до сих пор остается не ясным.

В настоящее время уверенно можно утверждать лишь то, что для построения любой из перечисленных выше психических функций необходимо наличие не только нейронов как таковых, но и существование достаточно

сложной формы их организации в рамках многокомпонентных, согласованно работающих групп. Примитивно устроенные нервные системы, хотя и состоят из точно таких же клеток, как наш мозг, тем не менее, не обладают способностью к «психогенерирующей» деятельности.

Долгое время общепринятым оставалось и другое центральное положение этого ряда. Вплоть до начала 1980-х годов вполне обоснованной считалась точка зрения о микро функциональном характере распределения «обязанностей» среди нервных клеток, образующих каждую такую «мыслепродуцирующую» группу. Казалось совершенно очевидным, что ни один из сотен тысяч нейронов, работающих в ее составе, сам по себе не может являться ответственным за решение всей этой задачи в целом. Он способен выступать лишь в роли исполнителя очень небольшого ее микро фрагмента, выполняя, например, функцию детектора [Hubel D., Wiesel T., 1959], порогового элемента [McCulloch W., Pitts W., 1943], сумматора [Eccles J., 1957], переключателя [Вулдридж Д., 1965] и т. п.

Однако правомерность последнего вывода не вызвала сомнений лишь до тех пор, пока в распоряжении нейрофизиологов не появились эффективные методы регистрации нейронной активности в естественных условиях свободного поведения. Уже самые первые проведенные в этом направлении исследования дали совершенно неожиданные результаты. Оказалось, что на уровне разных структур головного мозга на самом деле имеется огромное количество нейронов, каждый из которых «озадачен» и «озабочен» решением именно глобальных задач организменного уровня, а не отдельных их микро фрагментов. Как выяснилось, по набору выполняемых функций наши нервные клетки оказываются столь же высокоинтеллектуальными существами, что и мы сами.

Здесь неизбежно напрашивается аналогия с предложенной еще в середине века гипотезой внутримозговых гомункулусов - маленьких зеленых человечков, обитающих



в мозге и ответственных за решение человеком различных жизненно важных для него проблем. Действительно, как ни парадоксально, но по результатам современных микроэлектродных исследований выходит, что в мозге действительно существуют своего рода **нейрогомункулусы**, которые явно не вписываются в традиционную систему представлений о нейронах как рядовых исполнителях «микрофрагментов» целостных деятельности организма.

Проиллюстрировать этот нейрофизиологический феномен можно довольно популярным сегодня в Internet-среде видеороликом (см. на DVD-R //Video-Simp.wmv). Здесь представлен нейрон, озабоченный судьбой персонажей известного мультсериала (фильм про семью Симпсонов).

В ходе эксперимента происходит следующее. Испытуемому (человеку) показывают разные видеосюжеты. Самые разные. При этом регистрируют активность одной из клеток подкорковых структур его головного мозга.

Движущийся на экране курсор отмечает момент активности отдельного нейрона (в верхней части рисунка) и суммарную импульсную активность этого же нейрона на соответствующем этапе опыта (внизу рисунка). Кроме того, когда нейрон разряжается, слышен характерный щелчок. В одни периоды таких щелчков мало, а в другие - они звучат часто. Таким образом, на основании зрительно-слуховых оценок можно непрерывно отслеживать активность регистрируемого нейрона, сопоставляя моменты ее изменения с тем, что происходит на экране монитора.

Эксперимент состоит из двух частей. Вначале, испытуемому показывают разные объекты и смотрят: на что именно активируется регистрируемый нейрон. А дальше, после окончания первой («просмотровой») серии эксперимента, испытуемого просят вспомнить то, что он перед этим видел. Здесь уже специальных внешних стимулов нет. Есть только субъективный опыт, который он извлекает из памяти, припоминая, что было некоторое время назад. И все это

– на фоне непрекращающейся регистрации активности того же самого нейрона.

Происходящее не требует особых комментариев. Хорошо видно, что до предъявления испытуемому сюжета про Симпсонов, любые, в том числе и эмоционально насыщенные информационные послы не меняют фоновой разрядной деятельности регистрируемой нервной клетки. Сильнейшая её активация наблюдается только тогда, когда на экране появляется та самая группа мультипликационных персонажей.

Для того, чтобы убедиться в «мыслеспецифичном» характере перестроек нейронной активности, авторы проводят вторую серию опыта, в рамках которой испытуемому предлагается мысленно повторить (вспомнить) ряд ранее показываемых ему сюжетов. Хорошо видно, что при этом в активности того же самого нейрона наблюдается аналогичная форма его импульсных разрядов.

Приведенный выше пример, на наш взгляд, может служить хорошей иллюстрацией не только явления поведенческой специализации нервных клеток. Он позволяет понять: почему нейрофизиологи-профессионалы продолжают довольно осторожно относиться к результатам подобных исследований. Совершенно очевидно, что при проведении рассмотренного выше теста были нарушены едва ли не все основные правила «объективного опыта изучения высшей нервной деятельности» и, прежде всего, условие строгого контроля всех факторов, способных влиять на динамику изменения нейронной активности.

В этом отношении не только конкретно рассматриваемый случай, но и любые другие микроэлектродные исследования, проводимые на людях, чреваты неизбежными артефактами.

Действительно, человек, как видно даже из самого видео ролика, способен менять активность отдельных нервных клеток одной лишь «силой своей мысли». Это значит, что и произвольные его воспоминания о чем-то так-

же могут приводить к аналогичным последствиям. При наличии в нашей памяти сложнейшей системы ассоциативных связей это неизбежно порождает практически полную невозможность объективного контроля эндогенно детерминированных стимульных воздействий-воспоминаний.

Обращает на себя внимание и крайне ограниченный перечень сюжетов, предъявляемых испытуемому. Неизбежно возникает вопрос: а сохранится ли избирательность системной «озадаченности» регистрируемой клетки, если число предъявляемых видеосюжетов увеличить до ста или, например, до тысячи? Непонятно и то, насколько устойчивой является обнаруженная экспериментаторами связь нейронной активности с определенным набором информационных посылов. Усиливается ли она с течением времени или, наоборот, ослабевает? Почему при тестировании использовался только один фрагмент, записанный в формате мультфильма? Ведь не исключено, что активность данного нейрона связана не с содержанием, а всего лишь с формой подачи видео материала.

Одним словом, ни о какой репрезентативности получаемых таким образом данных говорить не приходится.

Впрочем, все эти моменты учитывались при проведении уже самых первых экспериментальных исследований, посвященных изучению явления системной специализации нервных клеток. Именно поэтому, для того, чтобы выяснить действительно ли паттерны разрядной активности системоспецифичных нейронов детерминированы смысловым содержанием (лучше сказать, «целевым наполнением») решаемой задачи, в 1980 году нами была разработана специальная экспериментальная модель.

В основу ее была положена идея проведения сравнительного анализа разрядной активности одной и той же группы нервных клеток, последовательно регистрируемых в ходе развертывания многократно выполняемых подопытным животным идентичных инструментальных действий, направленных на достижение кардинально разных целей. В

этом случае возникает возможность в рамках уже простой однофакторной схемы анализа установить различные формы влияния целевой компоненты действия (т.е., **для чего** именно оно выполняется) на построение элементарных нейрофизиологических функций организма.

Эксперименты проводили на кроликах, обученных нажимать передними лапами на площадку специальной педали для получения пищи и устранения сильного болевого раздражения. Все детали этих опытов, а также полученные в ходе их выполнения результаты, подробно рассмотрены в двух предыдущих монографиях [Бобровников Л., 2005. С.106-124; 2008. С.34-47].

Здесь же стоит дать лишь основное заключение, которое вытекает из анализа полученных нами данных.

**Смысловое содержание решаемой задачи действительно является важнейшей детерминантой разрядной деятельности отдельных нервных клеток. Наблюдая за активностью системоспецифичных нейронов мозга, мы действительно можем безошибочно сказать «для чего» (с какой целью) выполняется то или иное стереотипное действие, которое по своим внешним проявлениям ничем не выделяется среди других.**

Нет необходимости доказывать, что этот вывод имеет исключительно важное значение для решения проблемы разработки эффективных мозго-машинных интерфейсов.

В качестве иллюстрации явления системоспецифичности нервных клеток можно привести следующий пример. На рис.1 представлен нейрон, активность которого характеризуется наличием одной фазы активации в рамках стереотипного инструментального акта во время реализации как оборонительного, так и пищедобывательного поведения. Однако её возникновение приурочено к разным моментам.

В оборонительном поведении (А) резкое возрастание частоты разрядов данной клетки от  $0,5 \pm 0,22$  имп/сек до  $4,2 \pm 0,73$  имп/сек наблюдалось за 500 мс до момента нажатия животного на педаль. В пищедобывательных же

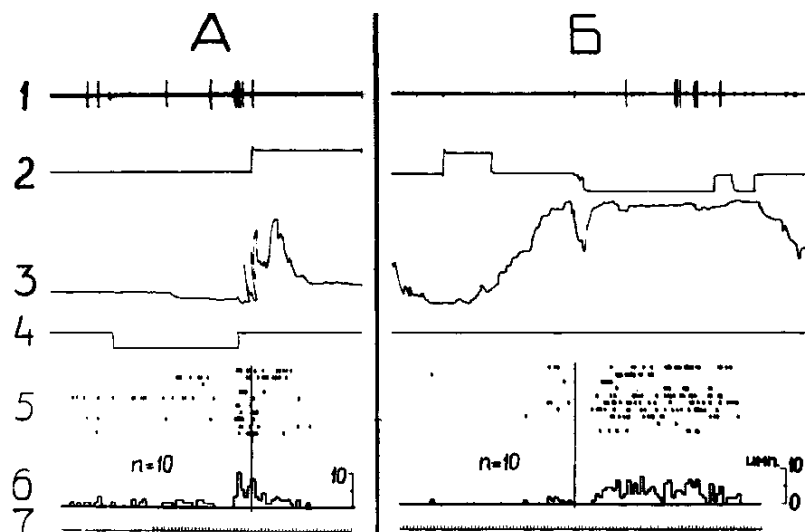


Рис.1. Различный паттерн разрядной активности системоспецифичного нейрона в оборонительных (А) и пищедобывательных (Б) инструментальных актах, идентичных по способу достижения результата. 1- нейрограмма; 2- отметки нажатия на педаль (отклонение кривой вверх) и взятия пищи из кормушки (вниз); 3- актограмма перемещений животного по камере; 4- звуковой оборонительный сигнал (отклонение кривой вниз от изолинии); 5- растры и 6- гistogramмы нейронной активности, построенные от момента нажатия на педаль (А) и от момента опускания кроликом морды в кормушку (Б). Каждой точке соответствует один потенциал действия. Ширина канала на гistogramме - 100 мс; 7- отметка времени 100 мс.

актах такая активация отсутствовала. Частота разрядов в этом случае составляла  $1,5 \pm 1,3$  имп/сек до нажатия и  $1,0 \pm 0,5$  имп/сек после. Вместе с тем, отмечалось возрастание частоты импульсации с  $0,4 \pm 0,22$  имп/с до  $3,5 \pm 0,68$  имп/с в период взятия животным пищи из кормушки.

## **Основные свойства системоспецифичных нейронов мозга**

Суть явления поведенческой (системной) специализации нейронов достаточно точно раскрывает само его название. Из него ясно, что речь идет об особых группах нервных клеток, согласованная активность которых обеспечивает решение тех или иных жизненно важных задач организменного уровня. Соответственно, объективизировать такие нейроны можно по наличию в их разрядной активности характерных фазных повышений частоты импульсации, приуроченных к определенным событиям, возникающим в процессе адаптивного взаимодействия организма с окружающей его средой.

К числу наиболее ярко выраженных общих свойств системоспецифичных нейронов можно отнести следующее.

Очень высокие уровни стабильности возникновения у таких клеток фазных перестроек импульсации. Как показали результаты многочисленных контрольных экспериментов, структура разрядной активности сохраняется у них даже при значительных изменениях некоторых основных условий реализации целенаправленного поведения.

Более того, характерный паттерн импульсации не меняется и в условиях резкого повышения средней частоты генерации нервными клетками потенциалов действия, вызванного возбуждающими нейромедиаторами. Несомненный интерес представляет и тот факт, что степень выраженности явления поведенческой специализации нейронов не зависит от уровня лежащей в основе поведения биологической мотивации.

На основе вероятностно-статистического анализа было установлено, что клетки, обладающие сходными типами поведенческой специализации, на самом деле, являются компонентами одной и той же системы, в рамках которой активность всех ее составляющих характеризуется

очень высоким уровнем временной синхронизации. Узловыми моментами проявления такого рода синхронизации, как правило, выступают определенные события организменного уровня, связанные с достижением животным этапных или конечных результатов. При этом любые формы поведения млекопитающих характеризуется колоссальной избыточностью вовлеченных в процесс своего обеспечения нервных клеток, число которых при формировании даже простейших действий может достигать невероятно больших величин.

У значительного числа нервных клеток указанные перестройки носят выраженный предрезультатный характер. Т.е. по моменту своего возникновения они не следуют, а предшествуют событию, с которым связано их появление. Учитывая это обстоятельство, одним из основных методов исследования их активности становится метод построения и анализа не постстимульных, а предрезультатных растров и гистограмм.

Степень выраженности явления системной специализации, несмотря на аномально высокую стабильность, для разных нейронов одной и той же функциональной системы существенно различна. Значительные изменения этого параметра отмечаются и в ходе последовательной реализации стереотипных инструментальных действий.

Анализ динамики соответствующих показателей позволяет сделать вывод о градуальном характере процесса вовлечения нервных клеток в состав любой функциональной системы. Это означает, что в рамках одной и той же интеграции всегда существуют менее и более глубоко вовлеченные в ее состав элементы. Причем в ходе реализации последовательности целенаправленных действий этот параметр может непредсказуемым образом меняться. Направленная динамика его изменения наблюдается лишь в процессе формирования нового поведенческого акта.

Обоснованность приведенных выше выводов в настоящее время полностью подтверждается результатами

многочисленных исследований. Вместе с тем, полученные за последние годы данные так и не позволили получить ответа на главный вопрос – вопрос о механизмах формирования подобных паттернов нейронной активности.

Помимо невероятной осведомленности относительно событий, происходящих на организменном уровне, нейрогемангулы обладают и целым рядом других непонятных свойств. Прежде всего, это труднообъяснимая с позиций современной нейрофизиологии их способность к согласованной работе. До сих пор остается не ясным, каким образом, лежащие в разных структурах мозга на значительном расстоянии друг от друга нервные клетки, в определенные периоды времени начинают вдруг работать как единое целое. Ведь, если соотнести размеры таких клеток (10 микрон) с расстоянием между ними в мозге (до 100 и более миллиметров), то это можно сравнить с синхронной работой огромного коллектива людей, находящихся на территории в несколько квадратных километров.

По-прежнему не понятно, что именно вынуждает тот или иной нейрон включаться в процесс коллективной деятельности, которая возникает у очень небольшого в процентном отношении числа клеток центральной нервной системы? Как согласованная активность этой функционально подвижной («лабильной») группы нейронов трансформируется в целенаправленное поведение организма?

Аномальная синхронность; аномальная стабильность; аномальная осведомленность, относительно событий, происходящих на поведенческом уровне, и, наконец, предрезультатный характер активности. Объяснить все это с позиций основных положений современной нейрофизиологии не представляется возможным. А между тем, речь идет об универсальной нейрофизиологической закономерности, которая проявляется в условиях, максимально приближенных к естественным. Уже одно это обстоятельство заставляет обратить на данный феномен особое внимание.



## **КОНЦЕПЦИЯ НЕЙРОСИНЕРГИЗМА**

Итак, каким образом могут возникать нейронные системы, элементы которых обладают поистине фантастическим набором перечисленных выше свойств?

Поиск ответа на этот вопрос неизбежно приводит к заключению, что процесс формирования такого рода нейронных интеграций в принципе не может быть реализован на основе механизма эстафетного распространения в мозге волн нервного возбуждения. Имеются в виду общепринятые в современной нейрофизиологии представления о существовании в нервной ткани, так называемых, «эффективных» синаптических контактов, через которые одни (пресинаптические) нейроны своими биоэлектрическими разрядами возбуждают другие (постсинаптические) клетки.

Анализ нейрофизиологической феноменологии свободного поведения показывает, что в данном случае мы сталкиваемся с совершенно иным принципом организации многокомпонентных нейронных систем. Главным здесь является то, что вопрос о вхождении или не вхождении в состав такой системы решается самими ее будущими элементами. Не возбуждающие воздействия со стороны командных центров и не эффективные синапсы, через которые эти возбуждения вторгаются в работу исполнительных элементов. Все уровни каждой такой нейронной интеграции строятся из функционально активных клеток, возбуждать которые для выполнения ими их специализированных функций нет никакой необходимости. Они и без того уже активны.

С этих позиций объединение нейронов в рамках той или иной функциональной системы означает развитие процесса организации постоянно присутствующей у них активности, а не организацию процесса её возникновения. Но вот как именно это происходит? Ключевым моментом ответа на этот вопрос является рассмотрение следующей принципиально важной альтернативы.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ИЛИ САМООРГАНИЗАЦИЯ**

Еще в детстве каждый человек постигает простую житейскую мудрость: для того, чтобы некое неорганизованное множество предметов привести в организованное состояние, необходимо произвести с ними ряд специальных действий. Например, из кучи валяющихся на полу кубиков можно сложить домик. Но сам по себе этот домик не появится. И кубики сами не станут карабкаться друг на друга, образуя в итоге правильную геометрическую форму. Это может сделать только тот, у кого в голове есть некий план, определенная программа сборки этих самых кубиков в будущую конструкцию. Мысль простая и всеохватывающая.

Идея приоритета механизма программной сборки «всего и вся» изначально заложена в рамках даже тех направлений системных исследований, авторы которых позиционируют их как теории формирования самоорганизующихся систем.

Не составляет в этом плане исключения и концепция П.К.Анохина. Как известно, её современная интерпретация также основывается на идее направляющей и руководящей роли извлекаемой из памяти модели будущего результата в организации всех системных процессов [Анохин П.К., 1968] (рис.2). И такая трактовка имеет право быть.

Однако, возможна ли ситуация, когда достаточно сложные многокомпонентные системы самоорганизуются сами по себе, т.е. вообще без каких-либо конкретных программ их сборки?

На первый взгляд, такое бывает только в сказках. Это все равно, что представить себе, как работница часового завода осуществляет сборку часов, насыпая кучку деталей будущего прецизионного механизма на сковородку и ставя ее затем в духовку газовой плиты.

Понятно, что таким способом можно привести в негодность уже готовый механизм, но никак не собрать новый.

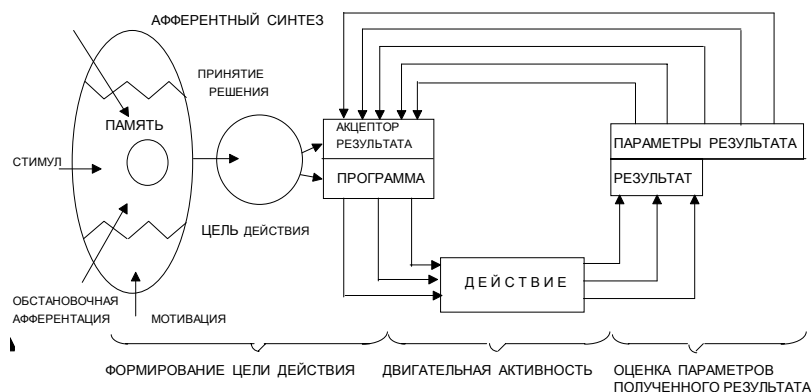


Рис.2. Последовательные стадии формирования функциональной системы по Анохину П.К. [1968].

Эти очевидные для каждого соображения получают свое подтверждение и в рамках строго научного подхода.

Действительно, согласно второму началу термодинамики все объекты окружающего нас мира независимо от их происхождения находятся под постоянным давлением закона самопроизвольного распада - закона спонтанного перехода любой системы из ее организованного состояния в сторону все большей и большей дезинтеграции. С этих позиций всеобщей проблемой является даже не самоорганизация, а простое сохранение целостности систем в мире, где всё самопроизвольно разваливается и «трещит по швам».

Однако, как ни странно, но взгляд на эту вроде бы безнадежную ситуацию кардинальным образом меняется, когда мы переходим на микровременной уровень рассмотрения тех же самых систем. Да, второе начало термодинамики действительно было и остается краеугольным камнем современной физики. Оно совершенно точно определяет макроскопический тренд существования любой многокомпонентной системы. Но вот в рамках микровременных интервалов возникает совершенно иная картина.

В качестве примера рассмотрим поведение идеального газа, находящегося внутри, так называемого, термодинамического ящика. Как известно, газ называется идеальным, если он разряжен настолько, что взаимодействием между молекулами можно пренебречь. Таким образом, любая его молекула большую часть времени движется как свободная частица, на которую не оказывают влияния другие молекулы или стенки сосуда. Взаимодействие между ними случаются лишь изредка. Кроме того, предположим, что вся система была изолирована, т.е. она долгое время оставалась невозмущенной. И, наконец, чтобы еще больше упростить ситуацию, не нарушая ее смысловой сути, представим себе, что внутри ящика находятся всего 4 совершенно одинаковые молекулы, каждая из которых, при этом, имеет свой индивидуальный порядковый номер. Как эти молекулы распределяются внутри объема, если его мысленно разделить на две равные части?

При решении данной задачи в качестве исходной посылки можно взять утверждение о равной вероятности нахождения каждой из молекул в левой и правой частях объема. Действительно, никаких оснований считать, что лево- или право- дает какие-то преференции нахождения в них у нас нет. Что же получается в результате принятия этого совершенно очевидного предположения?

Ответ ясен. Мы придём к заключению о равновероятном же распределении пронумерованных молекул в составе 16-ти приведенных на рис.3 групп. Т.е., если взять, например, микрочастицу под номером «2» и посчитать в каком числе приведенных на рисунке картинок она присутствует в правой, а в каком – в левой половине объема, то результат будет 8-8 (50%). И так для каждой из пронумерованных четырех молекул. Какого-то 17-ого варианта их распределения здесь быть уже не может.

Однако если вспомнить, что речь идет о совершенно одинаковых микрочастицах, и что свойства системы как целого (плотность распределения вещества, давление, вес,

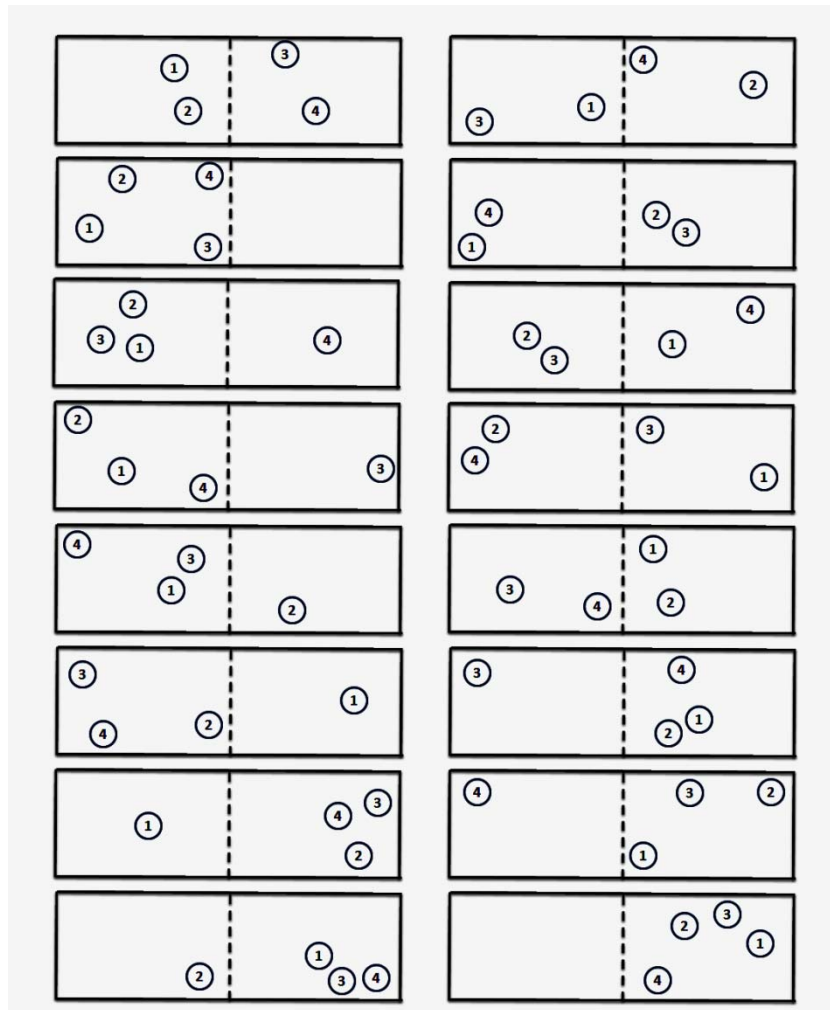


Рис.3. Возможные конфигурации распределения четырех пронумерованных микрочастиц в объеме термодинамического ящика. Подробное пояснение в тексте.

температура и, наконец, энтропия) определяются исключительно их количеством, а не номерами, то картина начинает выглядеть уже совершенно иным образом. Исходная гипотеза равной вероятности при переходе от нумерологической формы распределения молекул к статистической начинает указывать на самопроизвольное возникновение четко выраженных предпочтений (предпочтений) в состояниях данной системы.

Число возможных вариантов распределения микро-частиц внутри объема сократится в этом случае с 16-ти до 5-ти (рис.4). Но вероятность самопроизвольного их возникновения станет уже существенно различной.

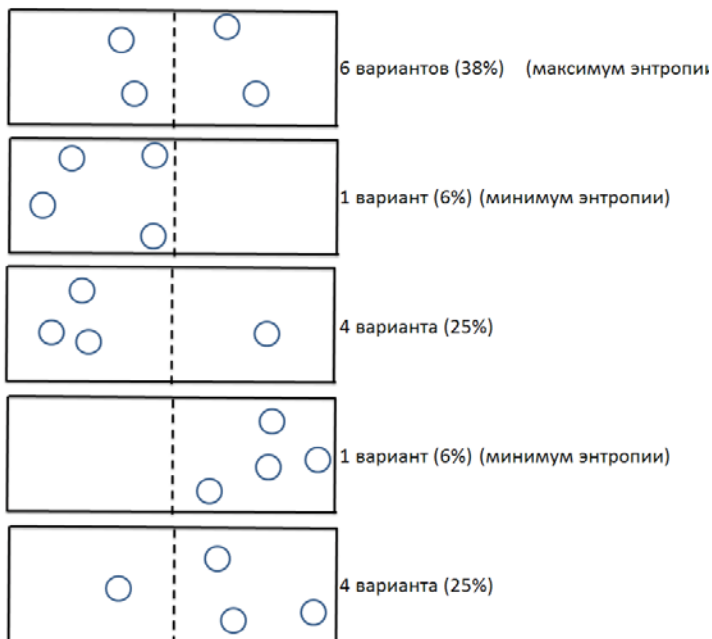


Рис.4. Изменение условия равновероятности возникновения разных поэлементных конфигураций системы при переходе от нумерологической формы ее описания к вероятностно-статистической.

Степень выраженности данного явления стремительно возрастает при увеличении числа молекул, образующих данную систему (рис.5). Но даже в этом случае (очень важный момент!!!) существование такой многокомпонентной системы неразрывно связано с непрерывными флуктуациями всех её макроскопических параметров.

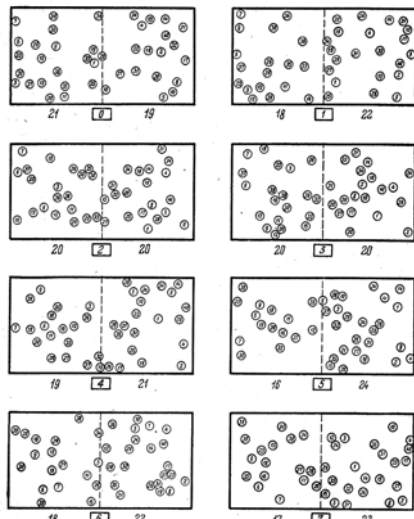


Рис.5. Динамика распределения большого числа молекул в объеме ящика

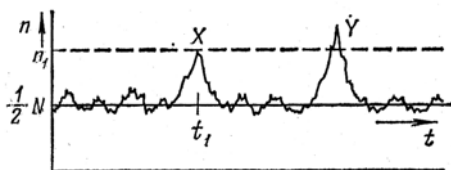


Рис.6. Спонтанные возникновения низкоэнтропийных состояний системы

Это заключение в полной мере относится и к показателю, который называется «энтропия системы». Вычисляется он очень просто. А именно, как логарифм числа возможных нумерологических вариантов получения одного и того же (уже лишённого нумерации) распределения элементов.

Наличие флуктуаций этого параметра свидетельствует о возможности самопроизвольного перехода системы из низкоорганизованных состояний в высокоорганизованные (рис.6).

Если речь идет о значительных величинах снижения уровня энтропии, то в рамках многокомпонентных систем ждать такого события придется очень долго. Другое дело, если история появления на свет такой системы не сводится к её спонтанной агрегации из множества независимых молекул, а изначально имеет-

ся некая частица-прабабушка, из которой путем ее многократного деления на все более и более мелкие осколки возникает многокомпонентная система. Причем, каждый её осколочек помнит о низкоэнтропийных приключениях своей прабабушки. Помнит – и изредка старается воспользоваться этой памятью. Тогда вероятность достижения радикальных уровней самоорганизации становится реальностью даже для систем с огромным числом компонентов. Но об этом позже.

А пока, на основании вышесказанного можно сделать следующий принципиально важный вывод.

**Никакой проблемы самоорганизации систем на самом деле нет. Процессы самоорганизации являются столь же неотъемлемым атрибутом существования любых многокомпонентных образований, как и непрерывно идущие процессы их самопроизвольного распада. Проблема механизмов самоорганизации – это не проблема возникновения высокоорганизованных (низкоэнтропийных) состояний системы, а проблема их закрепления, проблема расширения интервалов времени их существования. Важно подчеркнуть, что в данном случае речь идет о не программных процессах самоорганизации, т. е. о процессах, присущих именно самим элементам системы как таковым.**

В физическом мире такое закрепление может возникнуть в результате фазового перехода вещества, например, когда вода превращается в снежинку с уникальной по своей топологии формой. Другой случай – это так называемые химические часы. Здесь решающую роль начинают играть кольцевые химические превращения.

В плане дальнейшего развития этих представлений в 2008 году нами была выдвинута гипотеза о том, что в качестве одного из возможных механизмов закрепления низкоэнтропийных флуктуаций функциональных систем может выступать способность их элементов к оперантной детерминации своей индивидуальной активности.



## **Исходная модель генератора функциональных систем**

Для иллюстрации этой идеи была предложена следующая простая электромеханическая модель (рис.7). Здесь представлена схема гипотетического устройства, состоящего из большой группы взаимосвязанных между собой соленоидов 1. Каждый из них представляет собой катушку индуктивности, внутри которой может свободно перемещаться металлический сердечник 2. Все они жестко прикреплены к общему основанию 3.

Подача на любой из соленоидов электрического импульса от генератора 10 приводит к втягиванию сердечника 2 в катушку 1. В результате, шток 4 сдвигается внутри втулки 5. Соответственно, пружина 6, прикрепленная к стене камеры 7, растягивается, и вся система перемещается на небольшое расстояние ( $\Delta X$ ) в сторону кнопки звонка 8. Одновременное поступление нескольких совпадающих по времени импульсов, естественно, вызывает более значительное перемещение штока 4 во втулке 5 по направлению к "цели".

После прохождения каждого электрического сигнала (или их совокупности) пружина 6 возвращает всю систему в исходное положение. Блок 9 гасит возникновение возможных колебаний.

Кроме того, каждый элемент рассмотренного выше устройства снабжен индивидуальным сенсорным датчиком 14, позволяющим ему отслеживать амплитуду перемещения сердечника соленоида непосредственно в период подачи на него электрического импульса. Причем, датчик регистрирует амплитуду движения, происходящего именно в микро интервалах времени, соответствующих сигналам, поступающим только от индивидуального генератора данного соленоида.

Графически регистрируемый датчиком 14 сигнал будет начинаться с нулевого уровня, независимо от

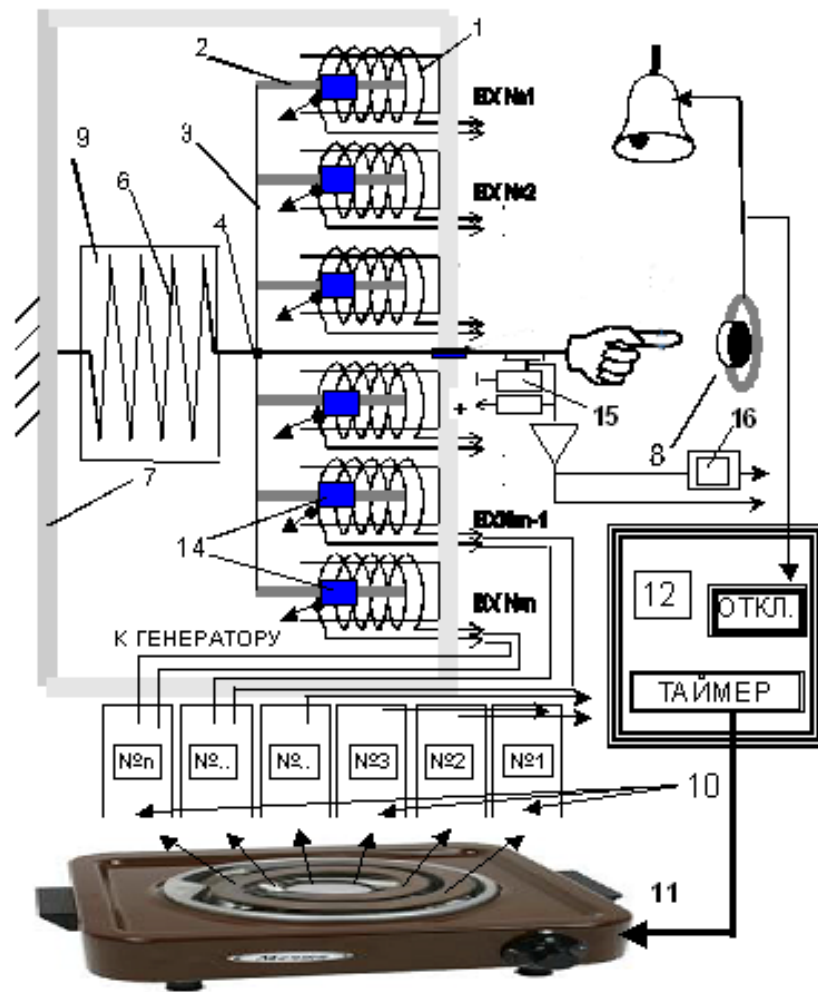


Рис.7. Гипотетическая модель генератора функциональных систем. Пояснение в тексте.

текущего состояния всей системы в целом (длина ее общего растяжения регистрируется потенциометрическим датчиком 15 и дифференцирующим устройством 16).

Электронагревательное устройство 11 позволяет оказывать на рассматриваемую систему генерализованное влияние в виде повышения средней частоты генерации случайного потока импульсов в разных каналах системы. Нажатием на кнопку звонка это устройство отключается. Через полчаса таймер 12 запускает следующий цикл работы и т.д.

В подавляющем большинстве случаев блок независимо работающих генераторов 10 будет порождать возникновение независимых же механических откликов системы (либо полное их отсутствие). Лишь изредка здесь можно наблюдать возникновение высоко амплитудных перемещений исполнительного устройства, обусловленных случайным совпадением во времени нескольких импульсов.

Однако рассмотрим следующую ситуацию. Пусть работа каждого из генераторов, управляющих определенным соленоидом, осуществляется так, что вероятность повторной генерации импульсов с какого-то момента времени начнет зависеть от величины двигательного отклика данного соленоида на предыдущий импульс. В случае его увеличения, прямо пропорционально будет возрастать и вероятность генерации нового импульса. Как изменится работа системы в этом случае?

При низкой частоте следования сигналов (начальная стадия «терморазогрева») она будет незначительно отличаться от рассмотренного выше режима. Увеличится лишь амплитуда отдельных высоко амплитудных реакций. Однако при дальнейшем возрастании частоты генерации импульсов (при возрастании температуры «подогрева» блока генераторов) возникает качественно иная ситуация.

В какой-то момент случайное совпадение сигналов вызовет возникновение лавинообразного процесса синхронизации работы блока соленоидов. Причем, с каждым пе-

риодом число вовлекаемых в этот процесс исполнительных элементов будет неуклонно возрастать, вызывая более или менее плавное движение штока 4 вперед по направлению к кнопке 8. Закончится это тем, что палец коснется кнопки, в результате чего терморазогревающее устройство 11 будет отключено.

Таким образом, в данном случае рассматриваемая система в целом обладает способностью переходить в режим согласованной активности, несмотря на то, что никакой синхронизации работы генераторов на «генераторном уровне» в данном случае не производится. Более того, для этого не требуется никаких заранее формируемых программ предстоящего действия, моделей потребного будущего или аппаратов АД.

Процесс самоорганизации системы в данном случае инициируется «снизу», со стороны самих ее элементов, не обладающих никакими способностями к программированию коллективной деятельности, формированию «модели потребного будущего» и т. п. Происходит автоматическая самонастройка системы. Но выглядит это так, как будь-то с надкомпонентного уровня на строго определенные элементы оказывается пространственно-структурированное избирательное тепловое воздействие.

На основе проведенного математического анализа работы рассмотренной выше модели в 2008 году был сформулирован следующий ряд основных постулатов, определяющих процессы формирования любых подобных систем.

**Принцип I.** Источником синергетических форм системной организации выступают не «управляющие», а исполнительные элементы (операнты), особенностью которых является зависимость создаваемого ими индивидуального двигательного эффекта от текущей однонаправленной активности других элементов системы.

**Принцип II.** Каждый оперант обладает спонтанной импульсацией, возникновение которой не обусловлено действием тех или иных внешних или внутренних факторов. И те, и другие могут выступать лишь в роли модуляторов их фоновой активности.

**Принцип III.** Возникновение высокоорганизованных состояний системы, также не является следствием влияния каких-либо особых, надкомпонентных, детерминирующих их появление переменных. Переход системы из состояния, характеризующегося максимальной хаотичностью к высокоорганизованному состоянию в определенные, заранее непредсказуемые моменты времени может происходить самопроизвольно.

**Принцип IV.** Основным механизмом вовлечения любого операнта в состав функциональной системы является механизм его самоидентификации как элемента данной системы по аномально высокому индивидуальному эффекторному выходу, возникающему в ответ на стандартный квант его действия.

**Принцип V.** В основе процесса самоорганизации (самосборки) любой функциональной системы лежит процесс реорганизации паттерна импульсной (квантовой) активности оперантов: изменения вероятности генерации ими квантов действия в случае любого спонтанного возникновения аномально высоких индивидуальных двигательных эффектов.

Однако, круг вопросов, касающихся конкретных параметров работы системы в режиме оперантной детерминации и особенностей динамики изменения ее активности в такие периоды времени, в монографии 2008 года почти не затрагивался. И это не случайно. С помощью одного лишь математического анализа сделать это очень сложно. Многофакторный характер организации подобных процессов неизбежно предполагает использование при их рассмотрении каких-то принципиально иных подходов.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW (MODEL-01.vi)**

### **Введение**

Не только рассмотренная выше модель, но и любые другие системы, элементы которых обладают способностью к взаимодействию на достижение общего результата, являются чрезвычайно сложными объектами экспериментального и теоретического исследования. Причина этого кроется в особенностях организации комплекса их внутренних функциональных взаимосвязей - комплекса, в рамках которого изменение одного из его параметров непредсказуемым образом может влиять на динамику изменения множества других переменных.

В этом случае едва ли не единственным эффективным подходом к решению исследовательских задач становится методология объектно-ориентированного моделирования подобных систем с последующим изучением их свойств на основе специальных приемов мультипараметрического компьютерного анализа.

Особого внимания в этом плане заслуживает разработанный фирмой National Instruments (США) набор программ под общим названием LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workshop). Возможность исследования с его помощью любых, даже самых сложных объектов окружающего нас мира, делает сегодня выбор именно этого программного продукта, практически, безальтернативным.

В настоящей монографии, естественно, не ставилась задача обучения читателя основам работы в этой среде программирования. Но для тех, кто планирует проводить эксперименты с представленными в книге моделями, не вдаваясь в подробности их разработки, все же стоит сказать несколько слов об этом замечательном творении наших американских коллег.

Итак, каждая программа LabVIEW представляет собой, так называемый, виртуальный прибор (ВП), то есть программный аналог определенного, реально существующего или воображаемого устройства, состоящий из двух взаимосвязанных частей. Первая часть, лицевая панель («Control Panel») описывает внешний вид ВП и содержит различные средства ввода и вывода информации.

Вторая часть, блок-схема («Block Diagram»), описывает алгоритм работы ВП. Каждый ВП, в свою очередь, может использовать в качестве составных частей другие ВП, подобно тому, как любая программа, написанная на языке высокого уровня, использует свои подпрограммы. Эти ВП нижнего уровня называются субВП. К их числу относятся и встроенные субВП, выполняющие предопределенные разработчиками LabView операции.

Данные между функциональными узлами передаются при помощи связей, которые изображены на блок-схеме разноцветными линиями различной толщины, в зависимости от типа распространяющихся по ним сигналов.

Любой ВП - это только модель тех элементов реального прибора или установки, которые реализованы в виде программы. Для того чтобы ВП можно было использовать как реальный заменитель конкретного генератора, осциллографа или центра управления лабораторной установкой, необходимо осуществить связь между объектом физического мира и программой ВП. Эта связь осуществляется при помощи специализированных технических средств, образующих в итоге комплекс устройств связи с объектом. Соответственно, ВП должен иметь выход на программный драйвер, которая обслуживает такое внешнее устройство.

**Прим.** Все представленные в данной книге программы первоначально были разработаны в LabView 7.1. Однако, после выхода в 2010 году новой, более совершенной версии этой программы, они были переделаны. Соответственно, на прилагаемом к книге лазерном диске даны версии приборов в среде LabView 2010.

## **Общие принципы**

Основным функциональным элементом всех представленных в монографии моделей, в том числе и той, о которой пойдет сейчас речь, является генератор случайной последовательности стандартных импульсов с изменяемой вероятностью их возникновения. Поскольку наблюдаемые при этом сигналы, подобно биоэлектрическим разрядам нервной клетки имеют одинаковую амплитуду, одинаковую длительность, но разный паттерн распределения межимпульсных интервалов, для краткости в дальнейшем будем называть их «потенциалами действия». Уровень вероятности их генерации регулируется подачей специального сигнала на управляющий вход Random-генератора (рис.8). Осуществляется это через контур положительной обратной связи, идущий с выхода сумматора 2 на формирователь управляющих сигналов 3. В результате, в момент генерации каждого очередного потенциала действия, в соответствующем канале устройства происходит оценка амплитуды появляющегося на выходе сумматора ответа. И в зависимости от его величины вырабатывается сигнал повышения вероятности генерации ряда последующих потенциалов действия – сигнал, величина которого прямо пропорциональна амплитуде суммарного отклика системы.

Процесс этот носит строго избирательный характер и охватывает только те группы элементов, которые в соответствующий момент времени обеспечили своей активностью аномально большой (суммарный) выходной сигнал. Такого рода избирательность «положительного подкрепления» элементов, стремящихся к синхронизации своей активности, как раз и определяется работой формирователей управляющих сигналов (рис.8.3).

Наряду с этим, в рассматриваемой системе предусмотрена и принципиально иная возможность управления уровнем вероятности, а именно путем неизбирательного (безадресного) влияния на работу всех генераторов сразу. Воздействие на систему в этом случае носит исключитель-



но генерализованный (не организационный) характер и является аналогом общего теплового подогрева всей системы в электромеханической модели 2008 года (рис.7).

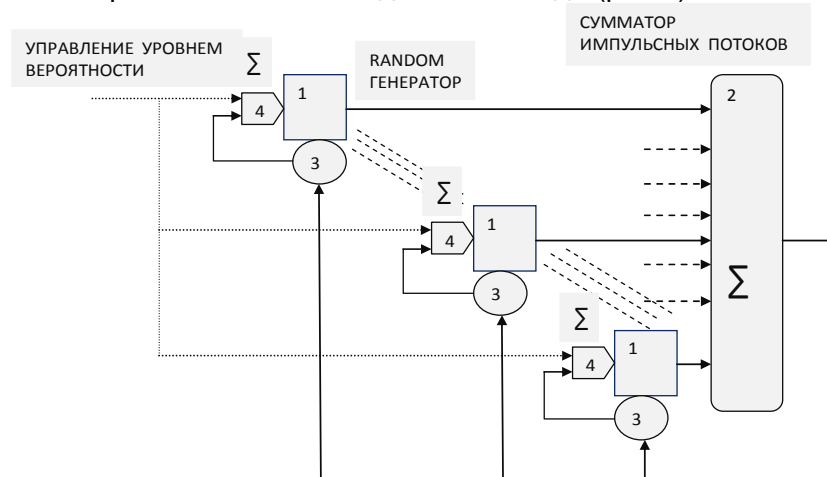


Рис.8. Общая схема организации импульсных потоков в модели №1. 1- генераторы случайной последовательности стандартных сигналов; 2- центральный сумматор; 3- формирователи управляющих сигналов; 4- устройства ввода управляющих сигналов.

Представленная на рис.8 схема очень легко поддается формализации на языке LabView. Для облегчения выхода на тот или иной встроенный в эту программу субВП в фигурных скобках будет приводиться соответствующий поровневый путь к нему.

### Random-генератор

В среде LabView случайный поток стандартных импульсов может быть сформирован следующим образом (рис.9). Выход генератора случайных чисел двойной точности {Random Number (0-1) ↔ Numeric ↔ Mathematics ↔ Functions}, величиной от 0 до 1, подключают к компаратору {Greater or Equal? ↔ Comparison ↔ Programming ↔

Control}, на управляющий вход которого подается постоянный сигнал, величину которого можно контролируемо менять с помощью регулятора {**Dial** ↔ Numeric ↔ Control} в диапазоне от 0 до 1.

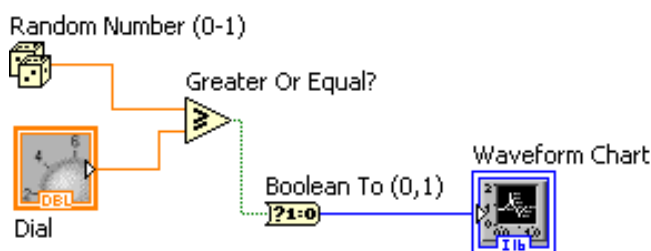


Рис.9. Блок формирования случайной последовательности стандартных сигналов равной амплитуды и длительности. Пояснение в тексте.

Вся система работает в квантовом режиме (режим равномерной итерации). В каждой итерации формируется одно случайное число и, соответственно производится одно действие его сравнения с текущим «эталоном» (**Dial**). В том случае, если случайное число оказывается выше эталонного или равно ему, на выходе компаратора появляется короткий импульс логической единицы. В противном случае – на его выходе сохраняется логический нуль.

Каждый выходной импульс после его преобразования в доступную для графического отображения форму {**Boolean** ↔ Programming ↔ Functions} поступает на вход осциллографа {**Waveform Chart** ↔ Graph ↔ Control}. Несколько вариантов наблюдаемых на его экране кривых представлены на приведенных ниже рисунках (рис.10).

Первый из них показывает, что при подаче на управляющий вход компаратора сигнала **Dial** максимальной амплитуды («1»), на выходе устройства наблюдается нулевая линия. Постепенное уменьшение этого («запирающего») напряжения с «1» в сторону «0» приводит к появлению на

выходе компаратора последовательности Boolean-сигналов стандартной амплитуды, вероятность генерации которых обратно пропорциональна величине запирающего напряжения (рис.10-2). Так, при величине идущего от регулятора Dial управляющего сигнала 0,9, выходная вероятность равна 0,1 (10% всех итераций). При 0,5 – 0,5 (50%). При 0,1 – 0,9 (90%). Наконец, когда управляющий сигнал снизится до нуля, все без исключения генерируемые Random сигналы (числа) будут проходить через компаратор, вызывая появление на его выходе сигнала постоянной логической единицы (рис.10-3).

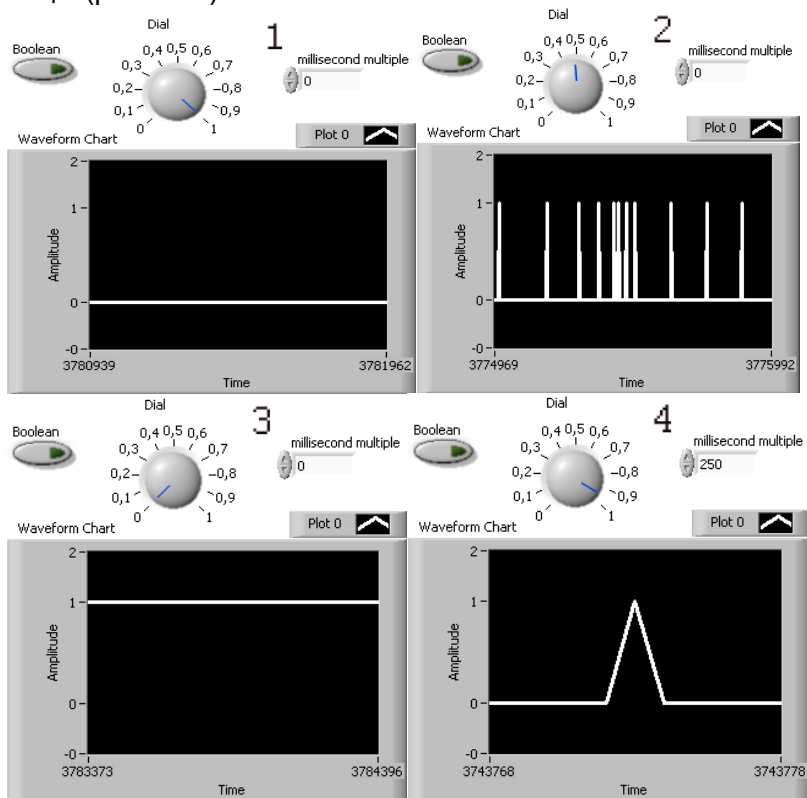


Рис.10. 1 - 4. Пояснение в тексте

**Критические замечание.** Строго говоря, на выходе компаратора получается не короткий прямоугольный импульс, а импульс, имеющий (в рамках каждой отдельной итерации) треугольную форму. Особенно хорошо это заметно в режиме быстрой развертки (рис.10.4). Но и при медленной скорости вывода сигнала на экран осциллографа можно видеть характерные утолщения каждого импульса у его основания (рис.10-2). Впрочем, данное обстоятельство можно не принимать во внимание, если учесть, что, в конечном счете, речь идет о моделировании биоэлектрической активности нервных и мышечных клеток, потенциалы действия которых по своему внешнему виду скорее ближе к треугольной, нежели прямоугольной форме.

Значительно более важным является то, что встроенный в LabView Random-генератор на самом деле выдает последовательность не случайных, а псевдослучайных чисел. В связи с этим существуют некоторые ограничения его использования в случае осуществления продолжительных наблюдений за работой создаваемых на его основе приборов. Но для начала сгодится и он. Во всяком случае, при анализе его работы во временных рамках проводимых нами наблюдений мы убедились в полном соответствии его параметров тем, которые получаются в случае использования для тех же целей генератора случайных чисел, сконструированного на основе широкополосного фотоэлектронного умножителя ФЭУ-106.

#### **Функция оценки суммарной активности системы**

На рис.11 представлены графики трех рассмотренных выше генераторов случайных импульсных потоков. Работа каждого из них организована в рамках изолированного от других «временного цикла» {структура **While Loop** ↔ Structures ↔ Programming ↔ Functions}. Эти три одновременно, но независимо генерируемых потока случайных импульсов суммируются затем элементом {**Compound Arithmetic** ↔ Numeric ↔ Mathematics}, после чего поступа-

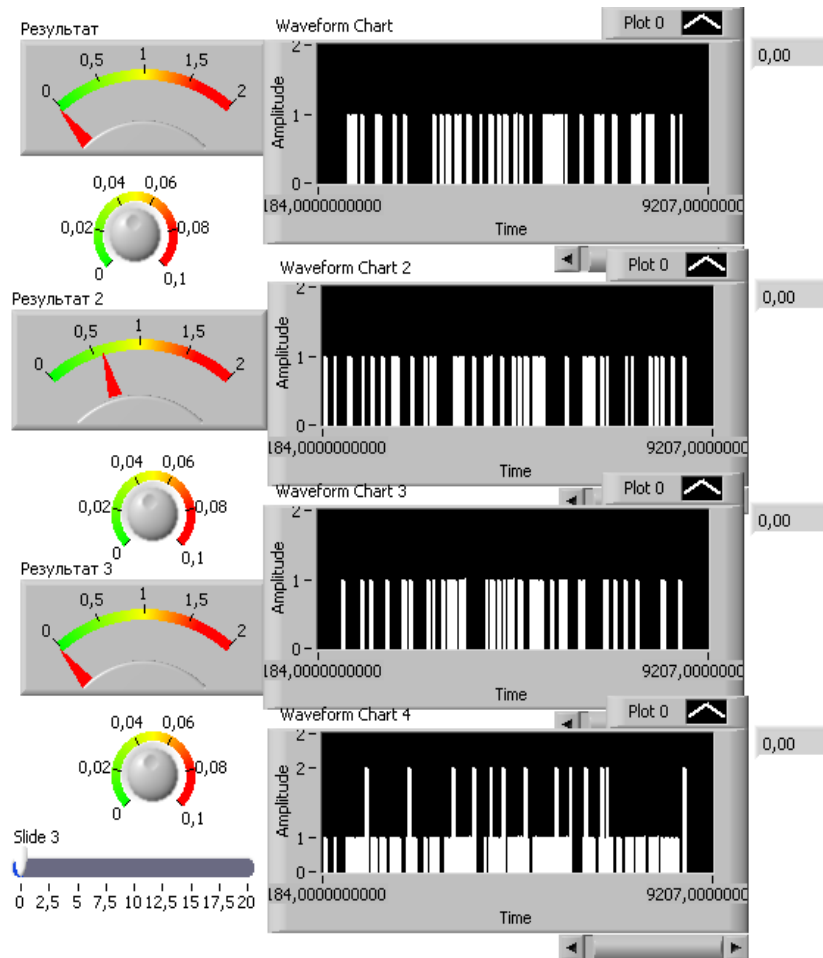


Рис.11. Лицевая панель прибора, осуществляющего суммирование 3-х независимо генерируемых потоков случайных импульсов (три верхних диаграммы). На нижней диаграмме представлена запись импульсного потока, наблюдаемого на выходе сумматора (здесь необходимо обратить внимание на изменение масштаба шкалы ординат).

ют на осциллограф. Наблюдаемая на нем картина представлена на самой нижней диаграмме рис.11. Из нее хорошо видно, что в какие-то моменты в результате случайного совпадения во времени генерации потенциалов действия в разных каналах устройства на его выходе появляются потенциалы действия двойной амплитуды. Теоретически вполне возможно возникновение и импульса тройной амплитуды, но вероятность этого очень мала, и ждать наступления указанного события пришлось бы очень долго.

Автоматическая регистрация моментов появления таких амплитудных аномалий на выходе сумматора и положительное подкрепление создающих эти аномалии элементов системы, как уже говорилось, осуществляется с помощью устройства «3» (рис.8). Его LabView блок-схема представлена на рис.12 в виде дополнения в рамках временной структуры «**While Loop**» {While Loop ↔ Structures ↔ Functions} к уже описанному выше генератору потока случайных импульсов.

Принцип работы формирователя достаточно прост. Суть сводится к тому, что каждый элемент системы каждым генерируемым им потенциалом действия не только привносит свой микро вклад в общий суммарный выход системы, но и всякий раз стробирует («прозванивает») текущее состояние этого выхода. В результате, возникновение высокоамплитудной флуктуации регистрируется только теми элементами, импульсная активность которых и привела к ее формированию. Их «молчание» в этот момент собратья просто «не замечают» появления на выходе сумматора значительно большего, чем обычно сигнала – не замечают, а значит, и не меняют в результате своей активности.

При выборе указанного режима обратной связи мы руководствовались результатами классических экспериментов по оперантному обусловливанию на системном уровне разрядной деятельности отдельных нервных клеток [Fetz E., Baker M., 1973; Fetz E.E., Finicchio D.V., 1973; Self D.W., Stein L., 1992; Stein L., 1989-1997].

Точно такие же способы положительного подкрепления использовались и при проведении экспериментов с биоуправляемым микроионофорезом [Бобровников Л., 1983; 1986]. Это значит, что выбирались два различных уровня дискриминации: нижний и верхний. Режим подкрепления включался после достижения выходным сигналом верхнего уровня и сохранялся до снижения его амплитуды ниже уровня нижней границы.

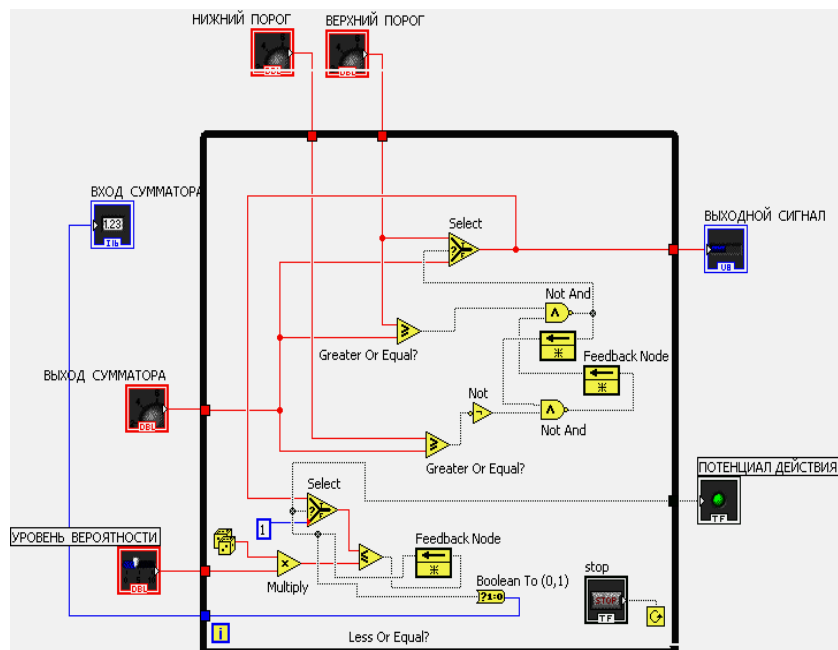


Рис. 12. Блок-схема базового субВП, выполняющего функцию генерации последовательности случайных сигналов и, одновременно, функцию оценки уровня суммарного выхода системы, в зависимости от величины которого происходит изменение вероятности генерации потенциалов действия в соответствующем канале устройства.

То же самое происходит и здесь (см. диаграммы, представленные на рис.13-15).

До момента достижения амплитуды выходного сигнала значения «6» (верхний уровень) система работает в своем обычном режиме независимой генерации случайного потока сигналов.

Однако после превышения уровня «6», собранный на двух элементах «Not And» RS-триггер (рис.12) переходит в альтернативное устойчивое состояние, и вместо непрерывно меняющегося выходного сигнала, на управляющем входе соответствующего компаратора «зависает» неменяющийся высокий уровень «6», облегчая тем самым процесс спонтанной генерации потенциалов действия для каждого из элементов группы синхронно сработавших генераторов.

Правда, такие предпочтения для них сохраняются, как правило очень недолго. Довольно скоро после этого случается очередная генерация потенциала действия уже на низком уровне суммарного выхода (менее «2»), и режим предпочтения для них автоматически отключается.

Повторю, что такой режим функционирования контура обратной связи с полным основанием можно считать общепринятым при проведении любых биоуправляемых микроэлектродных исследований.

Забегая вперед, стоит сказать, что выбор пороговых уровней (в данном случае это «2» и «6») не имел столь уж существенного значения. В дальнейшем мы использовали довольно произвольную установку этих числовых величин на соответствующих регуляторах устройства. Как выяснилось, для поведения системы ключевым фактором является само наличие указанного механизма в составе каждого из ее каналов, а не конкретные числовые параметры его функционирования. Но это далеко не самая большая странность, с которыми нам пришлось в дальнейшем столкнуться.



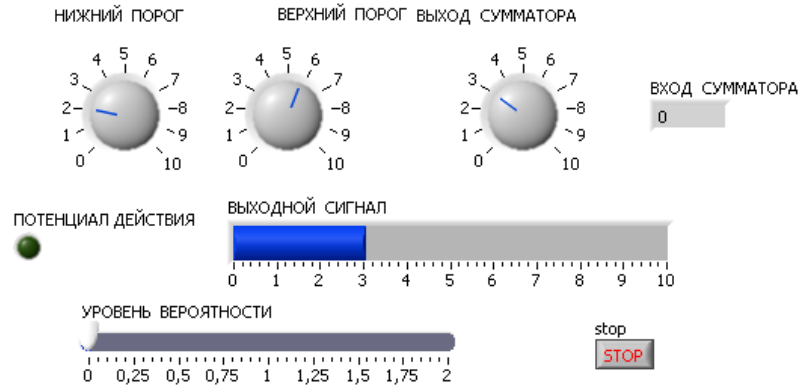


Рис. 13. До момента достижения суммарным выходным сигналом верхнего порогового уровня «6», система работает в своем обычном режиме, а именно, изменение амплитуды сигнала на индикаторе каждого из каналов точно соответствует изменениям выходного сигнала на уровне всей системы в целом.

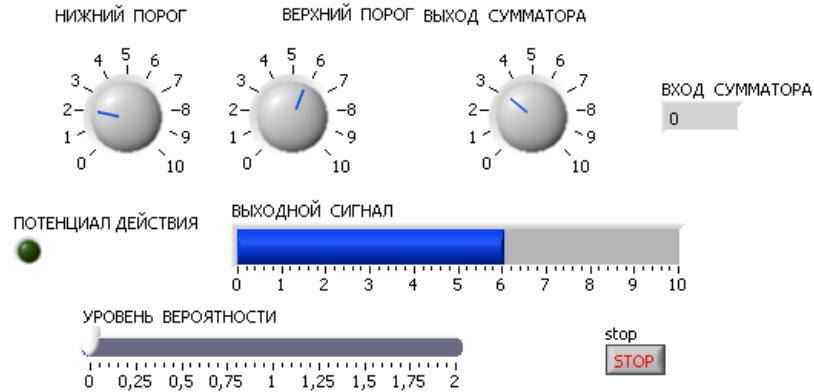


Рис.14. В случае превышения суммарным выходом системы верхней границы «6», она на время «залипает» в этом положении в каждом из сработавших на достижение этого уровня каналов и остается в нём вплоть до момента снижения суммарного выхода системы до «2».

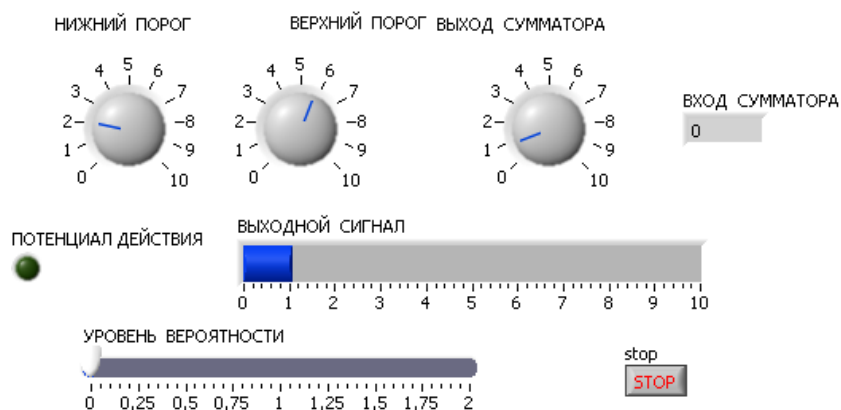


Рис.15. Восстановление исходного режима работы системы после снижения амплитуды суммарного выходного сигнала ниже уровня «2».

Самостоятельный виртуальный прибор, на котором можно повторить все описанные выше действия и почувствовать особенности работы системы в режиме оперантной детерминации, приведен в директории DVD-R: «BOBROVNIKOV». Называется этот прибор NEURO-01.vi. Там же можно найти и соответствующие диаграммы его работы.

**ПОЛНАЯ БЛОК-СХЕМА** прибора представлена на рис.16. Она включает в себя 4 выделенных сектора.

**Первый** из них объединяет двадцать рассмотренных ранее (рис.12) генераторов случайной последовательности стандартных сигналов. Особенность состоит лишь в том, что выходной сигнал каждого из них поступает на вход центрального сумматора не напрямую, а через мультипликатор с регулируемым коэффициентом умножения.

В настоящем разделе для всех каналов этот

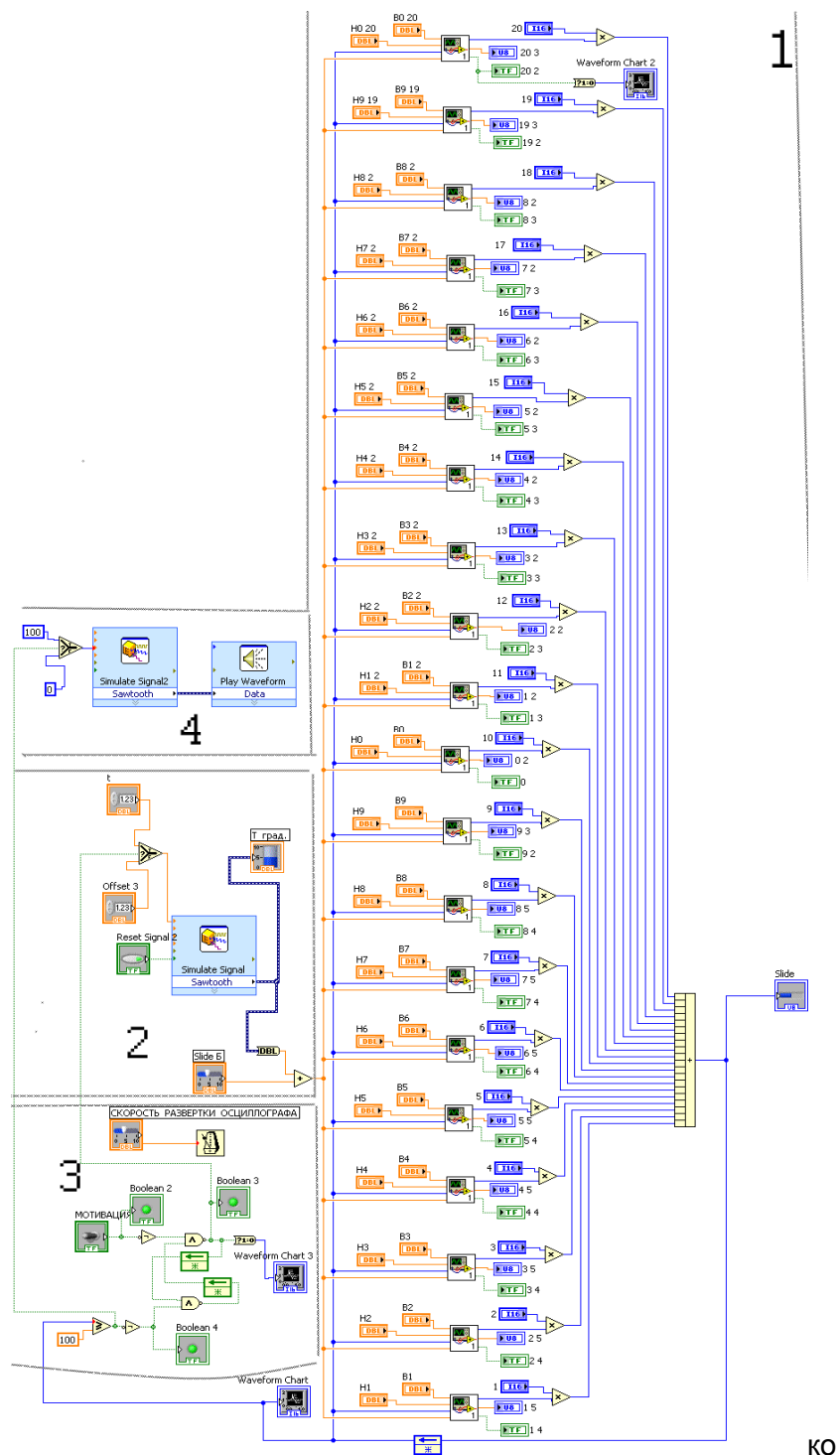


Рис. 16. Пояснение в тексте. Блок-схема MODEL-01.vi

эффицент был неизменным и равнялся  $\times 10$ . Результаты экспериментов, в рамках которых установленное по умолчанию значение этого параметра варьировали (а это аналог изменения индекса иннервации двигательных единиц), будут рассмотрены в заключительной части монографии.

**Второй сектор** блок-схемы (рис.16) представляет собой устройство формирования генерализованного внешнего сигнала управления вероятностью генерации потенциалов действия. Основным элементом здесь является {**Simulate Sig** ↔ Input ↔ Express ↔ Functions}. Его работой через контур положительной обратной связи, идущей с выхода центрального сумматора управляет субВП **Select** {**Select** ↔ Comparision ↔ Programming ↔ Functions} . Подача на его центральный (управляющий) вход сигнала логической единицы приводит к переключению исходной коммутации его выхода с нижнего входа (**Offset 3**) на верхний (**t**). Согласование типов данных осуществляется преобразователем «**To Double Precition Float**».

Функция **третьего** сектора – активация всей системы и ее автоматическое отключение после достижения результата (т.е. после формирования на выходе центрального сумматора высокоамплитудного импульса). Основным функциональным элементом здесь является RS-триггер, собранный на двух Boolean элементах «**Not And**» {**Not And** ↔ Boolean ↔ Functions}. Включение режима «готовность к работе» осуществляется Boolean-сигналом, идущим от элемента «мотивация». Переброс RS-триггера в альтернативное устойчивое состояние производится импульсом, поступающим с компаратора.

И, наконец, **четвертый** сектор. Это усилитель-формирователь звукового сигнала работы системы. Именно такой характерный звук можно слышать при проведении микроэлектродных исследований, связанных с регистрацией разрядной активности отдельных нервных клеток. Реализация этой функции осуществляется двумя встроенными в LabView субВП, а именно, **Simulate Sig** и **Play Waveform**.

### **Front Panel.**

Лицевая панель, с помощью которой осуществляется управление рассматриваемым устройством, приведена на рис.17. В центральном ее поле расположены двадцать регуляторов «низ-верх», позволяющих менять пороговые значения работы режима оперантной детерминации независимо по каждому из каналов системы. Справа от них находится блок индикаторов, отражающих текущие величины вероятности генерации в соответствующем канале потенциалов действия, в момент появления каждого из которых «загорается» светодиод (справа от индикатора вероятности).

Как выяснилось, прямой связи между отклонением индикатора вправо (повышение уровня вероятности генерации импульса) и самим процессом генерации потенциала действия здесь нет. Сам базовый принцип работы рассматриваемой системы кардинальным образом отличается от принципов функционирования других аналогичных технических устройств.

В левой части блок-схемы расположен набор, состоящий из двадцати переключателей, использование которых дает возможность анализировать поведение системы в случае избирательного изменения «индекса иннервации» её исполнительных элементов по каждому из каналов в отдельности. Увеличение этого параметра приводит к прямо пропорциональному возрастанию удельного веса каждого потенциала действия, генерируемого в соответствующем канале устройства, в общем суммарном импульсном потоке системы. Индикация последнего осуществляется на центральном слайдере рабочего поля, а также на верхней из двух осциллограмм.

На нижней осциллограмме представлены отметки включения и выключения сигнала «уровень мотивации», который управляется одноименным переключателем.

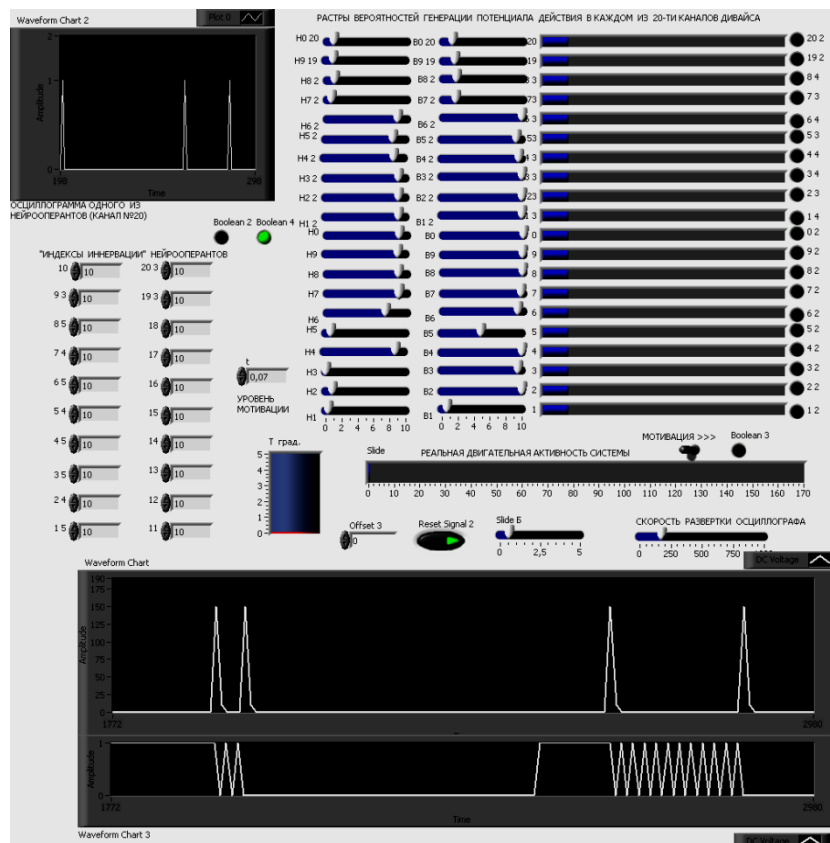


Рис.17. Лицевая панель модели №1, параметры по умолчанию которой позволяют наблюдать на экране LabView-осциллографа импульсную активность на выходе сумматора.

Хотя, здесь, наверное, стоит еще раз напомнить, что использование в данном случае термина «управление» не вполне оправдано. Ведь всё, что делает экспериментатор – периодически вызывает незначительный и абсолютно генерализованный (безадресный) сдвиг уровня вероятности

генерации внутренними пейсмекерными механизмами системы случайной последовательности потенциалов действия.

Вся работа, связанная с синхронизацией активности независимо работающих каналов, каждый из которых не только имеет свой собственный индивидуальный генератор случайных чисел, но и работает в автономном от всех временном цикле While Loop, производится самим прибором. Экспериментатор по сути дела выступает лишь в роли пассивного наблюдателя за процессами самоорганизации системы. Его управленческая деятельность сводится к тому, чтобы:

А) на главной панели рабочего стола компьютера нажать кнопку запуска программы LabView;

Б) на лицевой панели 2 раза щелкнуть левой кнопкой мыши на переключателе «МОТИВАЦИЯ». Первый раз переключатель перекинется влево (произойдет сброс данных предыдущего этапа работы прибора), а второй – вправо (загорится сигнал начала нового этапа работы).

При этом стоит учитывать, что изредка устройство может опережать ваши манипуляции с переключателем и генерировать потенциал действия раньше Вас.

**Прим.** В рассматриваемой версии модели MODEL-01.vi для достижения конечного результата система должна сначала произвести эффективное действие по достижению промежуточного (этапного) результата. Соответственно, на нижней диаграмме в этот момент наблюдается снижение постоянного уровня сигнала «мотивации» до нуля и появление вместо него пилообразного сигнала пониженного уровня мотивации (рис.17). Для устранения и этого «микро мотивациогенного» фактора система должна выполнить повторное аналогичное действие, связанное с генерацией точно такого же потенциала действия, как и предыдущий.

Другими словами, речь здесь идёт о классической модели, так называемого, «последовательного поведения» [Швырков В.Б., 1983; Гринченко Ю.В., 1979]. Иллюстрирует

его видеоролик (Video-M1), записанный с помощью программы UVScreenCamera v4.6.0.100 с экрана монитора и находящийся на DVD-R диске в папке VIDEO.

### **Критические замечания.**

Генерализованное неспецифическое воздействие на систему, которое инициирует возникновение у неё высокоорганизованной импульсной активности, мы определили как «мотивация».

Поскольку в современной биологии в настоящее время не существует единой точки зрения по вопросу о том, что такое мотивация и какова её роль в построении физиологических функций организма, необходимо раскрыть смысл этого понятия применительно к конкретно рассматриваемому нами случаю.

Если говорить в общих чертах, то ближе всего, на наш взгляд, здесь трактовка «мотивации», которую предлагают этологи. По их мнению, «применение этого термина обычно означает, что переменные, контролирующие данное поведение, неизвестны» [Дьюсбери Д., 1981. С.200]. И далее, еще более категорично. «Понятие мотивация используется обычно как мусорная корзина для разного рода факторов, природа которых недостаточно понятна» (там же).

Всё именно так и есть. В нашем случае факторы, вызывающие генерализованное, незначительное по величине возрастание вероятности генерации внутренними механизмами системы потенциалов действия, с таким же успехом могут находиться внутри её пейсмекеров, как и вне их. Например, достаточно встроить внутрь генераторов случайных сигналов аналог биологических часов, и экспериментатор со своей единственной кнопкой «управления системой» вообще окажется не нужен.

Во всяком случае, следует четко понимать, что канал генерализованного влияния на систему реализуется здесь не для передачи через него каких-то информационно зна-



чимых, организующих воздействий. Никаких специфических мотивационно-детерминированных сигналов для этого вообще не требуется. Особенность работы рассматриваемого класса приборов как раз и заключается в их способности трансформировать любые беспорядочные внешние или внутренние влияния в свои высокоорганизованные целенаправленные действия.

### **Обсуждение**

Анализ работы рассмотренной выше модели полностью подтверждает сделанные ранее общие выводы относительно возможности самоорганизации функциональных систем на основе принципа взаимодействия образующих их элементов. Установлено, что инициатором возникновения такого рода процессов выступает исполнительное звено системы, а не какие-то её гипотетические «командные центры».

Как выяснилось, наблюдаемые в процессе работы подобных моделей их устойчивые низкоэнтропийные состояния обладают целым рядом чрезвычайно странных свойств.

Прежде всего, все они появляются на выходе системы в виде невероятно стабильных высокоамплитудных импульсов. Даже в случае постепенного увеличения уровня «мотивации» (аналог терморазогрева системы на рис.7), возрастание средней частоты генерации низкоэнтропийных состояний почти всегда происходит на фоне сохранения их амплитуды (рис.18). Это значит, что число избирательно вовлекаемых в состав данной функциональной системы элементов остается неизменным.

У сформированной системы в конкретно рассматриваемом нами случае (модель «проба 19 мая.vi», рис.18) всегда работало около 80% одних и тех же элементов. При некоторых необъяснимых с рациональной точки зрения изменениях, их набор мог меняться. Но понять, почему именно это происходит в том или ином случае, нам не удалось.

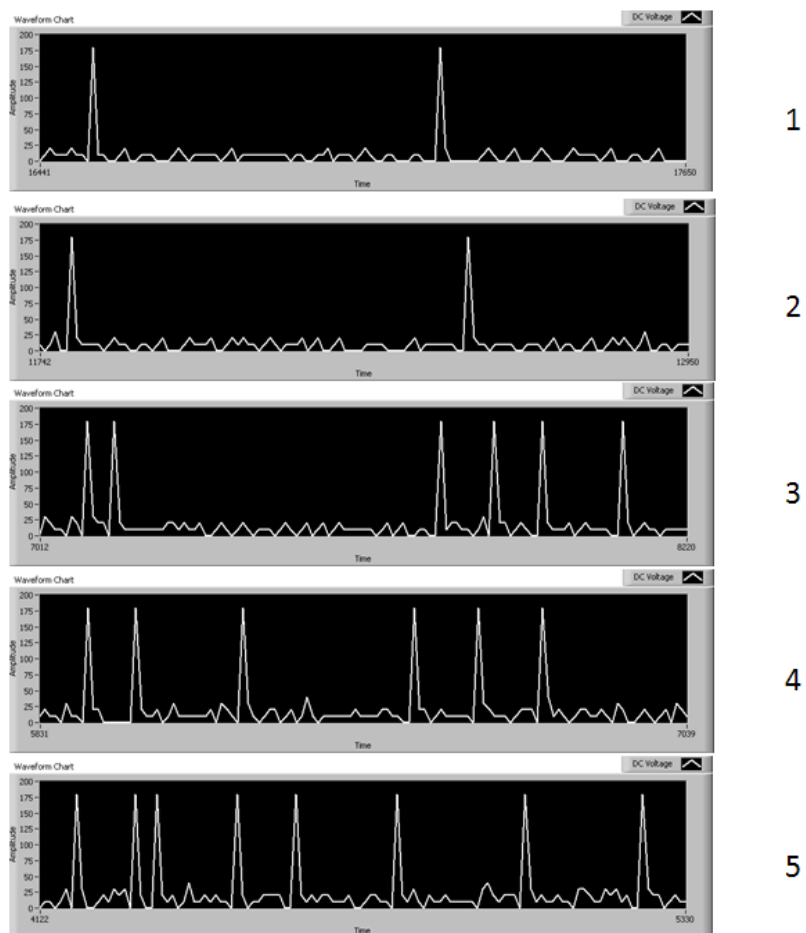


Рис. 18. Независимость амплитуды потенциалов действия от уровня мотивации. Её возрастание приводит лишь к увеличению средней частоты импульсной активности системы.

Величины цифровых значений « $t$ » (уровня мотивации модели) для разных графиков, соответственно, составляют: 1-  $t=0,05$ ; 2-  $t=0,1$ ; 3-  $t=0,2$ ; 4-  $t=0,3$ ; 5-  $t=0,4$ . Пояснение в тексте.

Еще более странным является отсутствие промежуточных форм организации подобной активности. Их появление можно наблюдать только при некоторых сдвигах регуляторов уровней подкрепления: «верхний» и «нижний» порог (рис.13-15). Но и в этом случае изменение амплитуды выходных импульсов всегда осуществляется исключительно в квантовом режиме. Например, вместо 170 единиц - 190 ед. или, наоборот, 120 ед. Установить причины, по которым это происходит, нам также не удалось.

Особого внимания заслуживает предрезультатный характер генерации указанных потенциалов действия. Никаких стабильных равнолатентных реакций элементов системы на включение «мотивациогенного» стимула (который и стимулом-то назвать трудно, ибо речь идет о незначительном повышении вероятности генерации потенциалов действия их внутренними пейсмекерными механизмами) здесь нет. Поведение модели носит выраженный оперантно-детерминированный характер.

Аномально высокий уровень синхронизации работы элементов системы. Особенно демонстративны в этом плане режимы её работы, позволяющие наблюдать фоновую активность (рис.18).

Здесь, а еще лучше при воспроизведении работы этого прибора (DVD-R// BOBROVNIKOV//проба 19 мая.vi), хорошо видно, что стандартные потенциалы действия вырастают из совершенно разной фоновой низкоамплитудной активности. Непонятно каким образом в подобных случаях могут формироваться спайки абсолютно одинаковой амплитуды?!

Долгое время загадкой для нас оставалось, как вообще возникают такие стабильные функциональные состояния? Ведь никаких промежуточных форм их появления, как уже говорилось, не наблюдается. Феномен аномально высокой по своему уровню синхронизации возникает сразу, без этапа постепенного лавинообразного наращивания числа вовлекаемых в этот процесс элементов системы.

Не скрою, это и был один из тех неразрешимых вопросов, который вынудил нас отложить публикацию в 2008 году второй части монографии «Основы квантовой синергетики функциональных систем».

Итак, откуда?

Чтобы разобраться в этом, стоит обратить внимание на тот факт, что появление низкоэнтропийных флуктуаций у модели №1 почти всегда сопровождается синхронным снижением на индикаторах растров вероятностей сигналов до нуля. Т.е. система перед выбросом низкоэнтропийной флуктуации каждый раз, как бы, подтормаживается перед броском вперед.

В свете этого факта имеет смысл обратиться к основополагающей модели, которая не вошла (как субВП) ни в один из наших приборов, хотя и сыграла решающую роль в появлении у всех них уникальных свойств (рис.19).

В ее состав входит все тот же Random-генератор, все тот же компаратор и элемент Boolean. Но у нее только один контур обратной связи, а именно тот, который идет с выхода центрального сумматора. Никакого механизма избирательного положительного подкрепления синхронно работающих ее элементов у неё нет.

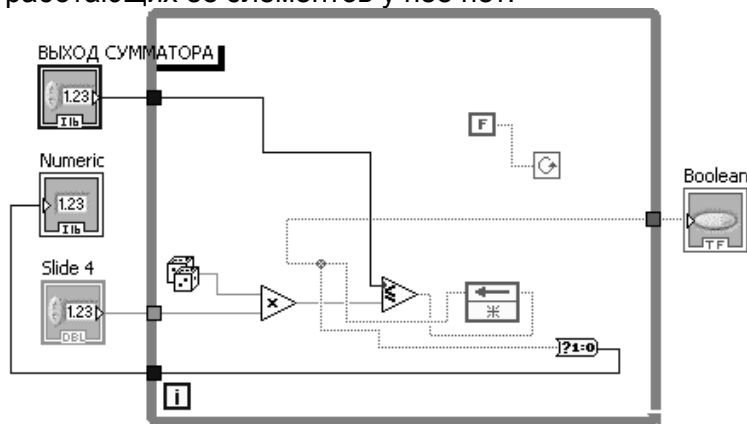


Рис. 19. VI-модель - прабабушка всех наших систем.

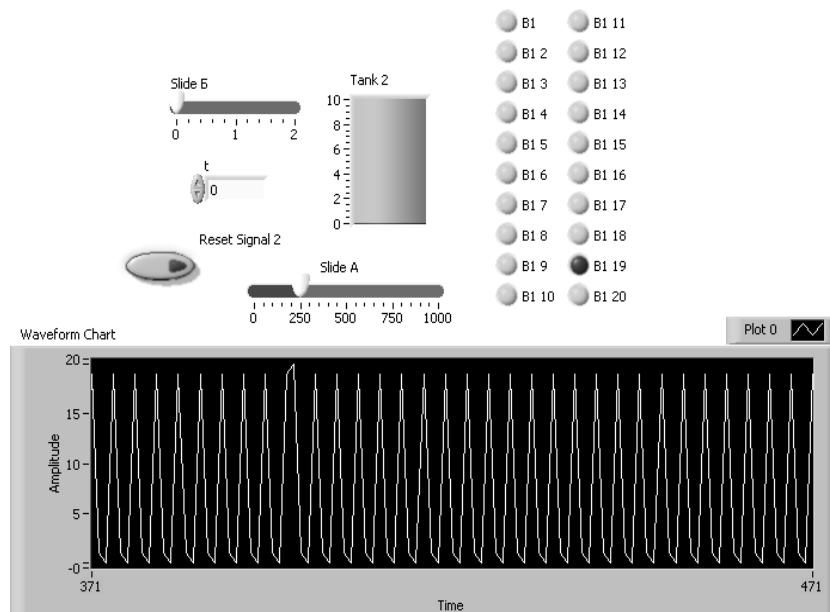


Рис. 20. Реверберационная форма активности, присущая модели-прабабушке.

Что же в результате этого происходит?

А вот что. Система начинает функционировать в постоянном реверберационном режиме. Обнуление суммарного выхода системы при запуске LabView вызывает появление логического «0» на управляющих входах всех компараторов. В результате, все они без исключения формируют на своих выходах в следующей итерации сигналы «1», которые суммируются и приводят к возникновению на выходе центрального сумматора той самой шокирующе стабильной высокоамплитудной флуктуации (см. на DVD **NEURO-02.vi**).

Последняя же, через контур обратной связи, запирает управляющие входы компараторов, и в очередной итерации снова формируется «0» на выходе сумматора и т.д.

Эта (далее – очень важно!) исходно присущая модели-прабабушке реверберационная форма бытия начинает постепенно нарушаться по мере увеличения амплитуды сигнала «уровень мотивации». Процесс становится уже нерегулярным.

Так вот, то уникальное, ярко выраженное целенаправленное поведение системы, которое мы наблюдаем в моделях высокого уровня, есть не что иное, как экзотические формы нарушения ритмичности исходного прабабушкиного реверберационного процесса (рис.20). И - ничего более!!!

Осознание этого факта порождает некоторое чувство разочарования. Однако если вдуматься, то и в естественных условиях, у тех же системоспецифичных нейронов уникальные паттерны их разрядной деятельности вырастают точно таким же образом: из работы их пейсмекерных механизмов. Спонтанное понижение уровня внутриклеточного калия или кальция до критического уровня запускает активность нервной клетки, направленную на восстановление нормальной их концентрации. После чего, этот механизм выключается. Снова падение вниз, снова восстановление – и так всю жизнь.

### **ФАЗНЫЕ ТОРМОЖЕНИЯ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ**

Рассмотренные выше закономерности заставляют по-новому взглянуть на одну из застарелых проблем системной психофизиологии – проблему так называемых фазных торможений импульсации системоспецифичных нервных клеток. К сожалению, всестороннему анализу этого явления до сих пор не было посвящено ни одного обзорного экспериментально-теоретического исследования. Поэтому нам придётся ненадолго отступить от основной линии изложения и посвятить несколько страниц книги рассмотрению данного круга вопросов.

Действительно, еще, начиная с работ В.Б.Швыркова,

сложилась своего рода традиция упоминания о фазных торможениях нейронной импульсации вскользь, как о некоем несущественном нейрофизиологическом явлении, сопутствующем разворачиванию главного процесса – процесса формирования фазных нейронных активаций. Вот с ним, действительно, никаких проблем нет. Его трактовка детально проработана. Ясно, что речь идет о проявлении той самой специализированной функции нервных клеток, которая и обеспечивает решение жизненно важных для организма задач.

На самом деле, все здесь оказывается совсем не так просто, как может показаться на первый взгляд.

Прежде всего, подавляющее большинство специализированных нервных клеток обладают фоновой разрядной активностью. И причину ее возникновения, как теперь выясняется, нужно искать не в «задействованности» соответствующего нейрона в каких-то неконтролируемых экспериментатором функциональных системах.

**Фоновая импульсация** – это важнейший инструмент непрерывного аperiodического отслеживания нервными клетками событий, происходящих на системном (надкомпонентном) уровне. Именно по результатам такого тестирования каждый нейрон и решает вопрос о своем присоединении или неприсоединении к процессам разворачивания той или иной функциональной системы.

С этих позиций неучастие клетки в соответствующих системных процессах проявляется не в избирательном торможении ее импульсации, а просто в сохранении средней частоты фонового потока её биологических разрядов. Но, что же в таком случае, представляют собой фазные торможения?

Как это ни странно, но приходится признать, что они также являются важнейшей формой проявления коллективной деятельности нейронов, результатом специальной их работы, связанной с синхронизацией элементарных нейрофизиологических функций. И это заключение не является

выводом только объектно-ориентированного анализа, проведенного нами на основе комплекса LabView-технологий. К аналогичному заключению приводят и результаты микро-электродных исследований.

### **Материалы и методы исследования**

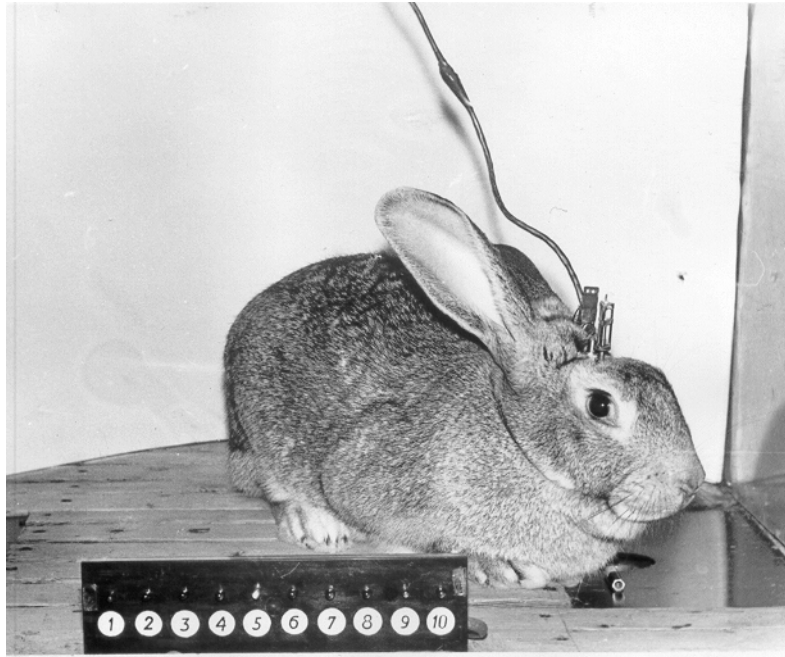
Экспериментальные данные были получены в опытах, проведенных в специально оборудованной экспериментальной камере на 14-ти кроликах-самцах (рис.21).

В противоположных углах камеры на расстоянии около 50 см располагались автоматическая кормушка и педаль, нажатие на которую обеспечивало получение порции пищи (3-4 г моркови или капусты). Время от момента нажатия до момента подачи кормушки составляло 1 сек. Перед началом каждого опыта кролики подвергались точной пищевой депривации.

В первой серии экспериментов у животных по методике М.Ф.Поливанной (1961) вырабатывалось циклическое инструментальное пищедобывательное поведение. Как правило, после 4-6 опытов, продолжительностью 1,5 часа каждый, пищедобывательные действия приобретали автоматизированный характер. Кролик нажимал передними лапами на педаль, подбегал к кормушке и поедал порцию пищи. Затем следовало возвращение к педали, очередное нажатие на неё и т.д.

Во второй серии опытов во время реализации автоматизированного инструментального пищедобывательного поведения животным начинали периодически предъявлять сильное (8-14 мА) и длительное (10 сек) электрокожное раздражение (ЭКР). Интервал времени между двумя последовательными предъявлениями составлял 2-3 минуты. ЭКР осуществлялось от стимулятора ЭСУ-2 через хронически вживленные под кожу животного игольчатые электроды, которые были оснащены специальными микроразъемами для подключения к ним электрических проводов. Болевому воздействию предшествовал звуковой сигнал (тон 800 гц),





*Рис.21. Кролик с укрепленными у него на голове микроманипулятором и предварительным усилителем биоэлектрической активности нейронов. Провода идут от животного к вращающимся контактам, расположенным в верхней части камеры.*

*На переднем плане слева находится индикаторная панель, отражающая текущее значение средней частоты импульсации регистрируемой нервной клетки в десятиуровневой ее градации (от минимального значения до максимального).*

*Аналогичное устройство использовалось нами при проведении биоуправляемых экспериментов с микроионофорезом, а также в опытах с раздражением биоэлектрическими разрядами сенсомоторного нейрона мотивациогенных центров латерального гипоталамуса.*

продолжительностью 5 сек. В дальнейшем в каждый экспериментальный день животным подавалось 20-25 таких сочетаний.

Однако выполняя нажатие на ту же самую педаль, что и в пищедобывательном поведении, кролики могли либо прерывать болевое раздражение, либо полностью устранять его воздействие. В последнем случае животные должны были успеть осуществить инструментальный оборонительный акт, завершающийся эффективным нажатием на педаль, до момента включения ноцицептивного раздражения.

Оказалось, что в этих условиях кролики достаточно быстро обучаются в ответ на звуковой сигнал нажимать передними лапами на площадку педали до начала болевого воздействия. К 4-6 опыту доля актов избегания ЭКР в общем числе оборонительных актов достигала 70-80%. В результате, одна и та же педаль при неизменных внешних условиях становилась универсальным "инструментом", с помощью которого животные начинали удовлетворять две качественно различные потребности.

Звуковой оборонительный сигнал подавался, как правило, когда кролик либо ел из кормушки, либо находился рядом с ней. Однако согласно условиям проведения опытов, предъявление сочетаний звук-ЭКР продолжалось с периодичностью в 3 минуты и после того, как циклическое пищедобывательное поведение завершалось. На этом, заключительном этапе эксперимента оборонительные действия животных незначительно отличались от предыдущих - в ответ на включение тона 800 гц следовала побежка к педали, нажатие на ее площадку передними лапами и вновь возвращение в определенное место экспериментальной камеры.

Необходимо особо подчеркнуть, что именно этот этап воспроизводил в наших опытах экспериментальные условия, в которых до настоящего времени обычно изучались нейрофизиологические механизмы инструментального

поведения животных (Джаспер Г., Риччи Г., Доун Б. 1962; Андрианов В.В., Фадеев Ю.А., 1976; Фадеев Ю.А., 1988; Гринченко Ю.В., 1978.; Швырков В.Б., 1983; Александров Ю.И., Корпусова А.В., 1987 и мн. другие).

В ходе обучения подопытных животных проводилась регистрация с помощью магнитофона марки "Брюль и Кьер-7003" (Дания) - интервала времени подачи ЭКР, моментов включения и выключения звукового сигнала, отметки взятия кроликом пищи из кормушки, актограммы перемещений животного по экспериментальной камере.

Для регистрации актограммы к ошейнику животного прикрепляли миниатюрные электролампочки, а на противоположных стенах камеры (возле педали и кормушки) устанавливали фотоэлектрические пластины. По величине суммарной фото-ЭДС можно было точно судить о местоположении животного в тот или иной момент времени. Аналогичное устройство применялось и для контроля за взятием пищи из кормушки.

Электрические провода для регистрации физиологических показателей и подачи ЭКР подключались в верхней части камеры к специальным вращающимся контактам. Это позволяло устранить дополнительные ограничения при движении кролика по экспериментальной камере.

В третьей серии экспериментов во время реализации выработанного пищедобывательного и оборонительного поведения проводилась регистрация импульсной активности отдельных нейронов сенсомоторной области коры головного мозга, а также всех перечисленных выше поведенческих показателей.

Перед началом опытов у животных производили трепанацию кости черепа и удаляли твердую мозговую оболочку над областью предполагаемого введения микроэлектрода. Координаты места трепанации определяли по атласу Monnier M., Gangloff H. (1961). Для уменьшения пульсаций ткани мозга трепанационное отверстие заполняли коллоидным раствором агар-агара.

Импульсная активность нейронов отводилась экстраклеточным способом по методике Гринченко Ю.В., Швыркова В.Б., 1974. Необходимое увеличение входного сопротивления усилительного каскада осуществлялось с помощью микросхемы К504 НТ-3, включенной по схеме истокового повторителя [Rossetto M.A., Vandercar D.H. 1972]. У двух животных по известной методике [Basmajian J.V., Stecko G., 1962] дополнительно регистрировалась электромиограмма (ЭМГ) глубокой части собственно жевательной мышцы.

После окончания экспериментов магнитная запись воспроизводилась с редукцией скорости в 10 раз на чернилопишущем приборе. Обработка полученных данных заключалась в построении постстимульных и предрезультатных гистограмм и растров импульсной активности нейронов от различных моментов инструментального действия.

В этой серии опытов, также как и в период обучения животных, измерялся ряд показателей каждого инструментального оборонительного акта: время от момента включения звукового сигнала до момента нажатия на педаль, латентный период двигательной активности, продолжительность и количество нажатий на педаль, длительность периода активных действий, доля актов избегания ЭКР в общем числе оборонительных актов, коэффициенты вариации всех перечисленных переменных.

Аналогичным образом анализировались параметры пищедобывательных инструментальных действий, а также продолжительность периода торможения исходного пищедобывательного поведения после каждого оборонительного акта, динамика насыщения кроликов в ходе опыта и ряд других показателей.

Полученные данные обрабатывали на основе статистических методов анализа [Вентцель Е.С., 1969; Снедекор Дж., 1961]. Оценка достоверности изменений рассматриваемых показателей производилась на основе критериев Стьюдента и Фишера.

## **Особенности организации нейронной активности**

В этих условиях была исследована импульсная активность 104 нейронов сенсомоторной области коры головного мозга. У 57 из них были установлены статистически достоверные изменения частоты импульсации, приуроченные к определенным событиям организменного уровня. У 38-ми нейронов это проявлялось в форме только повышения интенсивности генерации ими потенциалов действия. 12 клеток характеризовались наличием у них фазных торможений. Соответственно, у 7 клеток наблюдались и тормозные и активационные избирательные перестройки их разрядной деятельности.

Сводные данные по всем этим нейронам приведены в таблице 1. Их индексы соответствуют обобщенным порядковым номерам в наших протоколах проведения микроэлектродных исследований.

Вертикальные колонки отражают последовательные этапы реализации инструментального пищедобывательного (слева) и оборонительного (справа) поведения. Буква «А» указывает на наличие на соответствующем этапе поведенческого акта статистически достоверного возрастания импульсации нейрона. Буква «Т» - наоборот, фазного её торможения.

Детальное рассмотрение нейрофизиологической феноменологии избирательных нейронных **активаций**, в том числе и в конкретно рассматриваемом случае, уже было проведено в нескольких более ранних публикациях [Бобровников Л.В., 1982, 1984, 2005]. Представленные в них данные отражают результаты микроэлектродных исследований, проведенных с использованием не только описанной выше базовой поведенческой модели, но и ряда её модификаций. Учитывая всё это, сейчас имеет смысл подробнее остановиться именно на явлении **фазных торможений** частоты биоэлектрических разрядов нервных клеток.

ИНДЕКС НЕЙРОНА	ПОБЕЖКА К ПЕДАЛИ	НАЖАТИЕ НА ПЕДАЛЬ	ПОБЕЖКА К КОРМУШКЕ	ВЗЯТИЕ ПИЩИ	ЖЕВАНИЕ	ПОБЕЖКА К ПЕДАЛИ	НАЖАТИЕ НА ПЕДАЛЬ	ДВИЖЕНИЕ ОТ ПЕДАЛИ
ПИЩЕДОБЫВАТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ					ОБОРОНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ			
390	T			A	A	T		
385	T			A	A	T		
386	T			A	A	T		
425				T	A		A	
415				A	A			
364				A			A	
388				A		A	A	
399				A			A	
401	A		A			A		A
361				A			T	
358				A				
409				A				
311				A				
273				A				
339				A				
333	A		A			A		A
347		A	A	A			A	A
343	A	A	A			A	A	A
321		A					A	
264		A					A	
294				T			A	
72							A	
428				T		T		
255				T				
291				T				
293				T				
298				T				
379				T				
408	A		A			A		A
310	A	A	A					

341		Т					Т	
345		Т					Т	
419	Т					Т		
188		Т					Т	
422				А				
384				А			А	
360					А			
297				А		Т	Т	
262				А			А	
256				А				
338		А					А	
318		А					А	
276	А	А				А	А	
249		А					А	
245	А	А				А	А	
230		А					А	
202	А	А				А	А	
98	А	А				А	А	
383							А	
257							А	
342		Т					Т	
305							Т	

Таблица 1

Характерный пример фазного торможения нейронной активности приведен на рис.22. У данного нейрона резкое снижение интенсивности его импульсации наблюдалось в период взятия животным пищи из кормушки.

Представленная на этом рисунке нейрограмма является довольно выразительной иллюстрацией двух общих закономерностей, характерных для всей группы исследованных нами нервных клеток. Во-первых, это наличие у всех них фонового потока биоэлектрических разрядов. Как следствие, любые фазные изменения активности проявлялись у них не только в виде возникновения избирательных активаций, но и в форме снижения и/или возрастания интенсивности импульсации относительно среднего («фонового») уровня.

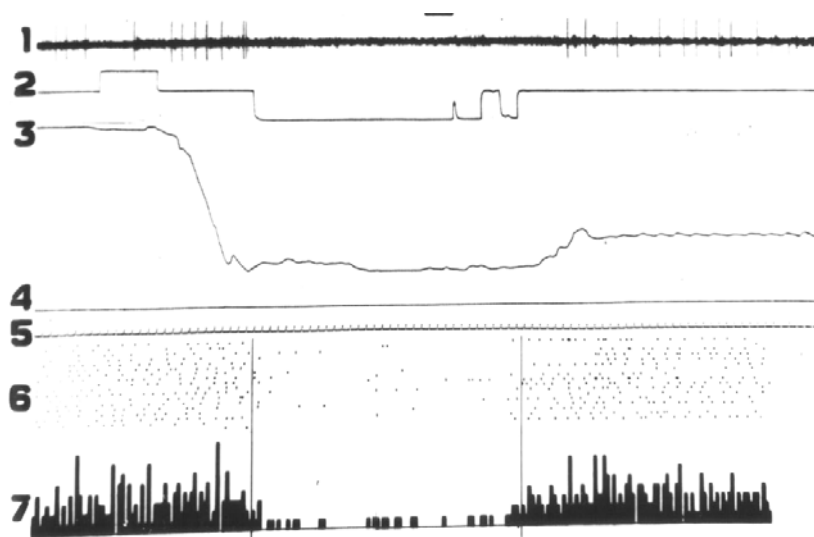


Рис.22.Торможение фоновой нейронной активности в период взятия животным пищи из кормушки. 1- нейронограмма; 2- отметка нажатия на педаль (отклонение кривой вверх) и взятия пищи из кормушки (вниз); 3- актограмма перемещения животного по камере (отклонение вниз – к кормушке); 5- отметка времени 100 мсек; 6- растры и 7- гистограммы потенциалов действия нейрона, построенные от момента опускания кроликом морды в кормушку (слева) и вынимания из неё (справа). Ширина канала 200 мсек.

Другое, важное заключение касается возможности возникновения феномена фазных торможений нейронной активности в отрыве от процесса фазной активации тех же самых нервных клеток. На первый взгляд, это утверждение выглядит банально. Но это только на первый взгляд. Когда мы провели аналогичный анализ (точнее говоря – ревизию) каталога нейронов 1984 года регистрации, оказалось, что ни одного фазноактивного, так сказать, в чистом виде среди них нет!



Это значит, что в таблице №1, которая представлена в исходной своей версии 1984 года, везде, где стоит буква «А» следует проставлять символ «А+Т». Учитывая радикальный характер данного утверждения, необходимо дать по этому поводу определенные разъяснения.

Сделать это проще всего на конкретном примере. Так, на рис.23 представлен нейрон, который в начале 1980-х годов был причислен нами к группе «А» (фазно активная клетка). Большинство системоспецифистов и сегодня согласились бы с таким заключением.

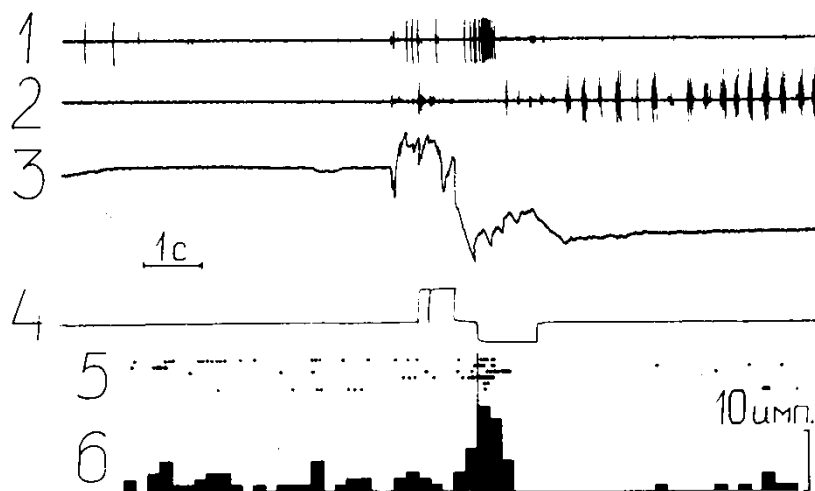


Рис.23. Характерная форма сопряженности избирательных активаций нервной клетки с её фазными постактивационными торможениями. 1- нейронограмма; 2- ЭМГ жевательных мышц; 3- актограмма перемещений животного по камере (к педали – отклонение кривой вверх, к кормушке – вниз); 4- отметка нажатия на педаль (вверх) и взятия пищи из кормушки (вниз); 5- растры и 6- гистограмма нейронной активности, построенные от момента опускания кроликом морды в кормушку.

Да, наличие здесь фазной активации не вызывает сомнений. Однако если не ограничиваться результатами только визуальной оценки, а рассчитать динамику изменения частоты разрядов данного нейрона от среднего («фоновое») уровня на всех последовательных этапах инструментального действия, окажется, что вслед за статистически достоверной активацией после момента опускания животным морды в кормушку, следует не менее статистически достоверное торможение разрядной деятельности нейрона.

Причём, подобная, вполне понятная временная сопряженность периодов «работа-отдых» отнюдь не является наиболее характерной формой проявления торозно-активационной схемы организации паттернов нейронной активности.

Так, на рис.24 представлен нейрон, у которого во время реализации инструментального оборонительного поведения наблюдалось возникновение аналогичной фазной активности сразу после нажатия животного на педаль.

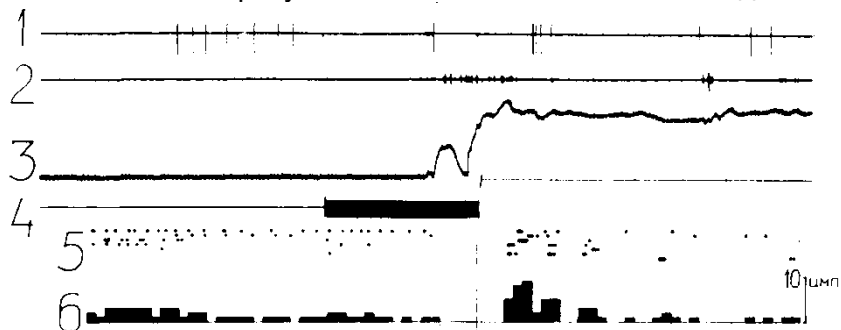


Рис.24. Предваряющие фазную активацию избирательные торможения нейронной активности в оборонительном инструментальном поведении. Обращает на себя внимание предрезультатный характер именно торможения, а не активации данного нейрона. Обозначения—как на рис.23. Тёмная линия—звук. Растры и гистограмма построены от момента нажатия на педаль.

В этом случае, в отличие от предыдущего, последовательность развития событий точно соответствовала тому, что мы наблюдали в ходе работы LabView Model N1, а именно, возникновение характерного явления подтормаживания активности элемента системы перед резкой его активацией, синхронизированной с аналогичными всплесками импульсации других таких же элементов.

Обращает на себя внимание, что предрезультатный характер в данном случае демонстрирует именно первая (тормозная) фаза изменения нейронной активности. Аналогичная тормозно-активационная форма организации разрядной деятельности наблюдается у множества других нервных клеток. Так, еще более выразительный пример предрезультатных тормозных перестроек дает рис.25.

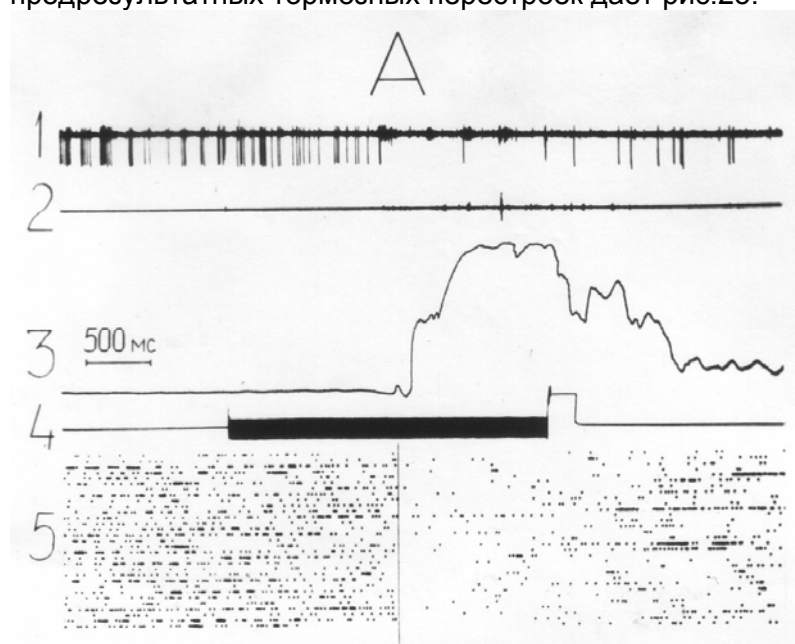


Рис.25. Растры импульсации нейрона построены от начала движения к педали. Обозначения как на рис.24.

У некоторых из зарегистрированных нами нервных клеток временная организация тормозно-активационных перестроек их импульсации имела сложно-выраженную, многофазную форму. В качестве примера можно привести следующий нейрон (рис.26).

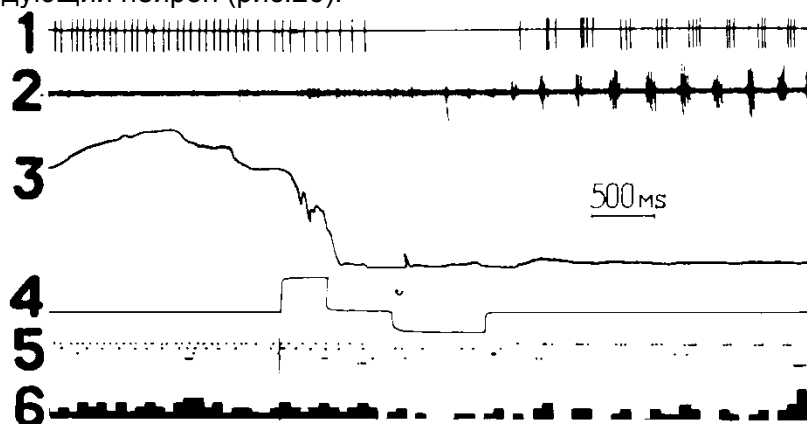


Рис.26. Сложная, тормозно-активационная форма организации паттерна разрядной активности нервной клетки в рамках инструментального пищедобывательного поведения животных. Обозначения как на рис.23. Пояснение – в тексте.

В данном случае наблюдалось достоверное снижение частоты разрядной активности нервной клетки в период взятия животным пищи из кормушки. После этого, уже в период жевания у нейрона отмечалось возникновение фазных активаций в момент закрывания рта и фазных же торможений в период открывания.

Однако наибольший интерес в этом плане представляют случаи, когда моменты формирования фазных торможений и фазных активаций наблюдаются в совершенно разные (не смежные) периоды реализации инструментального поведенческого акта. Пример одной из таких клеток представлен на рис.27.

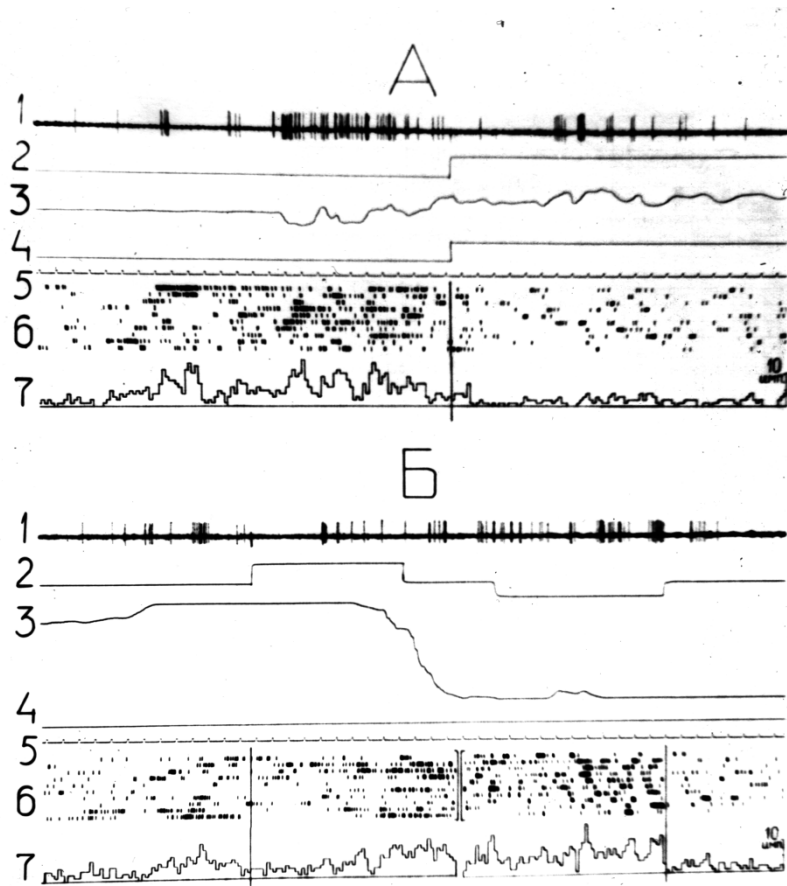


Рис.27. «Разнесённость» во времени моментов возникновения фазных торможений и фазных активаций нейрона. А- оборонительное и Б – пищедобывательное инструментальное поведение. Обозначения как на рис.22. Растры и гистограмма построены от момента нажатия животного на педаль (слева) и от момента вынимания морды из кормушки (справа).

**Обсуждение.** Таким образом, как показывают результаты проведенных исследований, во время развертывания пищедобывательных и оборонительных инструментальных действий у различных сенсомоторных нейронов закономерно наблюдается появление избирательных активаций и торможений, которые приурочены к строго определенным этапам поведенческого акта. Возникновение этого явления отмечалось многими авторами в самых различных типах приспособительной деятельности животных [Niki, 1974; Ranck, 1975; O Keefe, 1976; Rolls E., Judge S., Sungheer W, 1977 и мн. др.].

В ряде работ в рамках простых поведенческих моделей было доказано, что в условиях смены пищедобывательного поведения на оборонительное меняется "структура" фазных перестроек у нейронов зрительной области коры (Швырков В.Б., Швыркова Н.А., 1975), ретикулярной формации ствола мозга (Шевченко Д.Г., 1976), гипоталамуса (Тимофеева Н.О., Котляр Б.И., 1982), ряда других структур (Sparks D., Travis R., 1968).

Как показывают полученные нами данные аналогичная закономерность имеет место и на уровне сенсомоторной области коры, которая до сих пор еще рассматривается как проекционная зона [Конорски Ю., 1970; Вольнова А.Б., Ленков Д.Н., 1982; Ленков Д.Н., Моченков Б.П., 1984 и др.]. Конкретно, было установлено, что активность 52% системоспецифических нейронов связана с определенными этапами как пищедобывательного, так и оборонительного поведения. Причем, у 14% нейронов отмечается феномен изменения "структуры" избирательных перестроек импульсации. Т.е., в оборонительном поведении они появляются на иных стадиях реализации инструментального акта, нежели в рамках пищедобывательной деятельности.

Характерно, что у всех нейронов в рассматриваемом нами случае отсутствовали статистически достоверные изменения частоты разрядной активности в латентном периоде оборонительного акта. Все выявленные нами фаз-

ные активации и торможения клеток сенсомоторной коры были приурочены к тем или иным этапам реализации исполнительного действия.

Представляет несомненный интерес тот факт, что по способу достижения результата, по основным параметрам пищедобывательные и оборонительные действия были сходны. Между тем, паттерн разрядной активности около 30% нейронов менялся в зависимости от мотивационной основы инструментального акта.

В настоящее время исследование разрядной активности нейронов центральных структур мозга рассматривается как адекватный метод анализа процессов организации физиологических механизмов, как способ изучения динамики системных процессов.

Применение специальных экспериментальных моделей позволило установить, что избирательные активации и торможения чаще всего имеют выраженный предрезультатный характер. Причем, связь перестроек нейронной активности именно с моментами достижения животным конечных или этапных результатов сохраняется при значительном варьировании условий реализации приспособительного поведения (Швырков В.Б., 1985 и др.).

В этом отношении предрезультатные активации определенной совокупности нейронов являются своеобразной функциональной характеристикой текущей интеграции физиологических функций. Соответственно, их изменение отражает динамику физиологических интеграций [Швырков В.Б., 1995; Александров Ю.И., 1989 и мн. др.].

Вместе с тем, анализ другого нейрофизиологического явления – феномена фазных торможений импульсной нейронной активности – свидетельствует о том, что он в принципиальном плане ничем не отличается от феномена фазных активаций. Только направленностью сдвига средней частоты импульсации нейронов.

С этих позиций анализ полученных в настоящей работе данных позволяет сделать ряд принципиально важных

обобщений, касающихся этого почти не рассматриваемого, но не менее, важного нейрофизиологического явления.

### **ВЫВОДЫ**

подавляющее большинство системоспецифичных нейронов обладает фоновой разрядной активностью. Для периода инструментальной бездеятельности для каждой из таких клеток характерным является не отсутствие импульсации, а наличие определенного фонового уровня биоэлектрических разрядов.

Соответственно реализация целенаправленной двигательной активности подопытных животных сопровождается возникновением двух разнонаправленных нейрофизиологических процессов: фазными активациями и фазными же торможениями разрядной деятельности отдельных нейронов.

По всем своим основным характеристикам явление избирательных торможений нейронной активности ничем не отличается от явления фазных активаций. Они столь же предрезультатны и избирательны в отношении определенных событий организменного уровня, столь же стабильны, столь же зависят от характера приспособительной направленности решаемых задач.

Обращает на себя внимание и отсутствие зависимости степени выраженности фазных торможений от динамики изменения поведенческих параметров инструментальных актов, а именно, от продолжительности латентного периода оборонительного поведения, от длительности самого действия, от количества и продолжительности нажатия животного на педаль.

Для большинства системоспецифичных нейронов характерно наличие и фазных активаций, и фазных торможений импульсации. С этих позиций имеются все основания говорить о феномене тормозно-активационных паттернов нейронной активности как универсальной форме проявления системной специализации нервных клеток.



## **К ПРОБЛЕМЕ ИЕРАРХИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ (MODEL-02.vi)**

Одной из серьезных трудностей, связанных с разработкой теории П.К.Анохина, было и до сих пор остается отсутствие в ней простой, с физиологической точки зрения, трактовки явления иерархии функциональных систем.

Как известно, в классической (реакционной) физиологии сходный круг вопросов решается без особых затруднений. Единицей функциональной активности здесь считается рефлекс, а сложные физиологические функции рассматриваются как иерархически организованные объединения этих самых рефлексов, формирование которых происходит на основе универсального механизма замыкания временной связи.

Системной физиологии достичь такого предельно примитивного уровня ясности пока не удастся. Как известно, в рамках решения этой проблемы было обосновано заключение о ключевой роли полезного для организма приспособительного результата не только в процессах формирования отдельных функциональных систем, но и их объединения в сложные иерархически организованные комплексы. Как подчеркивал в связи с этим П.К.Анохин: «при образовании иерархии систем всякий более низкий уровень систем должен как-то организовать контакт результатов, что и может составить следующий, более высокий уровень систем и т. д. Очевидно, организм формирует свои системы именно таким образом, и только при этом возможно организовать системы с обширным количеством компонентов. Естественно, что в этом случае «иерархия систем» превращается в иерархию результатов каждой из субсистем предыдущего уровня» [Анохин П.К., 1975. С.44].

Еще более определенно это положение было сформулировано им в другой работе: «когда мы говорим о том, что более высоко организованная система состоит из субсистем, то это надо понимать отнюдь не в прямом смысле

этого выражения. Правильнее было бы говорить, что всякая функциональная система более высокого уровня организации составляется на основе результатов субсистем, т.е. результатов функциональных систем более низкой организации» [Анохин П.К., 1978. С.285].

Однако результат (особенно «этапный»!) в отличие от проторенной в мозге временной связи – понятие достаточно абстрактное. Одно и то же событие, происходящее в процессе взаимодействия организма с окружающей его средой, можно трактовать совершенно по-разному. Для кого-то поднесение стакана с чаем ко рту – это полезный результат [Анохин П.К., 1975. С.432], а кому-то это, как говорится, «без разницы» [Журавлев Б.В., 2004. С.90-100].

Итак, можно ли, используя современные компьютерные технологии, построить убедительную для широкого круга физиологической общественности модель иерархически организованного комплекса функциональных систем, объединение которых осуществлялось бы именно на основе принципа «иерархии систем через иерархию их результатов»?

На наш взгляд, невероятные возможности среды программирования LabView (ну, очень замечательная эта вещь!) позволяют выйти на конструктивное рассмотрение и этого чрезвычайно сложного вопроса.

В качестве первого шага в данном направлении возьмём описанный в предыдущей главе прибор и сотворим из него субВП: сделаем его будущей субсистемой. Для этого понадобится совершить всего три несложных действия. Во-первых, активировать блок-диаграмму MODEL-01.vi и убрать на ней все несущественные детали. Во-вторых, через опцию “Edit” выделить все её элементы («Select All»). И, в третьих в этой же самой опции (“Edit”) левой кнопкой мыши щелкнуть на позиции «Create SubVI». В результате, развернутая блок-схема модели №1 чудесным образом превратится в маленький квадратик всего с двумя контактными точками вход-выход на нём (рис.28).

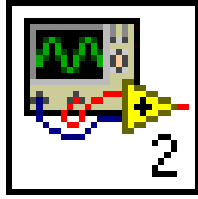


Рис.28. Субсистема модели №2

Получив такую свёртку, построим путем ее повторения набор, состоящий из опять же двадцати одинаковых субсистем, которые впоследствии и образуют новый (супер) прибор.

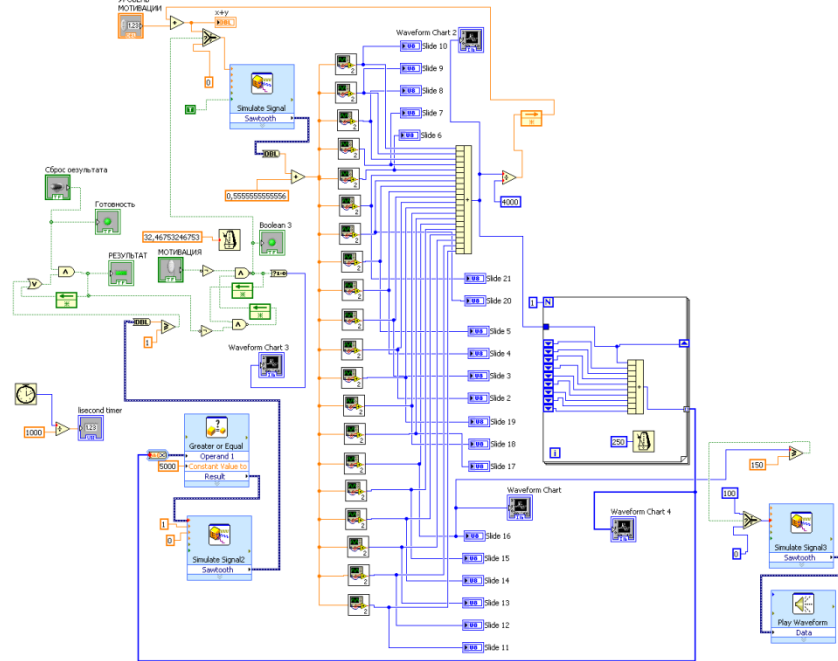


Рис.29. Блок-схема модели №2. Пояснение в тексте.

Принципиально важной особенностью получившегося таким путем образования (рис.29) является то, что объединение друг с другом субсистем в единую новую интеграцию и их контакты с новой суперсистемой осуществляется

именно через общность иерархически организованных результатов разного уровня. Никаких прямых связей между элементами subsystems здесь нет.

По своей структуре новый прибор почти полностью повторяет модель №1. Нововведением является лишь добавление к центральному сумматору дополнительного интегрирующего блока, собранного на базе сдвигового регистра "**Shift Register**". Сделано это с целью получения суммарного сигнала не только высокой пиковой амплитуды, но и достаточно солидной мощности. Если воспользоваться аналогией с моделью 2008 года (рис.7), для достижения результата палец теперь должен не просто дотянуться до кнопки (прикоснуться к ней), а именно нажать на неё с определенным усилием.

Достигается это путем использования временной структуры {**Add Shift Register** ↔ For Loop ↔ Structures ↔ Functions}, которая в среде LabView позволяет реализовать функцию непрерывного интегрирования выходного сигнала сумматора по 10-ти последовательным итерациям.

Все остальные блоки модели №2 (рис.29), как уже отмечалось, повторяют аналогичные узлы предыдущего прибора (модели №1: рис.16).

### **Control Panel**

На лицевой панели данной модели находится четырехканальный осциллограф **Waveform Chart** (рис.30). Первый его канал отражает импульсную активность одного из двадцати системоспецифичных нейрооперантов, обеспечивающих работу прибора.

На втором канале можно наблюдать аналоговый сигнал, поступающий с выхода центрального сумматора. На третий канал выведена отметка сигнала «МОТИВАЦИЯ». И, наконец, четвертый канал («актограмма») подключен к выходу интегрирующего устройства суммарного сигнала.

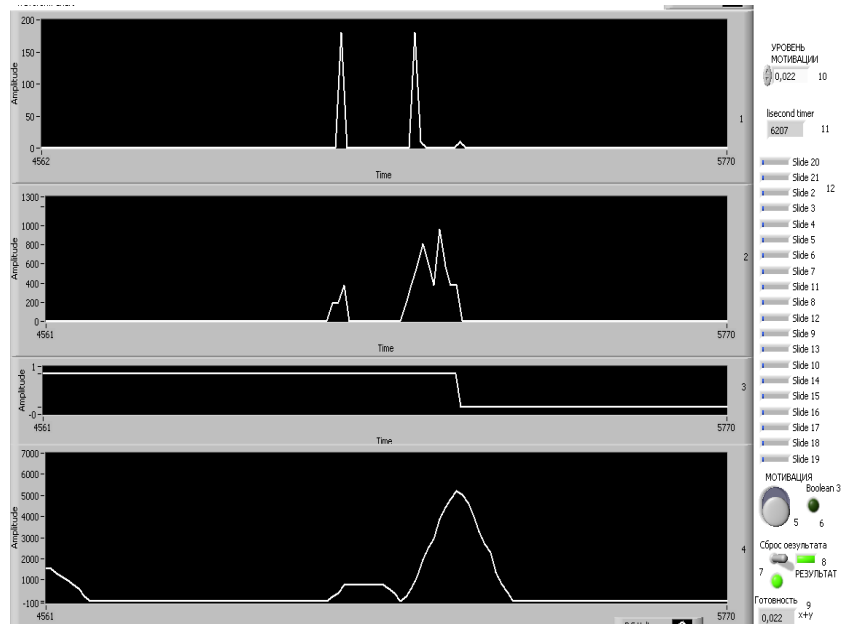


Рис.30. Лицевая панель модели «MODEL-02.vi».  
Пояснение – в тексте.

Помимо этого на лицевой панели расположены:

5- кнопка запуска режима «МОТИВАЦИЯ»;

6- светодиодный индикатор этого режима;

7- переключатель «ГОТОВНОСТЬ» (после достижения системой каждого очередного результата левой кнопкой мыши этот переключатель перекидывается сначала влево, а вторым щелчком – вправо для начала нового этапа работы);

8- светодиодный индикатор «Результат», включающийся в момент достижения результата;

9- светодиодный индикатор включения режима «Готовность»;

10- цифровой регулятор «уровня мотивации». По умолчанию его значение составляет 0,022;

- 11- посекундный таймер работы устройства;
- 12- блок, состоящий из двадцати светодиодных индикаторов, отражающих процесс генерации отдельных потенциалов действия в соответствующих каналах системы.

### **Action**

Работа с данной моделью очень сходна с тем, что делалось на модели №1. Отличие состоит лишь в том, что включение режима «мотивация» производится здесь не переключателем, а кнопкой 5. Ее нужно 1-2 сек удерживать мышью в нажатом состоянии, пока не загорится светодиодный индикатор, расположенный справа от неё, который сигнализирует о начале нового этапа работы прибора.

Кроме того, в отличие от модели №1, здесь нет режима пониженного уровня мотивации, индикатором которого в предшествующей версии прибора был пилообразный сигнал, наблюдаемый на соответствующем канале осциллографа. Достижение результата в данном случае полностью устраняет фактор генерализованного воздействия на систему. По каналу звукового сопровождения идет разрядная активность того самого нейрооперанта, который визуально наблюдается на первом канале осциллографа.

Последовательность манипуляций с двумя кнопками «управления» прибором, и что из этого получается - представлены на видео ролике Video-M2.wmv

\*\*\*\*

Итак, переводим переключатель «7» в режим готовность, и нажимаем на кнопку «5» (мотивация). Что при этом происходит?

Да ничего не происходит! Никаких признаков активности ни у системы в целом, ни у отдельных её элементов не наблюдается. И такое молчание продолжается на протяжении непредсказуемого периода времени. Иногда – больше минуты. Но бывает и так, что система инициирует работу своих внутренних пейсмекерных механизмов достаточно быстро.

Важно подчеркнуть, что при попытке построения классических постстимульных гистограмм для определения параметров «реакции» системы на мотивациогенное воздействие, ничего не получится, поскольку вариативность латентного периода такой «реакции» достигает невероятно больших величин. По сути дела латентный период в данном случае оказывается индивидуальным для каждой реализации. С таким же успехом можно говорить о возникновении инструментальной пищедобывательной реакции у кролика, возникающей в ответ на изъятие у него в виварии кормушки с едой (вроде бы тоже «пусковой стимул»).

На самом деле здесь можно сделать только одноединственное верное заключение, а именно, вывод об отсутствии реакции системы на указанное воздействие. Более того, никакой реакции у неё и в ответ на включение («вручную») мотивациогенного стимула в этот период времени также не наблюдается. А вот если построить актограммы не от момента включения-выключения мотивации, а от момента ее удовлетворения в результате целенаправленных действий системы, картина окажется совершенно иной (рис.31). В этом случае, помимо предрезультатных актограмм, мы получим и классические предрезультатные растры импульсной активности нейрооперантов (рис.32). Буквально один к одному, как у системоспецифичных нейронов мозга. Соответствие просто поразительное!

Характерной особенностью работы новой модели является то, что в рамках иерархически организованного комплекса функциональных систем **выход на точку синергетического резонанса** их элементов происходит **не как одномоментный акт** (в отличие от модели №1). Здесь уже наблюдается развернутый во времени процесс постепенного согласования работы тех компонентов, активность которых в будущем и приведёт к достижению результата.

Обращает на себя внимание уникальность, неповторимость наблюдаемых при этом явлений. Функциональная **система каждый раз как бы строится заново** (рис.31).

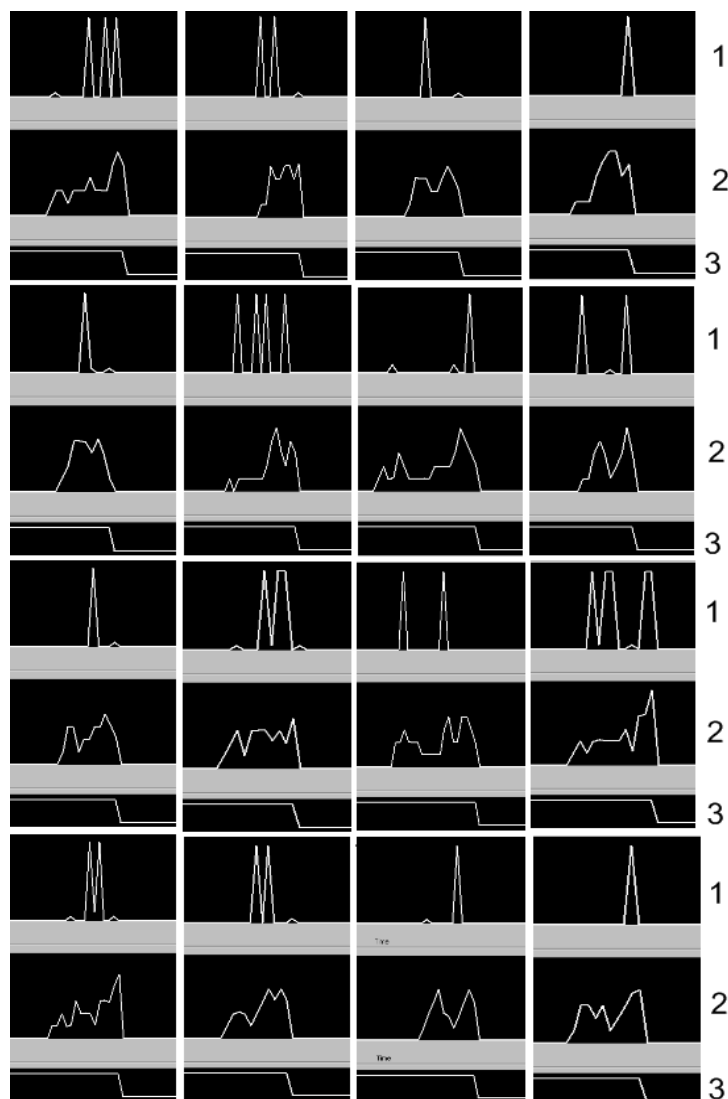


Рис.31. Фрагменты записей 16-ти результатов записей 16-ти результатов реализации поведения модели №2. Пояснение в тексте. Обозначения 1 – 3 как на рис.30.



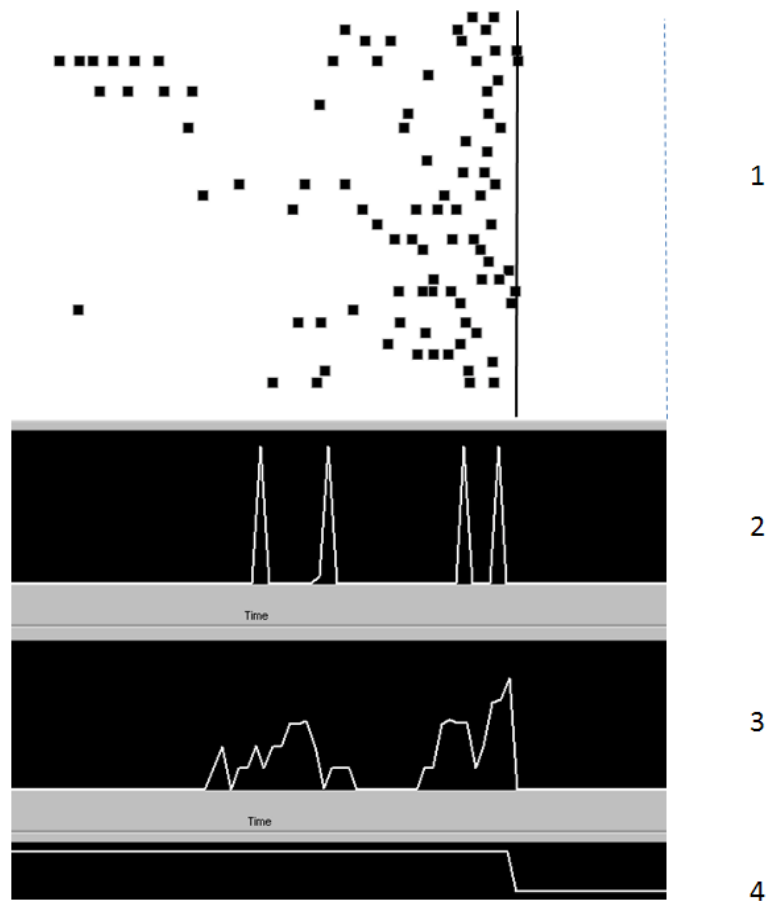


Рис.32. Предрезультатные растры импульсной активности одного из системоспецифичных нейрооперантов. 1- растры, построенные от момента достижения результата (каждая строчка – один поведенческий акт системы; каждая черная точка – потенциал действия); 2- импульсная активность нейрооперанта; 3- актограмма (выход сумматора); 4- отметка удовлетворения мотивации (отклонение кривой вниз).

В данном случае особенно отчетливо проявляется тот факт, что единственным неизменным параметром системы, который можно считать её «визитной карточкой», является **конечный результат** её деятельности. Он достигается всегда, в 100% случаев. Все же остальные показатели (компонентный состав, паттерны активности образующих её элементов, временные параметры поведения и т.п.) – каждый раз меняются, а значит, не могут относиться к числу стабильных характеристик развёртывания системных процессов. Их рассмотрение в отрыве от императивного системообразующего фактора – результата – не позволяет выделить (объективизировать) данную систему в рамках временного континуума.

Обращает на себя внимание и четко выраженная вариативность моментов генерации элементами системы предрезультатных потенциалов действия. Именно такая форма разрядной активности наблюдается у системоспецифичных нейронов в естественных условиях свободного поведения. Особенно демонстративны в этом плане нативные записи одновременно **всех двадцати** нейрооперантов, обеспечивающих целенаправленные действия рассматриваемой системы (рис.33). В реальном масштабе времени эти записи можно наблюдать при работе модифицированного варианта исходной модели (**MODEL-02-СУММА.vi**). Здесь особенно хорошо видны:

- **Предрезультатный** характер работы системы.
- **Вариативность** паттернов импульсной активности нейрооперантов.
- Наличие **стабильных и нестабильных** элементов одной и той же интеграции.
- Наличие **неэффективных** (пробных) попыток достижения результата.
- **100%- ость его получения** (как императив работы системы).
- **Перебор степеней свободы** системы в процессе достижения результата (рис.34).

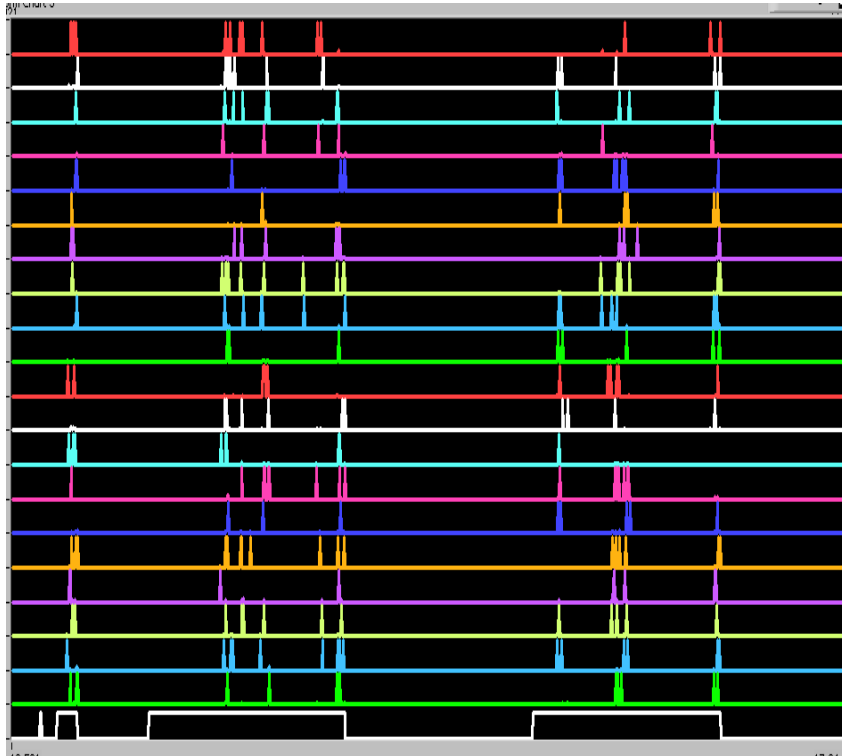
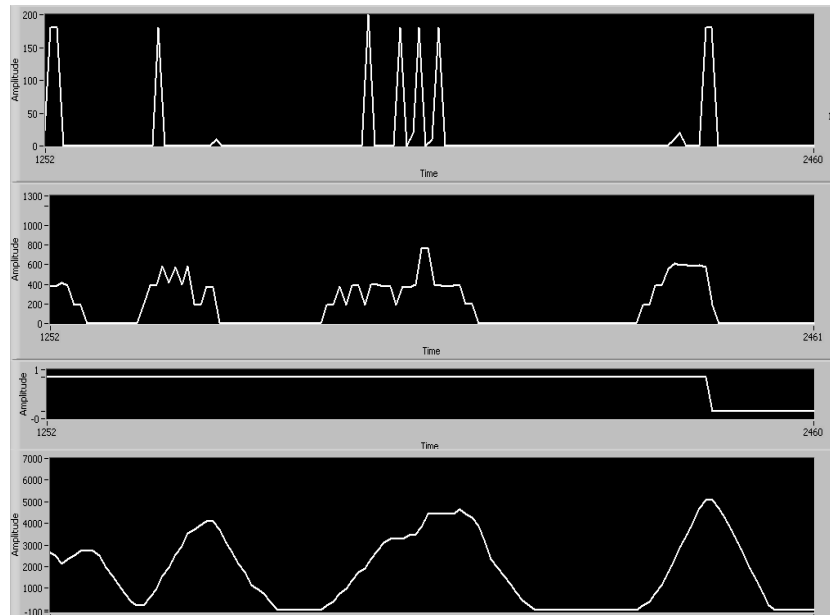


Рис.33. Осциллограмма одновременной записи импульсной активности двадцати нейрооперантов, эффективно взаимодействующих на получение общего результата.

Каждый из двадцати верхних каналов осциллографа отражает импульсную активность какого-то одного из элементов рассматриваемой системы.

Нижняя кривая – отметка включения «мотивации» (отклонение кривой вверх) и выключения её в результате выполнения системой эффективного целенаправленного действия (отклонение кривой вниз).



*Рис.34. Перебор системой степеней свободы в рамках последовательно предпринимаемых ею попыток достижения результата. Первые три из них оказались неудачными. Удовлетворение мотивации явилось итогом лишь последнего (заключительного) поведенческого акта. Обращает на себя внимание кардинально различный рисунок актограмм суммарной деятельности системы, а также паттерна нейрооперантной активности во время реализации наблюдаемой последовательности действий.*

*Обозначения как на рис.30.*

Последнее обстоятельство особенно убедительно свидетельствует в пользу возможности рассмотрения подобных устройств именно как полноценных («по определению») функциональных систем. В связи с этим нельзя не вспомнить известное высказывание П.К.Анохина, который

писал: «одним из самых характерных свойств функциональной системы является именно динамическая изменчивость, продолжающаяся до тех пор, пока не будет получен соответствующий полезный результат. Ясно, что на первый план в формировании истинно функциональных систем выступают законы результата и динамической мобилизуемости структур, обеспечивающие быстрое формирование функциональной системы и получение данного результата» [Анохин П.К., 1975. С.41] (выделено мной).

**Прим.** После запуска устройства **MODEL-02-СУММА.vi** необходимо подождать 2-3 минуты пока осциллограф не выйдет на штатный режим отображения информации (справа - налево, на низкой скорости).

### ***Все в точности, как в опытах К.Лешли***

Для определения потенциала внутренней устойчивости системы, была проведена контрольная серия экспериментов, связанных с частичным повреждением ее структуры. Это можно рассматривать как аналог опытов К. Лешли, о которых уже упоминалось в публикации 2008 г. (с.54).

Перерезке подвергался единственный входной канал 25% выбранных в случайном порядке субВП (рис.29) модели №2. Изувеченное таким способом устройство наличествует в директории DVD-R: //“**MODEL-02-ЛЕШЛИ.vi**”. Другой способ частичного разрушения системы (по выбору: на 25%, 50% или 75%) демонстрирует прибор “**MODEL-02 А-Б-С-Д.vi**». Plug & Play Blin.

Главный вывод по результатам анализа работы такого рода устройств: результативность системы в подобных случаях не утрачивается! И это независимо от места и от способа её поломки. Обращает на себя внимание факт значительного возрастания средней частоты импульсации оставшихся неповрежденными нейрооперантов, которые мгновенно принимают на себя дополнительные функции выбывших из строя элементов (рис.35). Кардинальным образом меняются и поведенческие параметры. Прежде все-

го, почти исчезает латентный период возникновения активности после включения тумблера «Мотивация». Кроме того, статистически достоверно ( $P < 0,99$ ) возрастает и длительность периода активных действий.

Деятельность системы нарушается радикальным образом лишь в случае полной утраты всеми её элементами канала обратной связи, идущей с выхода сумматора. Процессы самоорганизации при этом полностью затормаживаются (см. работу модели **“MODEL-02-БЕЗ ОС.vi”**).

Т.о., вслед за К.Лешли мы приходим к выводу, что степень нарушения работы подобных систем коррелирует лишь с объемом повреждения (так называемый, «закон массы»), но не с конкретными точками его локализации. Исключение составляет лишь разрушение самого «мотивационного» центра. В этом случае работа устройства останавливается. Система «впадает в кому».

В целом, все рассматриваемые нами vi-устройства обладают очень высоким потенциалом внутренней устойчивости к повреждающим их воздействиям. Способность к результативной деятельности сохраняется у них даже при значительных нарушениях структурно-функциональной организации основного блока – блока нейрооперантов.

Вывод о высоком уровне надежности рассматриваемого нами класса устройств предполагает трактовку этого явления именно с позиций общей теории функциональных систем [Анохин П.К., 1935, 1974]. Согласно развиваемым в ней представлениям потенциал внутренней устойчивости системы определяется не только и даже не столько наличием у неё специальных репарационных механизмов, реализация которых устраняет возникающие поломки. Значительно более важным условием нормального функционирования любых подобных образований является их способность получать жизненно важные результаты, используя для этого «изрядно потрепанный» комплекс центрально-периферических компонентов (**MODEL-02-СУММА-ЛЕШЛИ**)

П.К.Анохин особо выделял это системное свойство.

«Таким образом, - писал он - совершенно очевидно, что у гармонически сочетанной функциональной системы, обладавшей всеми чертами саморегуляции, каждое нарушение или изменение ее элементов немедленно ведет к **перестройке и перераспределению роли всех других компонентов системы**». И далее. «Модифицируя общепотребительную формулу надежности, мы могли бы сказать, что термин «надежность» во всех саморегулирующихся системах может быть применим только к результату деятельности системы. Именно **надежность результата** представляет собой тот *primum movens*, который своими отклонениями определяет любую «надежность», любое изменение и любую перестройку как в элементах, так и в целой системе» [Анохин П.К., 1978. С.287] (выделено П.К.).



Рис.35. Повышение интенсивности работы «оставшихся в живых» нейрооперантов после повреждения системы (сравн. с рис.33). Обозначения как на рис.33.

## **К ПРОБЛЕМЕ МЕХАНИЗМОВ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ (MODEL-03.vi)**

### **Введение**

Способность рассматриваемых нами систем к построению целенаправленных форм поведенческой активности вполне закономерно приводит к постановке ещё одного принципиально важного вопроса – вопроса, касающегося механизмов их обучения и памяти.

Актуальность этой проблемы в данном случае вполне понятна. Действительно, мы имеем перед собой уникальное по своим функциональным возможностям образование, обладающее 100%-ой результативностью и способностью к мгновенной реорганизации своего компонентного состава при возникновении различных непредвиденных затруднений в ходе достижения результата. Причем, никаких специальных механизмов программирования и перепрограммирования работы в непредсказуемо меняющихся условиях такой системе не требуется.

О каком обучении здесь вообще может идти речь? Разве можно научить ещё чему-нибудь столь совершенное с функциональной точки зрения образование?

На самом деле можно.

В этом нетрудно убедиться, если вновь обратиться к рисунку с графиками поведенческой активности одной из таких систем (рис.31). Хорошо видно, что некоторые её актограммы имеют довольно большую продолжительность во времени. С этих позиций бесспорным проявлением процесса обучения можно было бы считать сокращение времени достижения системой конечного результата и уменьшение вариативности данного параметра.

Соответственно, установив: в каких случаях это происходит, какие необратимые изменения на элементарном уровне обуславливают сохранение этого нового положительного качества – мы сможем получить ответ на вопрос о нейрооперантных коррелятах процесса обучения и памяти.



Очень важным моментом в решении поставленной задачи, на наш взгляд, является то, чтобы процесс модификации исходной системы не менял основополагающих принципов её функционирования. Другими словами, новая, обученная более быстрому способу достижения результата система, по-прежнему должна состоять из несвязанных друг с другом напрямую элементов, контакты между которыми осуществляются исключительно через иерархически организованный комплекс результатов их деятельности. Никаких замыканий рефлекторных дуг, никаких проторений временной связи, никаких эффективных синаптических контактов между ними быть не должно! Никакой концептуальной эклектики!

Задача прямо скажем не из легких, но, как выяснилось, вполне выполнимая.

В качестве первого шага в данном направлении рассмотрим новую, более сложную систему, состоящую из двух предыдущих vi-моделей (рис.29). Пусть первая из них выполняет свою функцию в директории «X» декартовой системы координат. А другая в точности такая же модель – вдоль другой оси («Y»). Единственным связующим звеном между ними является кнопка запуска. При нажатии на неё и у первой, и у второй модели независимо друг от друга незначительно повысится вероятность генерации их внутренними пейсмекерными механизмами потенциалов действия.

**Лицевая панель** нового устройства (MODEL-03.vi) представлена на рис.36. Помимо курсора, текущие координаты которого задаются независимо работающими X и Y системами, в рабочем поле выставляется объект-мишень. Её координаты, также абсолютно независимо определяются двумя регуляторами {**Horizontal (Vertical) Pointer Slide** ↔ Numeric ↔ Control}. Кнопка «активация цели» материализует эти координаты в конкретную, появляющуюся на рабочем поле цель. По умолчанию координаты цели отнесены в правый верхний угол рабочего поля, что позволяет

наблюдать особенности движения курсора с исходной нулевой точки графика в зону, максимально от неё удаленную. Для изменения местоположения цели на рабочем поле используются два регулятора ползункового типа. Один из них (вертикальный) позволяет сдвигать цель вдоль оси «Y», а другой (горизонтальный) - вдоль «X».

Уровень мотивации по умолчанию составляет 0,062 для обеих систем. Вопрос о том, как изменение этого параметра влияет на их поведение, в настоящей монографии не рассматривался. Это же относится и к проблеме влияния режимов оперантной детерминации отдельных элементов устройства на его функциональные параметры.

Для создания двухмерного графика на экране осциллографа использовались субВП: {Convert to Dynamic Data6 – Merge Signals – Build XY Graph2 – **XY Graphs**}.

**Полная «Блок-схема»** данного устройства представлена на рис.37.

### **Action**

Итак, включаем тумблер «активация цели» и видим, как курсор сразу же начинает двигаться через всё рабочее поле прямо к цели. Стоит только изменить местоположение последней, и траектория движения курсора также меняется. Изменится все. И направление, и скорость перемещения и уровень разброса траекторий относительно среднего значения – всё, кроме одного: целенаправленного характера активности. В итоге, мишень достигается в 100% случаев.

Откуда берется столь эффективная целеустремленность непонятно. Ведь её наличие предполагает точное соотношение системой в реальном масштабе времени величин  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  в рамках каждой последовательной итерации. Кроме того, эти параметры оказываются совершенно различными при разных исходных положениях цели в рабочем поле.

Как данная система справляется с решением этой сложнейшей задачи до сих пор остается для нас загадкой.

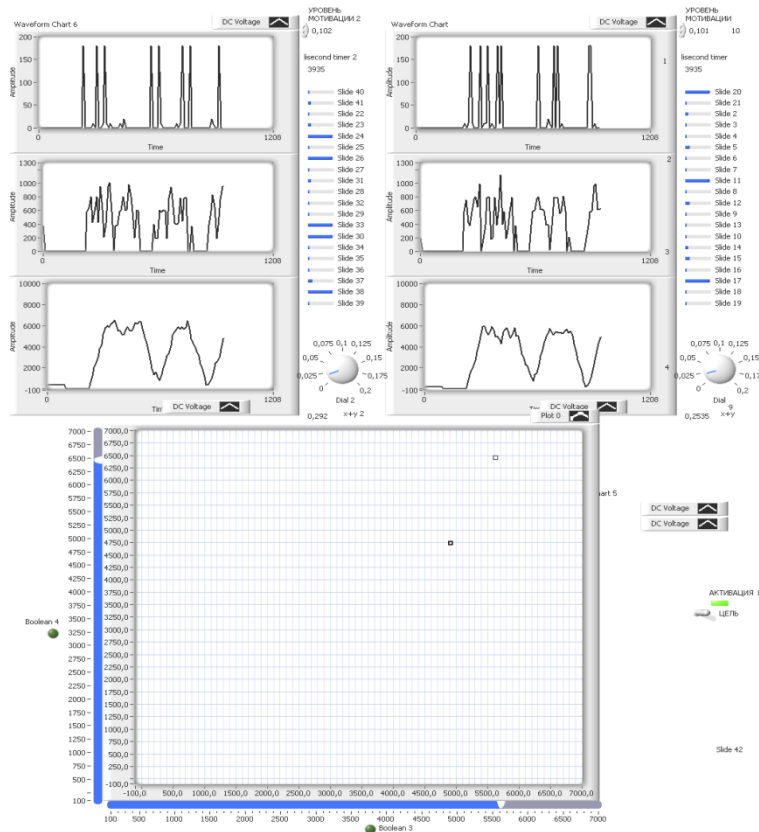


Рис.36. Лицевая панель MODEL-03.vi. Каждый из двух верхних блоков в точности повторяет Control Panel MODEL-02.vi. Те же регуляторы и всё те же системы отображения информации.

Нижний экран представляет собой рабочее поле, по которому курсор перемещается из своего исходного положения  $X=0$ ;  $Y=0$  в область локализации мишени. Она появляется на экране после включения переключателя «активация цели». Её координаты определяются вертикальным и горизонтальным регуляторами ползункового типа.

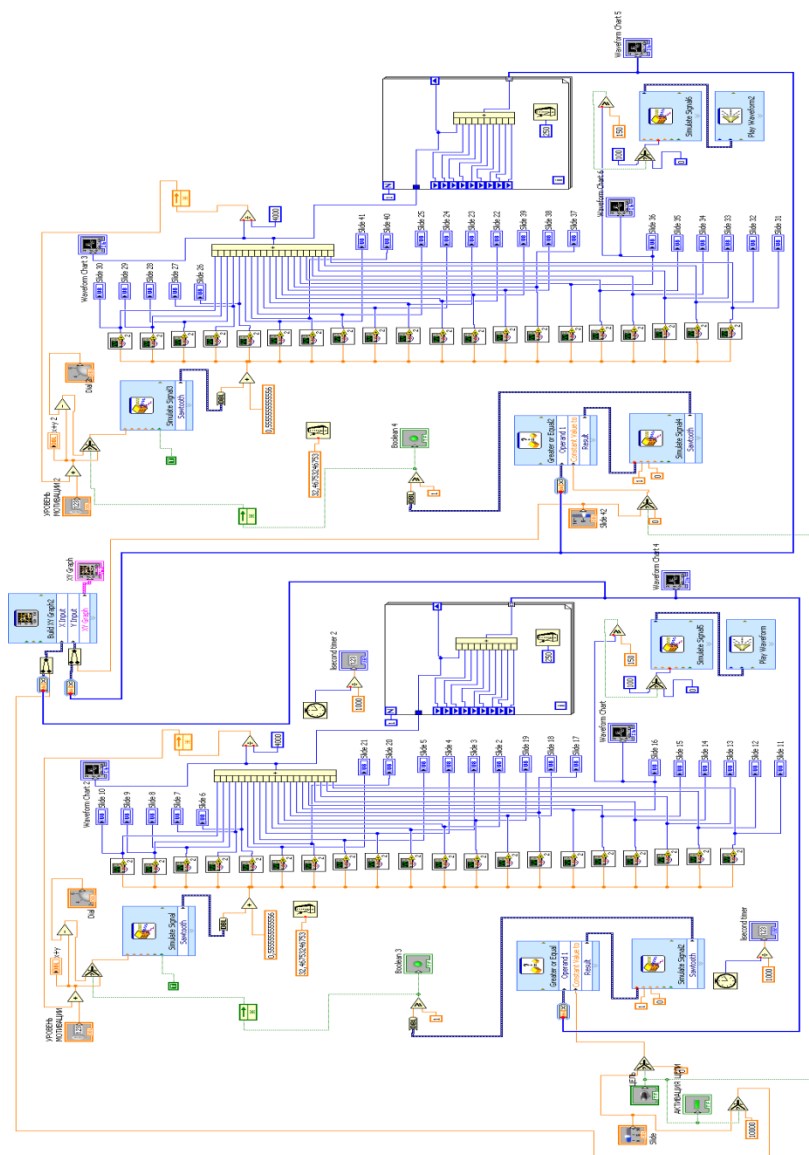


Рис.37. Блок-схема (алгоритм работы) MODEL-03.vi

Не исключено, что с инженерно-технической точки зрения данный феномен объяснить вообще невозможно. Но факт остаётся фактом. В этом можно убедиться, посмотрев на лазерном диске vi-файл **MODEL-03** и wmv-файл **Video-M3**.

Однако сейчас нас больше интересует другой вопрос, а именно, **способна ли данная система помимо всего прочего, ещё и к обучению?**

Для начала построим классические циклограммы (Попова Т.С., Могилянская З.В., 1934) двигательной активности исходной («наивной») модели. Сделать это в LabView очень просто, поскольку работа всех систем происходит здесь в квантовом режиме. Используя специальную кнопку главной панели, мы можем воспроизвести по-итерационное развитие происходящих событий. Ну и соответственно построить график движения, на котором точками будут отмечены минимальные (равномерные) кванты времени. Число их варьирует в пределах 12-16 шт. (рис.38). Именно столько прыжков должен совершить курсор, чтобы достичь своей цели ( $X=6800$ ;  $Y=6800$ ) из нулевой точки рабочего поля.

Теперь продублируем два раза model N3. Создадим еще два точно таких же прибора, также объединенных друг с другом одной лишь общей кнопкой запуска (DVD-ROM // BOBROVNIKOV // MODEL-03-3 шт.vi).

Что в результате получается?

А вот что. На рабочем поле возникают три независимо двигающихся курсора, каждый из которых стремится к достижению одной и той же цели. Три новые системы работают независимо друг от друга, но при этом оказывается, что циклограммы каждой из них несут на себе уже значительно меньшее число итерационных отметин, чем исходная модель. Это значит, что для своего перемещения со стартовой позиции ( $X=0$ ;  $Y=0$ ) к цели ( $X=6800$ ;  $Y=6800$ ) каждая из трёх систем затрачивает теперь в несколько раз меньше квантов времени (итераций), чем раньше (рис.39). Дальнейшее увеличение числа систем с 3-х до 5-

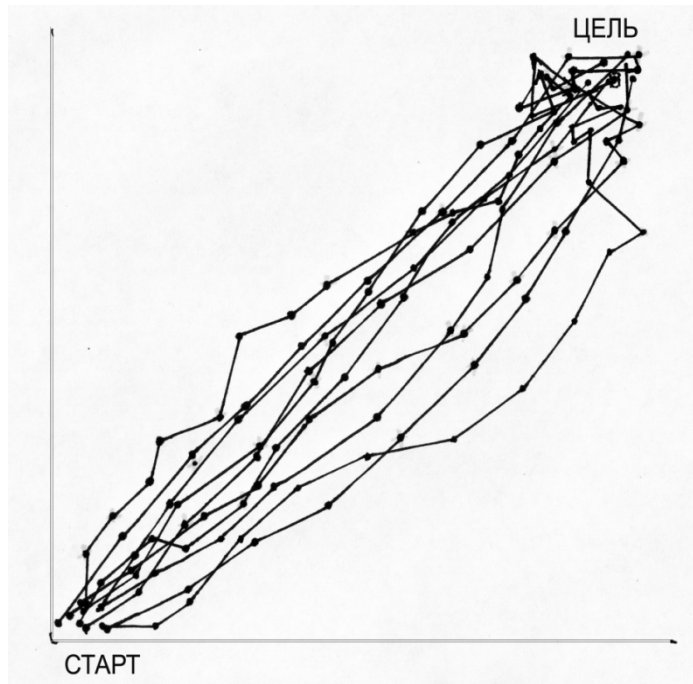
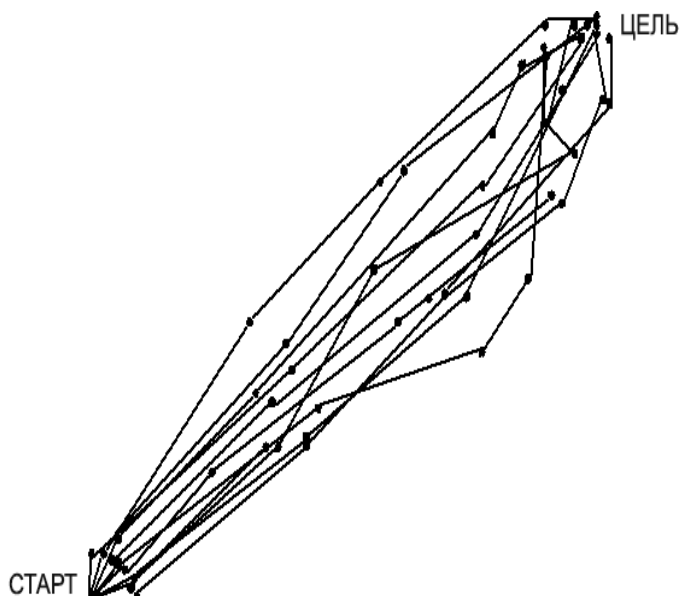


Рис.38. Циклограммы перемещения курсора по направлению к цели в рамках десяти последовательных реализаций действия «наивной» системы (будущая «группа» состоит пока лишь только из одной функциональной системы). Каждая непрерывная линия это одна из траекторий перемещения курсора из исходного его положения к цели. Точками обозначены моменты «остановки» курсора, соответствующие моментам завершения каждого очередного итерационного цикла.

ти (**MODEL-03-5шт.vi**) инициирует ещё большее снижение времени поведенческого акта (рис.40). И, наконец, 10-ти кратное дублирование системы (**MODEL-03-10шт.**) приводит к тому, что все курсоры начинают преодолевать путь от старта до финиша двумя прыжками. **Прим.** В последней модели на плоттере выставлена только половина курсоров.

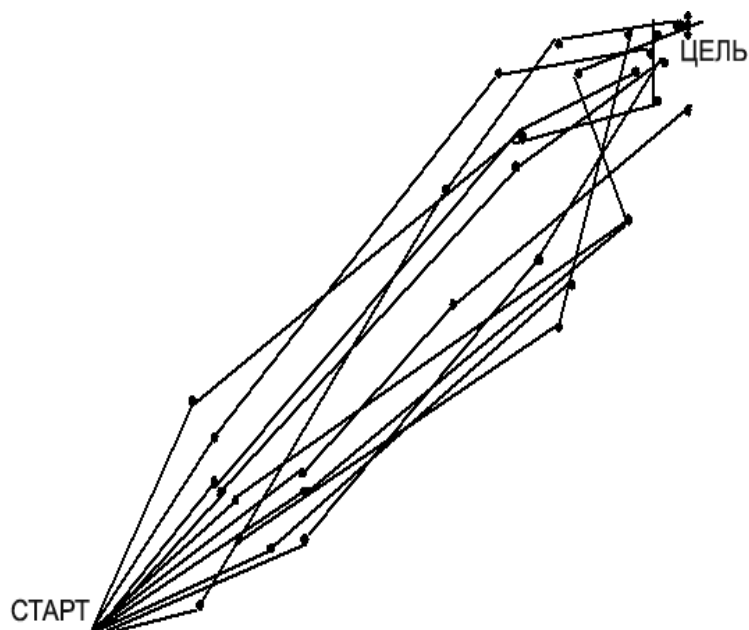


*Рис.39. Циклограммы перемещения одного из курсоров по направлению к цели в рамках десяти последовательных реализаций действия в случае увеличения состава группы до трёх систем. Длительность поведенческого акта снижается с 12-16 итераций до 5-8 шт.*

### **Обсуждение**

Значительное снижение времени поведенческого акта (времени, затрачиваемого системой на достижение конечного результата) с полным основанием можно считать классической формой проявления процесса обучения. Именно это и происходит в рассматриваемом нами случае. Т.о., мы действительно можем говорить о способности описываемых vi-устройств к приобретению и сохранению ими новых, более совершенных двигательных навыков.

Ясен и конкретный нейрооперантный механизм этого явления. В основе его лежит формирование определенного



*Рис.40. Циклограммы перемещения курсора по направлению к цели в десяти последовательных реализациях при увеличении состава группы функциональных систем до 5 шт. Достижение результата происходит теперь уже за 3-5 микро временных интервалов.*

ряда дублирующих друг друга функциональных систем.

Нечто подобное вполне вероятно происходит и в нейронных структурах мозга человека и животных. Во всяком случае, при проведении микроэлектродных исследований на свободноподвижных животных еще в конце 1970-х годов мы столкнулись с наличием колоссального количества дублирующих друг друга нейрономункулусов, которые имели сходный тип своей глобальной поведенческой специализации и, в то же время, разные паттерны разрядной деятельности [Швыркова Н.А., Бобровников Л.В., 1979].

Однако всё сказанное касается лишь феноменологических аспектов рассматриваемого круга явлений. А вот



почему подключение новых, полностью дублирующих друг друга функциональных систем обуславливает развитие процесса совершенствования их поведенческой активности – совершенно не понятно. Здесь пока можно строить только более-менее правдоподобные предположения.

На сегодняшний день наиболее обоснованной, на наш взгляд, выглядит следующая точка зрения. Скорее всего, добавление новых, вроде бы совершенно самостоятельных систем к уже существующей (рис.41), на самом деле, не приводит к формированию комплекса автономно работающих функциональных систем.

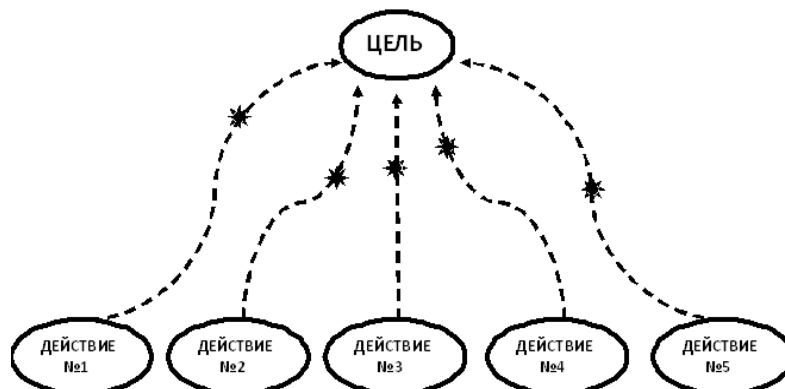


Рис.41. На первый взгляд, именно по такой схеме обеспечивается работа системы, активность которой представлена на рис.40.

Хотя их курсоры и перемещаются по рабочему полю независимо друг от друга, весьма вероятно, что программный комплекс LabView сохраняет для них некое общее ядро, которое и может выступать в качестве своего рода **рефрена** всех выполняемых системных действий. А это значит, что схема организации работы рассмотренного выше комплекса vi-устройств выглядит не так, как это представлено на рис.41, а следующим образом (рис.42).

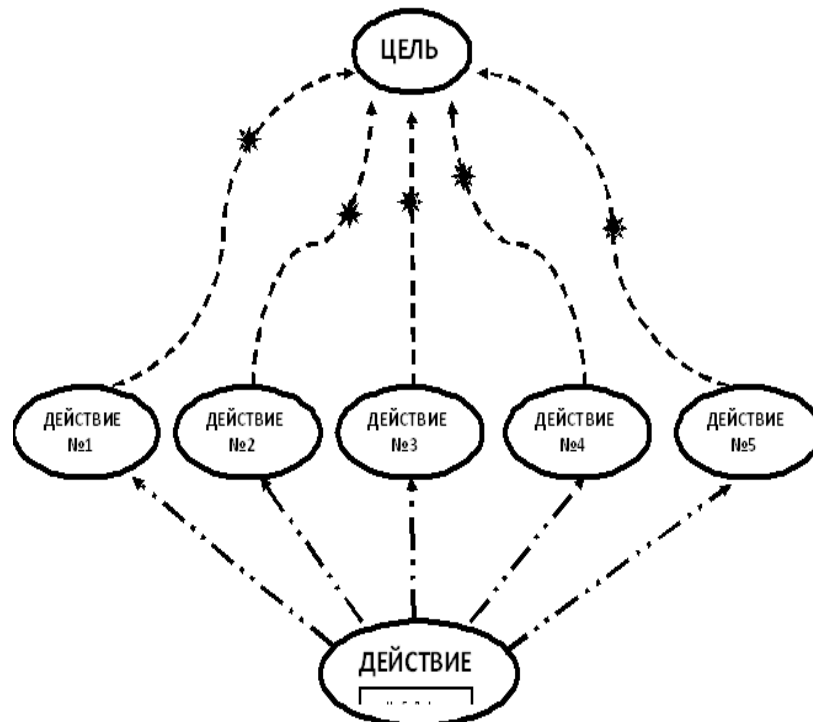


Рис.42. Наиболее вероятная схема реального программного обеспечения поведенческой активности комплекса «независимых» функциональных систем предполагает наличие определенного рефрена процесса формирования различных действий.

**Заключение.** С необычным поведением двумерных моделей генераторов функциональных систем мы впервые столкнулись ещё в 2008 году. И все предпринимаемые с тех пор попытки разобраться с причинами возникновения совершенно непонятных корреляций в их работе так и не увенчались успехом. Как и три года назад, сегодня по-прежнему остаются до конца не ясными механизмы их патологической целенаправленности и согласованности работы образующих их элементов.

Не исключено, что истинная причина этого действительно связана с особенностями программной организации среды LabView. Очень уж необычная у неё структура. Возможно, какие-то межэлементные связи в не декларируемой её разработчиками форме эта система всё-таки может привносить, создавая своего рода артефакт целеустремленности сделанных с её помощью приборов.

Может быть. Но никаких оснований в пользу этой версии или против неё до сих пор нет. Более того, если вдуматься, вопрос этот, на самом деле, не имеет столь уж принципиального значения, как это может показаться на первый взгляд.

Самое главное, что сегодня в нашем распоряжении имеются полноценные объектно-ориентированные модели, которые очень точно воспроизводят динамику нейрофизиологических процессов, развертывающихся во время целенаправленной поведенческой активности человека и животных. Причем работа **всех без исключения элементов** таких систем наконец-то становится доступной для её непрерывного контроля (в отличие от ограниченной выборки нейронов, случайно попадающих на пути погружаемого в мозг микроэлектрода). Нужно только детально разобраться в особенностях функционирования подобных образований.

Если же при этом обнаружатся какие-то скрытые в дебрях LabView межэлементные связи, то ведь и между системоспецифичными нейронами мозга также существуют прямые синаптические контакты. Значит, нужно и в рамках наших компьютерных моделей попытаться их как-то объективизировать и всесторонне изучить. Но, повторяю, до сих пор никаких свидетельств в пользу их существования нам получить так и не удалось.

Кстати говоря, одна из основных задач разработки дефектных моделей (моделей-ЛЕШЛИ) как раз и заключалась в том, чтобы попытаться выявить такого рода скрытые внутрпрограммные межэлементные взаимодействия. Об их наличии можно было бы, например, говорить в том слу-

чае, если перерезка контуров обратной связи (от общего результата) не нарушала бы согласованности работы элементов системы. Но ведь, нарушает же, и весьма основательно. Значит, эффект аномально высоких уровней синхронизации активности системообразующих элементов не обусловлен наличием у них возможности «договариваться друг с другом напрямую».

Но всё равно, этот факт снимает лишь одну из альтернативных версий, не выводя нас на объяснение самого феномена патологической целеустремленности и согласованности работы нейрооперантов. А в том, что всё это есть, можно убедиться при рассмотрении множества других модификаций vi-устройств.

### **ТРЕХМЕРНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА (MODEL-04.vi)**

Особенно вызывающим в этом плане выглядит поведение трехмерной модели генератора функциональных систем (см. DVD-R// BOBROVNIKOV // MODEL-04.vi).

Это устройство являет собой усложненный вариант двухмерной модели (MODEL-03) путём простого добавления к ней аналогичной системы, функционирующей вдоль оси Z. Соответствующие регуляторы, выставяющие координаты цели X,Y,Z расположены параллельно осям трёхмерного графика. В качестве устройства отображения здесь используется **3D Scatter Datatype.Jvclass Plot Helper.vi**

Курсор (синий кружок) и цель (красный кружок) исходно находятся в нулевой зоне трёхмерного пространства. После запуска устройства с главной панели, цель оказывается в диаметрально противоположном углу (X=6800; Y=6800; Z=6800), после чего с небольшой задержкой в 1-2 итерации курсор начинает двигаться прямо по направлению к цели. Любое изменение её координат сразу же меняет и траекторию непрерывно преследующего её курсора.

По каналу звукового сопровождения транслируется сигнал, идущий с выхода одного из 20-ти каналов системы.

## **КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ АССОЦИАТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ПАМЯТИ (MODEL-05.vi)**

Итак, весьма вероятно, что комплексы дублирующих друг друга функциональных  $vi$ -систем, которые ответственны за процессы обучения и памяти, строятся на основе именно конвергентного принципа их организации (рис.42).

Ранее, нам уже доводилось сталкиваться с очень похожей проблемой [Бобровникова З.П., Бобровников Л.В., 1977; Бобровников Л.В., 1978]. Тогда это было связано с решением вполне конкретной практической задачи, а именно с тем, чтобы при проведении уроков (в экспериментальной школе) значительно повысить эффективность процесса повторения учащимися ранее пройденного материала. То есть, мы попытались выяснить, как при минимальных затратах времени на такое повторение охватить им максимально широкий круг того, что было изложено преподавателем на предыдущих занятиях.

В поисках ответа на этот вопрос мы исходили из предположения, что в процессе обучения приобретаемые учеником новые знания не просто закладываются в некую автономную ячейку его памяти, а всегда активно встраиваются в структуру уже сложившегося ранее комплекса ассоциативных связей, в рамках которого актуализация одних энграмм вызывает непроизвольное извлечение из памяти (повторение) других.

Сложность практического использования этого давно известного метода, основанного на принципе «повторенье – мать ученья», заключается в том, что образование подобных мнемических структур носит ярко выраженный индивидуальный характер и во многом происходит стихийно, в силу случайного стечения жизненных обстоятельств.

Очень выразительно об этом написано в известном романе Германа Гессе «Игра в бисер».

*«Примерно в то же самое время я увидел у своего*

учителя музыки старую нотную тетрадь с песнями Франца Шуберта, которая чрезвычайно меня заинтересовала. Как-то, дожидаясь начала урока, я перелистывал её, и в ответ на мою просьбу учитель разрешил мне взять на несколько дней ноты. В часы досуга я испытывал блаженство первооткрывателя, ибо до этого никогда еще не слышал Шуберта, и теперь был всецело им захвачен. И вот, то ли в день нашего похода за бузиной, то ли на следующий, я вдруг натолкнулся на "Весенние надежды" Шуберта. Первые же аккорды аккомпанемента ошеломили меня радостью узнавания: они словно пахли, как пахла срезанная ветка бузины, так же горьковато-сладко, так же сильно и всепобеждающе, как сама ранняя весна! С этого часа для меня ассоциация -- ранняя весна -- запах бузины -- шубертовский аккорд -- есть величина постоянная и абсолютно достоверная, стоит мне взять тот аккорд, как я немедленно и непременно слышу терпкий запах бузины, а то и другое означает для меня раннюю весну. В этой частной ассоциации я обрел нечто прекрасное, чего я ни за какие блага не отдам.

Однако сама ассоциация, неременная вспышка двух чувственных переживаний при мысли "ранняя весна" - это мое частное дело. Разумеется, я могу рассказать об этом другим, как рассказал только что вам. Но передать ее вам я не в силах. Я могу объяснить вам, растолковать, какая возникает у меня ассоциация, но **я не в силах сделать так, чтобы моя частная ассоциация вызвала хотя бы у одного из вас точно такую же, стала своего рода механизмом, который бы по вашему вызову срабатывал абсолютно так же и всегда одинаково»** (выделено мной, Л.В.).

Очень точно всё подмечено. Но и вывод довольно безрадостный. Выходит, что уникальность жизненного пути человека порождает уникальную же систему формирующихся у него ассоциативных связей, что, в конечном счете, делает невозможным управление ею кем бы то ни было, по

сути дела, даже самим её обладателем.

К счастью, оказывается, что это заключение не является истинной в последней инстанции. Как выяснилось, процесс образования ассоциативных связей между различными энграммами памяти действительно носит неуправляемый характер. Ассоциации действительно возникают в значительной мере случайно, как это и описано в романе Г.Гессе. Но вот их сохранение реализуется уже как вполне контролируемый процесс. Главным здесь является то, что разные **ассоциативные связи по своей прочности оказываются не равнозначны**. **Значительно большей устойчивостью обладают те из них, которые подвергаются частой актуализации.**

Принятие этого заключения приводит к другому, уже не столь тривиальному выводу о том, что **не только случайные жизненные обстоятельства, но и сам базовый принцип организации структуры ассоциативных связей определяют их прочность. Наиболее востребованными, а, значит и наиболее устойчивыми, оказываются те из них, которые возникают как раз не случайным образом, а входят в состав особых ассоциативных комплексов, формирующихся на основе конвергентного принципа их образования** (рис.43) [Бобровников Л.В., 1978].

Особенно отчетливо наличие этого скрытого механизма проявляется в случае решения человеком задач, связанных с контролируемым запоминанием и воспроизведением очень больших объемов информации.

Как выяснилось, здесь существуют всего лишь два основных мнемических приёма. Первый из них можно определить как метод заранее подготовленного «словаря образов». Другой известен как метод смыслового (логического) анализа структуры текста.

**Суть первого метода** сводится к тому, что человеку, стремящемуся к повышению эффективности работы

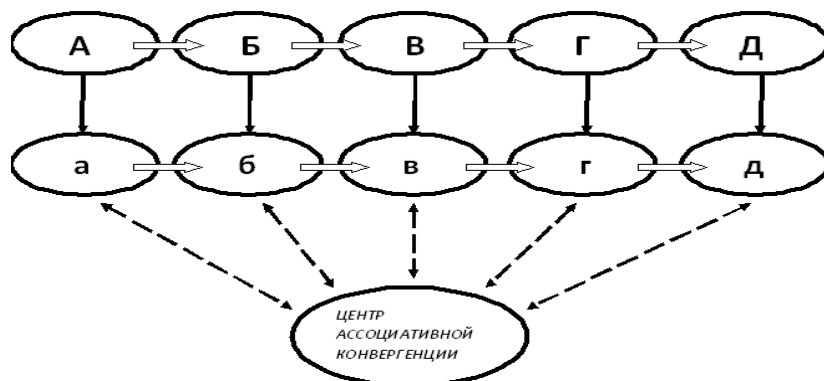


Рис.43. Схема, иллюстрирующая конвергентный принцип формирования ассоциативной структуры памяти.

своей памяти, предлагается заранее составить и заучить определенную (произвольную) последовательность слов, которые в дальнейшем будут использоваться им в качестве своего рода универсальной матрицы построения комплекса ассоциативных связей. Это значит, что всякий раз, когда нужно быстро и надёжно запомнить какую-либо последовательность слов или цифр, испытуемый должен теперь ассоциировать каждый элемент запоминаемой им (новой) последовательности с определенным элементом своей «старой», заранее составленной мнемической матрицы.

Нетрудно понять, что в основе этого метода лежит именно конвергентный принцип формирования ассоциативной структуры памяти (рис.43). Действительно, заранее сформированная матрица уже сама является единым психическим образованием, ядро которого в форме **рефрена** присутствует на всех последовательных этапах перцептивного действия. В этом случае «стягивание» последовательности воспринимаемой информации в новый интегральный мнемический блок происходит произвольно и очень быстро.

Другой пример эффективной работы этой схемы приводится в известной монографии Р.Лурия «Маленькая



книжка о большой памяти». Там рассказывается история одного жившего в прошлом веке человека по фамилии Шерешевский, который обладал феноменальной памятью. Он запоминал всё и навсегда. Но, самое главное, он понимал и мог объяснить, как именно ему это удаётся делать. А происходило это следующим образом. Шерешевский очень хорошо знал улицу Горького в Москве, где он родился и вырос. Так вот, когда ему предлагали решить какую-либо очередную сложную мнемическую задачу, связанную с запоминанием огромного объема информации, он мысленно проходил по этой улице и расставлял в её дворах, переулках, подворотнях и окнах домов запоминаемые им объекты.

Соответственно, воспроизведение запомненной информации сводилось к мысленному прохождению по тому же самому маршруту и считыванию расставленных им перед этим предметов или чисел.

Нетрудно понять, что и в этом случае использовался тот же самый конвергентный принцип формирования функциональной структуры памяти. Здесь в качестве центра ассоциативной конвергенции выступал уже единый интегральный образ: «Улица Горького» города Москвы.

**Другой эффективный мнемический приём** известен под названием смыслового (логического) анализа структуры текста. Суть его сводится к следующему.

Еще нашим неблизким предкам было хорошо известно, что любой текст, который доступен для осмысленного восприятия, всегда строится по одной и той же унифицированной схеме. В основе её лежит принцип субъектно-предикатных отношений. Руководствуясь этим принципом, любой нормально читаемый текст может быть разбит на отдельные части (так называемые, текстовые суждения), в которых говорится о чем-то одном и том же. Это «одно и то же» и называется текстовым субъектом. А вся остальная часть текстового суждения определяется как «текстовый предикат», который раскрывает: что именно говорится о текстовом субъекте.

Так вот, оказывается, что сам процесс разбиения запоминаемого текста на отдельные «текстовые суждения» с выделением в них путем подчеркивания «текстовых субъектов» является очень эффективным приёмом повышения объема запоминаемой таким способом информации.

Почему? – Ответ на этот вопрос становится понятным, если вновь обратиться к схеме, представленной на рис.43. Совершенно очевидно, что техническое выделение «текстового субъекта» равнозначно формированию нового центра ассоциативной конвергенции – центра, на который затем последовательно «наматывается» вся информация, содержащаяся в предикате. В результате, достаточно слегка затронуть (например, в процессе повторения ранее пройденного на уроке материала) текстовый субъект, как мгновенно актуализируется огромный массив связанных с ним новых знаний, заложенных в текстовом предикате.

Таким образом, как показывает проведенный нами анализ, оба основных мнемических приёма основываются на одном и том же принципе. В соответствии с ним, решающее значение в процессах надежного запоминания принадлежит особой структуре ассоциативных связей, для которой характерна четко выраженная конвергентная форма её организации. Т.е. всегда имеется определенный центр, с которым ассоциативно связывается огромная масса всевозможных энграмм памяти [Бобровникова З.П., Бобровников Л.В., 1977; Бобровников Л.В., 1978]. .

Попытка формализации этой общей схемы в среде программирования **LabView** привела нас к разработке следующей модификации рассматриваемого класса vi-устройств (DVD-R//BOBROVNIKOV//**MODEL-05.vi**).

**Control Panel** системы показана на рис.44. Устройство представляет собой модификацию MODEL-03.vi.

Наиболее важным её отличием является то, что на рабочем поле присутствует не одна, а две автономных «ЦЕЛИ». Причем, обе они уже не неподвижны, а перемещаются по разным траекториям.

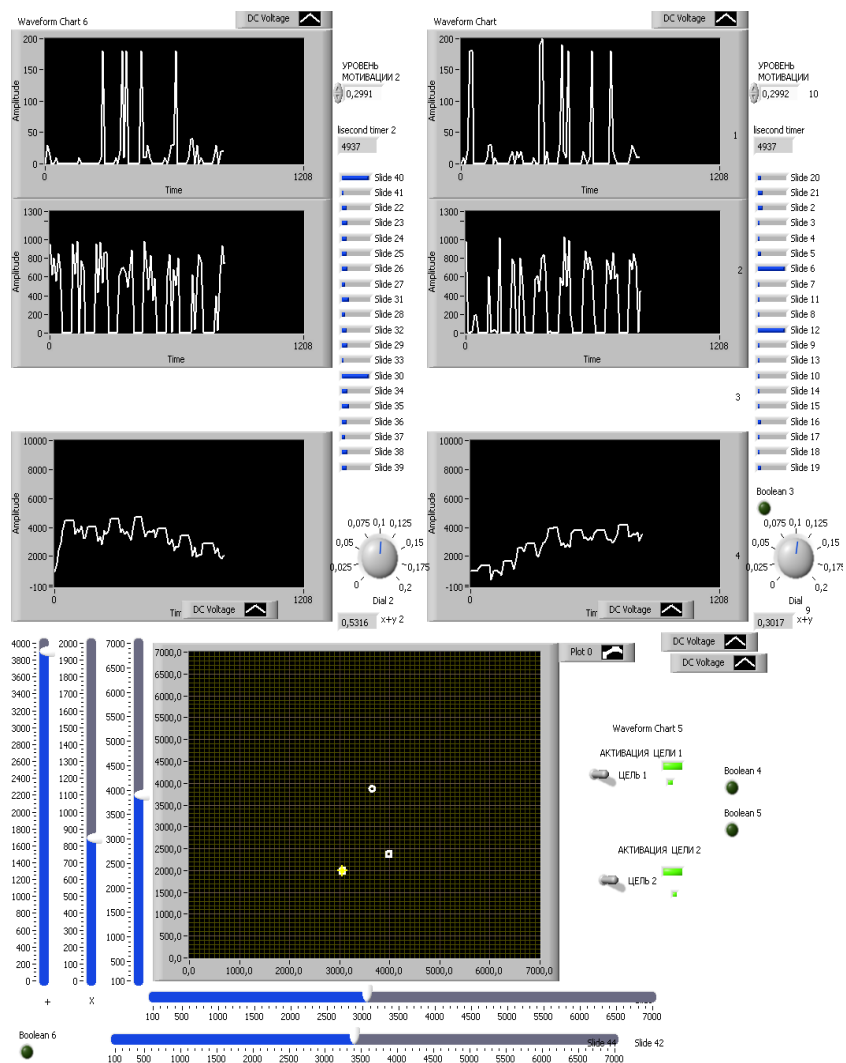


Рис.44. Лицевая панель vi-прибора для анализа нейрооперантных механизмов построения конвергентных форм межсистемного взаимодействия. Пояснение в тексте.

Цель №1 («РЕФРЕН») равномерно движется по прямой вдоль оси «Х» на «высоте», задаваемой вертикальным числовым регулятором {**Vertical Pointer Slide**}.

Цель №2 также движется параллельно оси «Х», но уже по волнообразной траектории, совершая по мере продвижения колебательные движения вверх-вниз. Их амплитуда и высота задаются двумя крайними слева цифровыми регуляторами {**Vertical Pointer Slide**}. Один из них работает в режиме “Add” другой – “Multiple”.

Курсор в виде мохнатой жёлтой точки имеет равновероятные виды на обе цели. В этом нетрудно убедиться, выключив (два переключателя справа от экрана X-Y осциллографа) либо одну, либо другую цель.

Для реализации этой функции в блок-диаграмму **MODEL-03.vi** был включен дополнительный блок управления, представленный на рис.45.

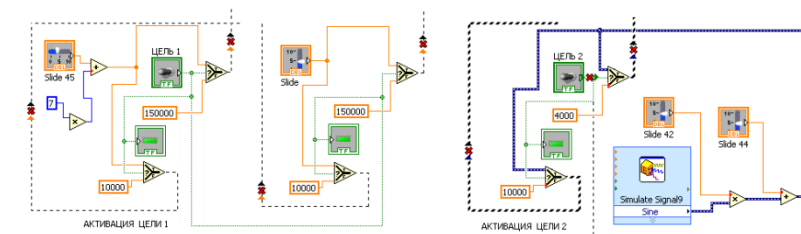


Рис.45. Схема независимой активации двух движущихся по разным траекториям целей виртуального прибора **MODEL-05.vi**

Создание режима равномерного движения целей было осуществлено следующим образом. Весь прибор был помещен во временной цикл **While Loop**. После чего счетчик итераций “i” через мультипликатор (умножитель выходного числа на число «7») подключали к одному из двух входов сумматора {**Add**↔**Numeric**↔**Mathematics**↔**Function**}, на другой вход которого подавался постоянный сигнал с числового регулятора {**Horizontal Pointer Slide**} (рис.46).

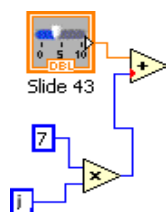


Рис.46. Устройство равномерного по-итерационного продвижения цели №1 и №2 вдоль оси «X» в рамках временного цикла While Loop.

Вертикальная составляющая движения цели №2 формируется синусоидальным сигналом субВП {**Simulate Signal**} (рис.47). Его амплитуда определяется величиной числа, выставляемого с помощью регулятора Slide 42. Высота же положения синусоиды относительно оси «X» задается цифровым регулятором Slide 44.

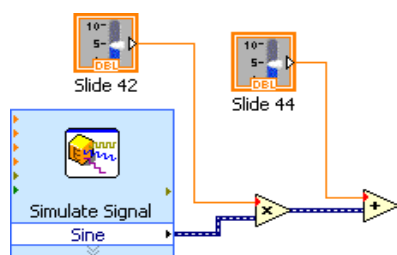


Рис.47. Устройство для создания волнообразного движения цели №2.

Особенность работы рассматриваемого устройства состоит в том, что в рамках каждой отдельной итерации система соотносит положение своего исполнительного элемента (курсора) согласно текущему взаиморасположению двух непрерывно движущихся целей. Причём, одна из них всё время сохраняет постоянное значение своей координаты «Y» - координаты, выполняющей роль **числового рефрена** всех последовательно производимых системой действий по одновременному сканированию (отслеживанию) двух целей.

Вторая цель при этом обладает подвижностью и в направлении «X», и в направлении «Y». В последнем случае параметры её движения (Sine, Sawtooth, Triangle & Square, а также амплитуда и частота) могут меняться экспериментатором в широких пределах.

На блок-диаграмме мы специально не приводим схему самого vi-устройства формирования ассоциативной структуры памяти на основе конвергентного принципа её построения (рис.43). Предполагается, что читатель при желании может самостоятельно справиться с решением данной задачи. Особое внимание при этом, стоит обратить на динамику изменения разрядной активности нейрооперантов, которая транслируется по каналу звукового сопровождения работы данной системы.

### **Обсуждение**

С формальной точки зрения, всё, о чем идёт речь в настоящей монографии, представляет собой всего-навсего описание алгоритмов определенных манипуляций с числами, которые можно использовать для математической интерпретации некоторых нейрофизиологических явлений. С этих позиций разработанный нами ряд моделей на первый взгляд ничем не отличается от того, что делается сегодня специалистами в области математической теории систем или в сфере нейроинформатики.

Действительно, вся работа рассматриваемых нами устройств по сути дела сводится к тому, что: Random-генераторы вбрасывают в разные каналы виртуального устройства наборы случайных чисел, которые, проходя через блоки сравнения с неким эталонным значением, поступают затем на вход сумматора, который по определенному алгоритму, динамически создаваемому самим прибором, распределяет свой цифровой выход по управляющим входам всё тех же блоков сравнения (компараторов). И всё! В сущности, ничего другого в наших vi-моделях нет.

Но почему же тогда их поведение очень выразительно воспроизводит поведенческую активность биологических объектов? Почему, наблюдая за ними, невозможно избавиться от ощущения, что перед тобой находится реальное живое существо, а не колонки бездушных цифр, уныло ползущих по экрану монитора?

В поисках ответа на этот вопрос, нельзя обойти вниманием следующий принципиально важный аспект разрабатываемого нами подхода. Касается он расстановки приоритетов при определении первичного (исходного) материала моделирования. П.К.Анохин не случайно уделял особое внимание рассмотрению именно этого круга проблем.

«Нет сомнения, - писал он в одной из своих последних работ - что реальные «системные закономерности» могут быть почерпнуты и разработаны только на основе конкретного материала биологии и физиологии последних дней. Именно этот материал и должен стать реальной основой формализации. Благодаря строгому и быстрому математическому осмысливанию этих закономерностей более реальной станет и перспектива развития наших знаний о биологических системах. Крайняя трудность заимствования результатов исследовательской работы теоретиков математических систем состоит именно в этом. **Придавая первичное и решающее значение именно математической обработке биологических явлений, сторонники этого подхода крайне затрудняют использование их разработок биологами и физиологами – профессионалами»** [Анохин П.К., 1978. С.63] (выделено мной).

Проиллюстрировать последнее утверждение можно следующим примером. Допустим, мы захотели построить модель бега скаковой лошади. Как это, проще всего, сделать?

– Берём кинокамеру. Снимаем на неё этот самый бег, а потом по-кадрово описываем расположение звеньев кинематической цепи (проще говоря, ног лошади) и динамику их изменения от кадра к кадру.

Выбрав затем ряд ключевых точек, наиболее точно определяющих развертывание исследуемого процесса во времени, подбираем математическую функцию, наилучшим образом аппроксимирующую соответствующие кривые бега. В результате - модель готова. На её основе можно, например, создать выразительный научно-анимационный

фильм.

Однако вскоре выясняется, что полученная таким способом математическая модель работает лишь до первой кочки, которая может встретиться на пути реальной (не математической) лошади. Что делать?

Повторим снова последовательность вышеупомянутых процедур и получим другую функцию. Но при этом снова оказывается, что новая модель справедлива лишь для кочек одного вида-размера. А вот для той, что пошире, да ещё в дождливую погоду ...

Какой из всего этого напрашивается вывод?

Для специалиста в области математической теории систем - вполне понятный. А именно то, что в голове у лошади находится уникальный по своей сложности суперкомпьютер, который умеет очень быстро перебирать варианты математических программ её движения и менять их в зависимости от непрерывно изменяющегося рельефа местности.

Но как при этом быть с неоднократно описанным ещё в XVIII - XIX веках случаем, когда в ходе военного сражения «летающей на всем скаку» лошади пушечным ядром срезало голову. А она после этого, как ни в чём ни бывало, продолжала скакать по довольно неровной местности?

Ещё более поразительные случаи можно наблюдать в повседневной жизни некоторых насекомых. Так, например, самки богомолов имеют дурацкую привычку перед спариванием откусывать голову своим супругам. И делают они это вовсе не из желания утолить чувство голода, что можно было бы понять и простить. Оказывается, безголовые самцы, в отличие от своих мозговитых сородичей, приобретают удивительную способность без усталости выполнять довольно сложные копуляционные действия на протяжении многих часов [Дьюсбери Д., 1981. С.237-238].

Нет необходимости говорить, что математические модели подобных форм поведения благодаря находчивости похотливых самок богомола характеризуются парази-



тельно высоким уровнем воспроизводимости.

Не менее стабильные математические модели можно получать и в случае имитационного моделирования стереотипных форм двигательной активности человека. Проведенный еще в начале прошлого века Н.А.Бернштейном анализ показал, что подобно поведению обезглавленных богомолов многие производственные и спортивные действия людей также имеют четко выраженный автоматизированный характер. По всем своим внешним проявлениям они не отличаются друг от друга. И тоже могут непрерывно выполняться на протяжении многих часов.

Однако при этом оказалось, что у человека достижение такой стереотипности всякий раз обеспечивается согласованной активностью разных групп двигательных единиц. И причиной этого является отнюдь не плохая работа спортивного тренера или мастера-наставника молодого рабочего. Причина – особенности морфологического строения исполнительных органов млекопитающих, делающие каждый такой орган принципиально неуправляемым со стороны командных центров.

Общий вывод, который следует из результатов работ лаборатории Н.А.Бернштейна, хорошо известен. Это заключение о невозможности описания «живых движений» (термин Н.А.) и их нейрофизиологических механизмов, путем создания алгоритмов математических программ их развертывания.

Хорошо понимая это, мы уже изначально отказались от идеи имитационного моделирования исследуемых нами процессов.

В качестве альтернативы, была предпринята попытка разработки устройств, которые на самом деле являются не столько объектно-ориентированными моделями биологических систем, сколько **экспериментальными установками**, предназначенными для их всестороннего изучения. Именно в этом заключается наиболее важная методологическая особенность разрабатываемого нами подхода. И на

это хотелось бы обратить особое внимание.

В рамках реализации такого решения, первичный материал, полученный в ходе проведения нейрофизиологических исследований **в естественных условиях свободного поведения**, без какой-либо предварительной математической формализации закладывается в разрабатываемую модель в виде определенных базовых алгоритмов её работы. В нашем случае это были сформулированные на основе анализа активности системоспецифичных нейронов мозга принципы синергетической самоорганизации функциональных систем. Реализуются они в виде определенной структуры причинно-следственных соотношений между различными компонентами, разными блоками и иерархическими уровнями создаваемой модели.

Что из этого получилось – судить читателям.

### **К ПРОБЛЕМЕ НЕЙРООПЕРАНТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛИ (MODEL-06.vi u K<sup>o</sup>)**

**Введение.** Рассмотренные выше функциональные vi-системы безусловно обладают способностью к результативной деятельности и самоорганизации. Но вот можно ли при этом утверждать, что их активность носит именно целенаправленный характер?

Актуальность постановки такого вопроса вполне понятна. Ведь, как уже ранее отмечалось, для возникновения сложных, психически детерминированных форм поведения необходимо не только наличие нервных клеток (или их точных аналогов), но и достаточно сложная форма их организации в рамках многокомпонентных, согласованно работающих групп.

В нашем же случае в состав любого из описанных выше vi-устройств входит всего-навсего двадцать (20!) аналогов двигательных единиц (мотонейрон + иннервируемый им пучок мышечных волокон). Нервная система насекомых и то устроена намного сложнее. Спрашивается, о какой

психической деятельности здесь вообще может идти речь? Совершенно очевидно, что никаких проявлений целенаправленности и «психо-детерминированности» поведения у подобных образований в принципе быть не может.

Но написав это, я отложил в сторону авторучку и снова, в очередной раз запустил на своём компьютере **MODEL-04.vi** ... И вновь засомневался.

Действительно, поведение этой и других описанных нами vi-систем носит настолько ярко выраженный целенаправленный характер, что объяснить наблюдаемые на экране монитора события без привлечения для этого универсальной идеи теологизма просто не представляется возможным. Более того, в данном случае вполне понятна и конкретная физическая основа наблюдаемого эффекта целеполагания. Это вектор с координатами  $(X_{ц}; Y_{ц})$ , который мы задаём двумя специально предназначенными для этого цифровыми регуляторами.

Так, что же всё-таки мы здесь имеем: полноценную функциональную систему? Систему без «обслуживающих» её психофизиологических механизмов, таких как акцептор результатов действия, цель и программа действия? Или же что-то совершенно иное, вообще ни на что не похожее?

Чтобы попытаться получить ответ на этот вопрос, нами был проведен ряд объектно-ориентированных исследований на модели №3, связанных с различными изменениями условий задания цели.

**Модификация №1**: две цели – две стратегии поведения (**MODEL-06.vi**).

Эта модель является модификацией MODEL-03.vi. Внесённые в исходную её блок-схему изменения позволили нам получить на рабочем поле две независимых мишени, координаты которых можно произвольно менять соответствующими цифровыми регуляторами.

Активация этих целей производится двумя включателями, расположенными справа от рабочего поля.

Изменение исходной блок-схемы MODEL-03.vi носит тривиальный характер, и сводится к простому дублированию некоторых из ранее описанных её узлов. Поэтому приводить полный вариант новой схемы на страницах монографии не имеет смысла. Всё это детально отражено в Block Diagram MODEL-06.vi, представленной на DVD-R.

**Action.** При запуске данного устройства с главной панели LabView на экране его X-Y осциллографа появляются две цели и один желтый мохнатый курсор.

По умолчанию цель №1 находится в левом верхнем углу рабочего поля, а цель №2 – в правом нижнем. При таком их взаиморасположении никакого направленного перемещения курсора не наблюдается. Он «топчется» в нулевой области системы координат  $\{X=0; Y=0\}$ , изредка совершая здесь малоамплитудные неупорядоченные скачки в разные стороны.

Но положение дел резко меняется после того, как с рабочего поля (переключателем) удаляется одна из целей. Независимо от её выбора, курсор сразу же начинает целенаправленно двигаться к оставшейся в поле мишени. Его поведение при этом ничем не отличается от того, что можно было наблюдать при работе с MODEL-03.vi.

Повторная активация «снятой» цели на любой стадии целенаправленного движения сразу же его обрывает и инициирует возврат курсора в нулевую зону рабочего поля.

Несомненный интерес представляет тот факт, что при постепенном сближении изначально разнесённых по разным углам целей, наблюдается характерное изменение поведения системы. По мере того, как у неё появляется возможность построения по-итерационных движений в сторону обеих целей одновременно, курсор начинает постепенно покидать нулевую зону и сдвигаться в область двойного целенахождения.

Анализ различных вариантов развития подобных событий позволяет сделать следующий **вывод**.

При наличии двух равнозначных целей, поведение системы строится в зависимости от особенностей **предметной организации среды**. Детерминирующим фактором в этом случае становится взаиморасположение целей на рабочем поле.

Особого внимания заслуживает тот факт, что идентификация системой особенностей местонахождения разных целей происходит **до начала развертывания её первого итерационного движения**. Как именно она это делает – до сих пор остается для нас загадкой!

**Модификация №2:** цель – уже не точка, а замкнутая линия (ромб) **MODEL-06-mod2.vi**.

Для формирования на X-Y осциллографе такой фигуры была разработана следующая схема (рис.48). Сигнал с одного из умножителей подавался на «X» – вход, с другого – на «Y».

Соответствующие изменения были внесены и в контур положительной обратной связи Блок-диаграммы устройства. Вместо исходного субВП «**Greater or equal**» был поставлен субВП «**Equal within tolerance**». Полная блок-схема прибора в силу своей громоздкости не может быть приведена на страницах монографии. Но она, естественно, есть на DVD-R. Там же можно найти и видеоролик с демонстрационными примерами её работы (Video-06-m2).

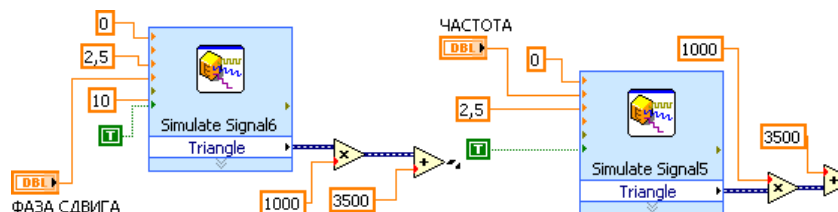
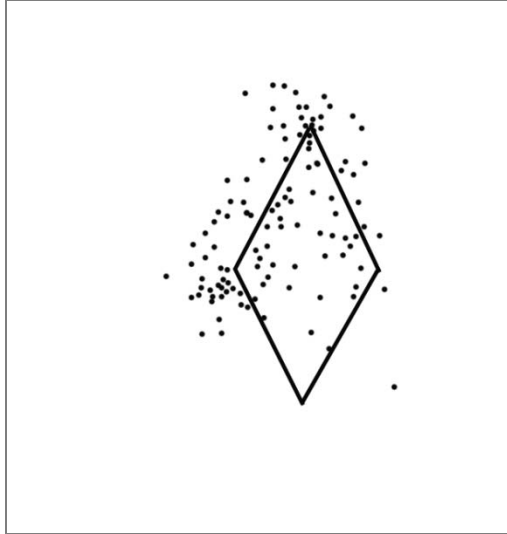


Рис.48. Устройство формирования цели (фигуры ромб) с возможностью изменения её геометрических параметров.

## Action

Включение данного vi-устройства кнопкой «запуск» главного меню инициирует начало движения курсора к объекту-цели. Именно в области локализации последней наблюдается возникновение у него характерных движений саккадического типа.

В их организации нетрудно заметить наличие явных предпочтений двигательной активности курсора, а именно, его смещению вдоль контура ромба с длительными остановками в определенных узловых точках этой геометрической фигуры и рядом с ними. Особо в этом плане выделяются левый и верхний её углы (рис.49).



*Рис.49. Точки остановок движения курсора VI – модели **MODEL-06-mod2.vi** в ходе «обследования» системой новой цели (замкнутой линии в форме ромба). Пояснение в тексте.*

Для сравнения, на рис.50 приводятся результаты записи движения глаз примата, рассматривающего разные геометрические фигуры [Шовен Р., 1972].

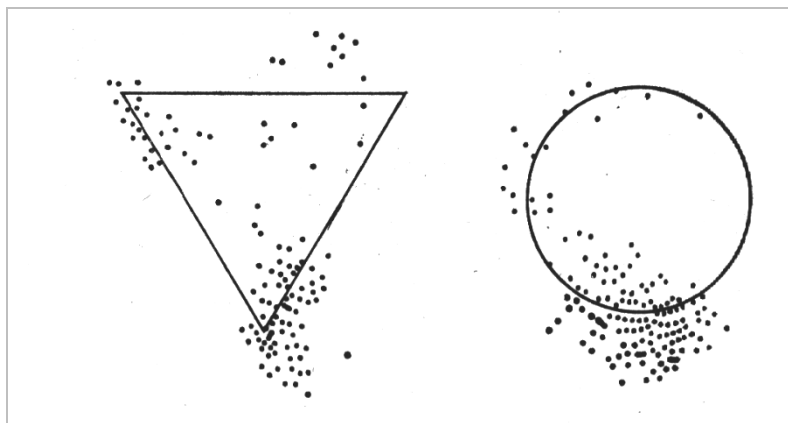


Рис.50. «Точки фиксации взгляда молодого шимпанзе, которому в течение 10 сек показывали круг и треугольник на белом фоне.

Точки соответствуют центру зрачка; последовательность его перемещения снималась на плёнку» [Шовен Р. Поведение животных. 1972. С.309].

**Прим.** Ориентация данного рисунка (рисунка-сравнения с рис.49) скорректирована с учетом отсутствия у LabView-систем физиологического механизма поворота зрительного изображения на  $180^\circ$ .

При уменьшение размера цели-линии поисковое поведение системы в области её локализации хотя и становится менее выраженным, но всё равно, полностью не исчезает (**MODEL-06-mod4.vi**).

**Вывод:** Появление на рабочем поле не двух альтернативных точечных целей, а определенной их последовательности в виде непрерывной линии, уже не подавляет процесс возникновения поисковой активности системы. В этом случае в рамках её реализации начинают отчетливо прослеживаться особые зоны «исследовательских» предпочтений. Наибольшее «внимание» системы привлекают углы и резкие изгибы фигур-целей.

### **Модификация №3**

В отличие от двух первых модификаций, в следующем её варианте цель задается уже не двумя точками и не линией, а определенной частью площади рабочего поля, которая отграничивается по краям 4-мя прямоугольными метками.

Достигается такое решение тем, что в блок-диаграмме MODEL-03.vi вместо субВП «**Greate or equal.vi**» мы поставили «**Equal into range.vi**.» В результате часть площади рабочего поля становится целью действия такой VI-системы.

Координаты этой площади для разных рассматриваемых нами модификаций модели представлены ниже:

**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE01.vi** ( $3000 < X < 4000$ ;  $3000 < Y < 4000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE02.vi** ( $3000 < X < 3500$ ;  $3000 < Y < 3500$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE03.vi** ( $2000 < X < 3000$ ;  $2000 < Y < 3000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE04.vi** ( $5000 < X < 6000$ ;  $2000 < Y < 3000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE05.vi** ( $2000 < X < 3000$ ;  $5000 < Y < 6000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE06.vi** ( $2000 < X < 6000$ ;  $3000 < Y < 4000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE07.vi** ( $2000 < X < 6000$ ;  $3000 < Y < 3200$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE08.vi** ( $0 < X < 1000$ ;  $0 < Y < 1000$ )  
**NEUROSINERGISM-03-IN RANGE09.vi** ( $500 < X < 1500$ ;  $500 < Y < 1500$ )

Слева в перечисленном выше списке приводится название соответствующей модели, LabView версия которой находится в общем каталоге vi-устройств лазерного диска. Справа – координаты областей-целей декартовой системы координат (т.е. рабочего поля) данной модели.

Типичная картина возникающих в этом случае перемещений курсора приведена на рис.51.

Нетрудно заметить, что основная зона его нахождения – это нижний левый угол цели-квадрата. Напомню, что в данном случае речь идет не о контуре, а о плоскостной фигуре. Другими словами, потенциальными целями здесь являются все точки рабочего поля, находящиеся внутри выбранного квадрата.

Особого внимания заслуживает тот факт, что в отли-



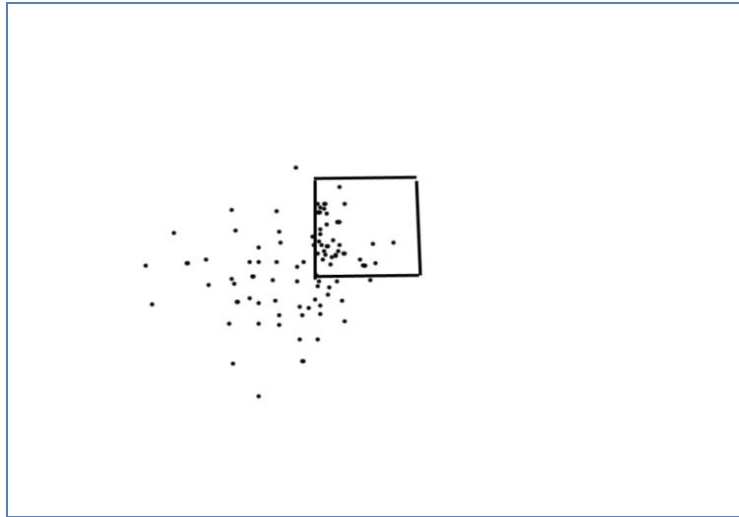


Рис.51. Точки остановок движения курсора в ходе «обследования» цели-квадрата системой **NEURO-SINERGISM-03-IN RANGE01**. Пояснение в тексте.

чие от фиксированного ромба с неизменными размерами и местоположением, здесь мы наблюдаем четко выраженную зависимость стратегии поведения системы от величины внедряемого объекта в сочетании с независимостью от конкретного его местоположения в декартовой системе координат X-Y. Так, при уменьшении размеров этой области ниже 1000 ед. по любой из сторон система перестает замечать присутствие в поле данной цели (см. работу устройства **NEURO-SINERGISM-03-IN RANGE02.vi**). (Обладеть: одну точку **MODEL-03.vi** замечает, а огромное их множество, находящееся внутри квадрата **IN RANGE02.vi** – уже нет!).

### **Заключение**

Для объяснения рассмотренных выше закономерностей, в качестве единственной на сегодняшний день рабочей гипотезы мы имеем следующее предположение.

С нашей точки зрения, рассматриваемый класс vi-систем обладает способностью непрерывно отслеживать состояние своего рабочего поля как единого целого, мгновенно определяя появление на нем любых информационно-числовых аномалий. Они могут быть связаны не только с новыми целевыми объектами, но и с курсорами других (дополнительно формируемых) систем. Причем, механизм такого рода гештальтного «полевосприятия» не формируется у наших vi-устройств в результате их обучения. Он является их исходным («врожденным») качеством, таким же, как и способность к самоорганизации на основе принципа синергетического резонанса системообразующих элементов.

Как следствие, возникают и особые паттерны поведенческой активности. Это не рефлекс цели по И.П.Павлову и не «реакция на новизну». Точнее всего их можно сравнить с «реакцией следования» - врожденной формой поведения, связанной с импринтингом [Lorenz K.Z., Tinbergen N.1938; Lorenz K.Z.,1965].

Стоит еще раз повторить, что это всего лишь гипотеза, которая пока наилучшим образом объясняет тот ряд довольно странных закономерностей, с которыми нам пришлось столкнуться.

В качестве одной из альтернатив мы рассматривали также и возможность квантовомеханической трактовки наблюдаемых здесь явлений. Как выяснилось, такой подход действительно выводит на чрезвычайно интересный путь объяснения динамики нейросинергетических процессов.

Однако сложность состоит в том, что в нашем случае ни объект-цель, ни гонящийся за ней по всему полю курсор не обладают конкретными физическими свойствами. Это просто числа, не имеющие ни массы, ни реальных геометрических размеров. Поэтому соотнесение с ними какой-либо конкретной волновой функции с разумными (в трактовке Луи де Бройля) параметрами не представляется возможным. И уж тем более не может быть и речи о написании аналога уравнения Шредингера. Во всяком случае, пока...

Уверенно сегодня можно утверждать лишь то, что цель в рассматриваемых нами моделях – это вовсе не тот точечный объект, который мы задаём цифровыми регуляторами в виде вектора  $\{X_{ц}; Y_{ц}\}$  в MODEL-03 или  $\{X_{ц}; Y_{ц}; Z_{ц}\}$  в MODEL-04.vi. Истинная цель формируется в процессе реализации поведенческой активности таких систем.

Можно сказать, что реальной **основой цели является «числовой процесс», а не «числовой субстрат»**. Цифровые же регуляторы только создают в рамках рабочего поля определенную структуру её неоднородности: неравнозначности точек плоскости относительно выполнения на ней произвольных случайных перемещений.

В том случае, когда такого рода пространственно-структурированная неоднородность присутствует в единственном числе, поведение системы начинает убедительно **симулировать** наличие у неё целенаправленных форм активности. Но в любом случае (это очень важный момент!), генерацию цели осуществляем не мы, а производимые системой действия. Мы лишь провоцируем возникновение этого процесса, формируя в рамках рабочего поля определенную структуру его числовой неоднородности (этот тезис не лишне и повторить).

Итак, цель – это продукт активности системы, а не содержимое её запоминающего устройства, куда мы заносим координаты вектора  $(X_{ц}; Y_{ц})$ . Задавая эти числа, мы просто нарушаем исходное условие равнозначности всей совокупности точек рабочего поля системы. Как следствие, возникают некие особые зоны, на обследование которых и направлено её «внимание».

Могут ли из подобных форм поведенческой активности в ходе их прогрессивного усложнения формироваться действия, приобретающие выраженный психодетерминированный характер? Если да, то что это может дать в плане решения главной из стоящих здесь сегодня практических задач: разработки эффективных мозго-машинных интерфейсов?

## **О ПЕРСПЕКТИВАХ LABVIEW-РЕШЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ (MODEL-07.vi)**

Один из важнейших выводов, который был сделан ещё в конце 1970-х годов по результатам исследований системоспецифичных нейронов мозга, можно сформулировать следующим образом. Материальной **основой психики** является **процесс организации** элементарных физиологических функций ЦНС человека и животных.

Точная формулировка этого положения звучит так.

«С позиций системного подхода целостные психические и элементарные нейрофизиологические процессы сопоставляются не прямо, а через анализ общемозговых системных процессов, через системные процессы, объединяющие элементы в одно целое, в функциональную систему поведенческого акта. Психическое рассматривается здесь в связи с исследованием **интеграции** элементарных нейрофизиологических процессов, объединение которых приводит к новому качеству» [Ломов Б.Ф., Швырков В.Б., 1978. С.6] (выделено авторами).

С теоретической точки зрения это положение вполне понятно и, на наш взгляд, безусловно, верно. Но, когда, руководствуясь этим общим принципом, мы выходим на решение конкретных задач психофизиологической направленности, сразу же возникает масса серьезных проблем. Прежде всего, остается не ясным, какие именно параметры разрядной деятельности нервных клеток следует рассматривать в качестве «исходного материала» объективного определения уровня организации «элементарных нейрофизиологических функций»? Достаточно заглянуть в любое практическое руководство по математической обработке результатов микроэлектродных исследований, чтобы понять, насколько широк спектр существующих здесь сегодня альтернатив [Мещерский Р.М., 1972; Дудкин К.Н. и др.1989].

С этим вопросом тесно взаимосвязана и другая актуальная проблема – проблема механизмов формирования такого рода психодетерминированных интеграций нейрональных процессов. Какие факторы обуславливают их возникновение?

Согласно представлениям В.Б.Швыркова, «система строит свою упорядоченность (регулирующая функция) **за счет «потребления» упорядоченности внешней среды (отражательная функция)**. Поскольку системные процессы состоят исключительно из физиологических процессов и, с другой стороны, организация этих процессов создает новое качество – информационный параметр системы, сопоставимый с представлением о «психике», то физиологическая и психическая детерминация поведения оказываются в неразрывном единстве и не существуют друг без друга» [Швырков В.Б., 1978. С.39] (выделено мной – Л.Б.).

Нетрудно заметить, что предлагаемая схема, в сущности, являет собой один из вариантов всё той же рефлекторной интерпретации процесса взаимодействия организма с окружающей его средой. Синонимом словосочетания «отражательная функция», как известно, является другое, значительно более распространенное словосочетание: «рефлекторная функция». Единственной оговоркой здесь является лишь то, что в качестве стимула, вызывающего специфическую рефлекторную реакцию - реакцию «организации системы» - выступает параметр средовой (предметной) организации. Но суть самой схемы от этого не меняется.

«Биологическое существование организма, - продолжает автор,- поддерживается, как известно, за счет «поглощения организованности», или негэнтропии, из внешней среды. Психику можно, по-видимому, рассматривать как развитие этой способности и использование организмом для поддержания своей целостности...» [Швырков В.Б., 1978] (там же).

Не отрицая правомерности высказывания такой точки зрения, всё же в свете известных сегодня фактов её

следует принимать с серьезными дополнениями. Самое главное из них касается наличия не только внешних, но и мощных внутренних факторов развертывания процессов организации функциональных систем, точнее говоря, их самоорганизации.

Важно подчеркнуть, что речь здесь не идет о влиянии эндогенных информационно-организующих систему стимулов (биологическая потребность, мотивация). Имеется в виду совершенно иная, **не реакционная схема** перехода любых подобных образований в новую, высокоорганизованную форму их бытия.

Суть этой схемы сводится к следующему.

Решающее значение в появлении низкоэнтропийных (высокоорганизованных) состояний принадлежит отнюдь не организационным воздействиям, которые в стимульной форме навязывают системе свою «негэнтропию» извне или изнутри. Возникновение таких состояний, с точки зрения термодинамики неравновесных процессов (**синергетики**) является свойством, присущим самим её исполнительным элементам. С этих позиций, проблема механизмов самоорганизации – это не проблема возникновения низкоэнтропийных состояний системы, а проблема их закрепления, **проблема их трансформации из флуктуационной формы в форму стационарную.**

Конкретные закономерности развертывания такого рода переходных процессов детально раскрывают рассмотренные в настоящей монографии vi-модели.

Обращает на себя внимание инвариантный характер эндогенно детерминированных высокоорганизованных состояний системы по отношению к информационно-организационным воздействиям, оказываемым на неё извне. Это принципиально важный момент, который указывает на возможность реализации чрезвычайно эффективного, как мы убедились, конвергентного механизма формирования иерархически организованных комплексов функциональных систем. В качестве референда подобных образова-

ний как раз и выступают механизмы внутренней самоорганизации функциональных систем – механизмы, ядро которых остаётся инвариантным по отношению к любым внешним негэнтропийным влияниям.

С нашей точки зрения, современное решение психофизиологической проблемы лежит именно в этой плоскости. Собственно говоря, основная идея разработки рассматриваемого нами ряда vi-моделей как раз и заключалась в выдвигании достаточно убедительной методологической альтернативы традиционным подходам к исследованию процессов организации элементарных нейрофизиологических функций как основы возникновения психических форм опережающего отражения действительности.

Каковы перспективы создания экспериментальных LabView-установок для проведения компьютерных исследований в этой области?

### ***Исходная («пред-LabView») система***

В рамках первой из предложенных нами моделей проводился анализ группового взаимосвязанного поведения операторов ЭВМ в условиях решения ими одних и тех же задач логической или когнитивной направленности [Бобровников Л., 2004; 2005 С.161-175]. Основной акцент при этом делался на исследовании способности человека эффективно взаимодействовать с партнерами, входящими в состав группы, выполняющей сходные действия с едиными для всех её участников начальными и конечными условиями.

Принципиальное отличие разработанного нами приборного комплекса от других аналогичных технических устройств [например, Боксер О. 1994; Боксер О., Аксюта Е., 1972] заключалось в том, что каждый из партнеров принимал активное участие в решении общей задачи не на отдельных её этапах, а на всех без исключения стадиях. Для формирования тесной функциональной взаимозависимости индивидуальных действий, вместо фиксированного поля

межкомпонентных связей, мы использовали его динамический аналог. Формировался он путем соединения джойстиков всех членов группы в единую систему таким образом, что в результате образуется общее мультикурсорное поле, отражающее текущее взаиморасположение всех курсоров.

В зависимости от конфигурации этого расположения в реальном масштабе времени вырабатывался комплекс индивидуальных сигналов обратной связи, идущих на сервомоторы джойстиков и вызывающих их торможение с величиной, прямо пропорциональной амплитуде отклонения соответствующего курсора от области максимального сосредоточения в данный момент времени курсоров других членов группы.

Принципиальная схема устройства представлена в файле Human.jpg в соответствующем каталоге лазерного диска (PICTURES).

### **Методика**

Определение эффективности предлагаемого устройства проводилось в рамках определения хронореакциометрических показателей группы лиц, состоящей из восьми испытуемых, выполняющих тест на логическое обобщение. В ходе тестирования всем членам группы одновременно предъявлялось одно и то же, выбираемое в случайном порядке слово (существительное), после чего они должны были максимально быстро и точно переместить курсор джойстика из нижнего центрального положения поля своего монитора в верхнюю его часть, где веерообразно располагались “цели” (обобщающие понятия, представленные в графической форме). В случае правильного решения на экране компьютера появлялся специальный сигнал (“+”).

Необходимо особо отметить, что никто из участников не имел возможности зрительно наблюдать и оценивать общую картину текущего состояния мультикурсорного поля. Каждый мог визуально отслеживать положение только одного - своего собственного курсора на экране своего же



персонального компьютера.

Продолжительность одного сеанса тестирования составляла 30 минут, в течение которых всем операторам синхронно, с частотой 10 тестов в минуту предлагалось решить серию простейших задач на логическое обобщение. Выполнение каждого теста, как правило, занимало несколько секунд. Число повторений в рамках 30-ти минутного сеанса одного и того же вопроса не превышало 3-5 раз. Исключение составлял лишь один специально выбранный, более сложный тест, предполагающий возможность альтернативных вариантов ответа. Общее число его предъявлений группе достигало 40 за сеанс, что являлось необходимым условием проведения в дальнейшем полноценного статистического анализа.

Причем, первые 20 предъявлений этого теста приходились на первую половину опыта, когда члены группы работали хотя и синхронно, но не могли оказывать никакого влияния на действия друг на друга. Устройство в этот период было отключено, а на сервомоторы всех джойстиков подавалось постоянное напряжение торможения низкого уровня.

Вторая часть предъявлений выбранного теста (тоже 20 шт.) осуществлялась в заключительные 15 минут эксперимента, т.е. уже после включения устройства и, как следствие, при появлении всех необходимых предпосылок развития процесса межкомпонентного взаимодействия. В связи с этим важно отметить, что в данный период времени, как и на предыдущем этапе, каждый участник группы сохранял возможность в любой момент произвольно определять в каком именно направлении, с каким усилием, и с какой скоростью ему следует перемещать ручку джойстика. Но при этом у него появлялась непрерывно меняющаяся кинестетическая подсказка правильного, с точки зрения большинства других участников группы, варианта индивидуального поведения на всех последовательных этапах решения задачи.

### **Результаты исследования**

При обработке полученных данных основной акцент делался на результатах сравнительного анализа поведенческих характеристик одного, специально выбранного и чаще других предъявляемого теста. Конкретно, определялись: процент ошибочных его решений; скорость решения; средняя величина тока торможения, подаваемого на сервомотор джойстика в ходе реализации теста и отражающего степень согласованности действий членов группы; вариативность циклограмметрических показателей двигательной активности.

В ходе тестирования различных (но, непременно, однородных по составу) групп было установлено, что переход от первого этапа эксперимента ко второму сопровождается возникновением однонаправленных изменений всех перечисленных выше показателей. Прежде всего, наблюдается статистически достоверное снижение числа ошибочных действий и возрастание средней скорости решения задачи. Кроме того, при переходе от стадии индивидуального поведения к взаимосвязанной групповой деятельности уменьшается суммарный объем физических усилий, которые затрачивает каждый участник для достижения соответствующего результата. И, наконец, резко снижаются показатели вариативности двигательной активности операторов: происходит стабилизация траекторий перемещения курсоров джойстиков от исходной их позиции на экране монитора к конечному положению.

Общий вывод, который можно сделать по результатам проведенного анализа, состоит в том, что при достижении определенной «плотности» взаимодействия между операторами, занятыми решением одной и той же задачи с едиными начальными и конечными условиями резко повышается эффективность и стабильность выполняемых действий.

Характерные проявления отмечаются при этом и на уровне субъективных оценок испытуемых. Судя по результатам интроспективного анализа, в такие периоды у всех

участников группы возникает устойчивое, кинестетически выраженное ощущение наличия “коридора” оптимальных траекторий выполняемого действия. Появляется уверенность в существовании детально продуманной кем-то, точно выверенной программы решения задачи. На самом же деле, никакого специального аппарата корректировки двигательной активности, оптимизации ее параметров здесь не было. Ни в памяти компьютера, ни в памяти отдельных членов группы какая-либо дополнительная система команд, связанная с новой, более совершенной формой организации их действий не создавалась. Единственным материальным носителем этой особой надкомпонентной, управляющей поведением реальности было не что иное, как сам процесс коллективной деятельности.

### **Выводы**

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности контролируемого воспроизведения в рамках рассматриваемого класса экспериментальных моделей феномена надкомпонентной (идеальной) реальности. На это определенно указывают данные интроспективного анализа участников эксперимента.

Возникновение этого особого психического явления, как выяснилось, сопровождается разворачиванием ряда вполне материальных процессов, а именно, группированием мультикурсорного роя с четко выраженной тенденцией к образованию радиальной его формы, направленной в сторону цели. Причем, в рамках движущегося мультикурсорного «строя» наблюдается формирование характерного расчленения группы с появлением в ней лидера и ведомой им остальной части соисполнителей данной функциональной системы. Всё это происходит на фоне резкого снижения времени поведенческого акта и уменьшения коэффициента вариации данного параметра. Кроме того, циклограммы движений, как отдельных представителей группы в их последовательных реализациях, так и всей группы в целом,

преобразуются в узкий канал с незначительным латеральным разбросом отдельных траекторий. Происходит их «шнурование» с тенденцией к образованию одной («идеальной») траектории наиболее оптимального продвижения системы к цели.

Совокупность всех перечисленных изменений является своего рода объективным индикатором возникновения этой самой надкомпонентной идеальной реальности.

Если бы в качестве элементов группы выступали не люди, способные давать интроспективные оценки происходящим внутри системы событиям, то все эти косвенные показатели пришлось бы рассматривать **в качестве единственного критерия** наличия здесь нематериальных детерминирующих поведение факторов. Параллельно с этим пришлось бы признать и существование потусторонних сил, оказывающих «негэнтропийное» влияние на каждого из членов группы, участвующих в сеансе компьютерного спиритизма.

К обсуждению этого круга вопросов мы еще позднее вернемся. А пока перед нами стоит значительно более простая задача - создать LabView-версию модели группового взаимосвязанного поведения восьми операторов, занятых решением общей задачи с едиными начальными и конечными условиями.

### ***LabView интерпретация модели группового взаимосвязанного поведения (MODEL-07.vi)***

Для начала просто несколько раз повторим уже разработанную vi-модель генератора функциональных систем **MODEL-03.vi** и посмотрим, что из этого выйдет.

Полная **блок-схема** соответствующего устройства представлена на рис.52. В состав её рабочей группы, как и в исходной модели 2005 г., входят восемь vi-участников. В остальном – новая модель представляет собой простое восьмикратное дублирование MODEL-03. Единственное, но вместе с тем, исключительно важное отличие новой модели

состоит в том, что **индекс иннервации** (см. стр.44) образующих ее нейрооперантов **снижен в два раза** (с 10 до x5).

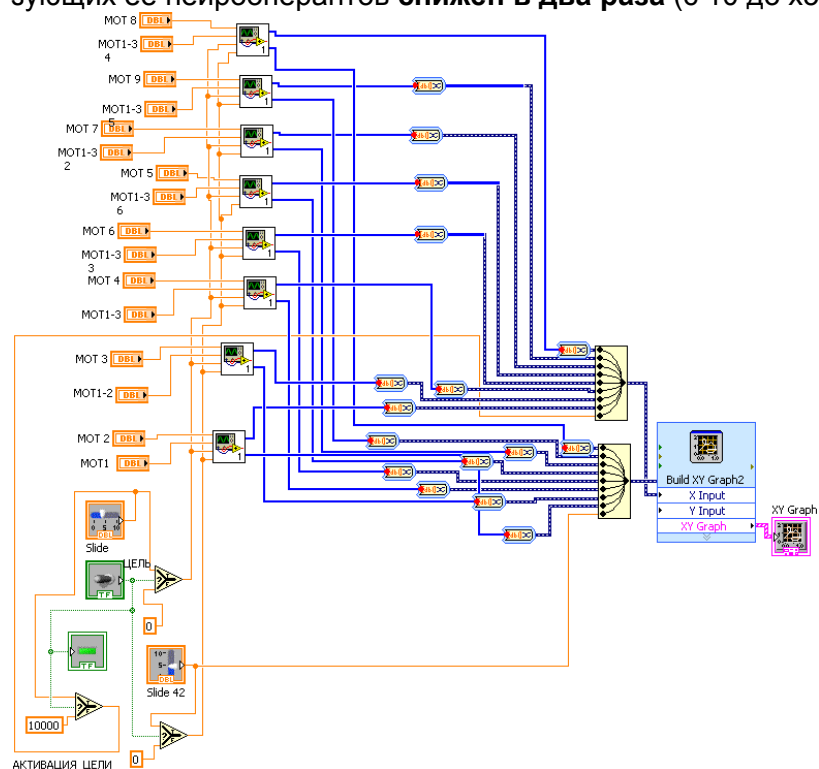


Рис.52. Блок-схема MODEL-07. Пояснение в тексте.

Как выяснилось, это простое изменение приводит к появлению у новой, модифицированной системы целого ряда довольно своеобразных свойств.

1. Уменьшение зоны рабочего поля в два раза.

Ну, это понятно. Раз удельный вес каждого потенциала действия каждого канала системы снизился вдвое, пропорционально изменилась и амплитуда максимально возможного удаления курсора от нулевой исходной зоны его нахождения.

Станным при этом является лишь то, что мульти-

курсорный рой продолжает точно отслеживать текущее положение цели за пределами границ её досягаемости.

2. Резкое снижение количества итераций (квантов времени), затрачиваемых всеми системами на достижение цели. Это тоже вполне понятно, если учесть данные, представленные в предыдущих разделах монографии.

3. Совершенно неожиданным для нас оказалось то, что в процессе своего группового продвижения к цели мультикурсорный рой всегда образует четко выраженный линейный канал, направленный от исходной зоны  $X=0; Y=0$  в сторону местоположения мишени (рис.53).

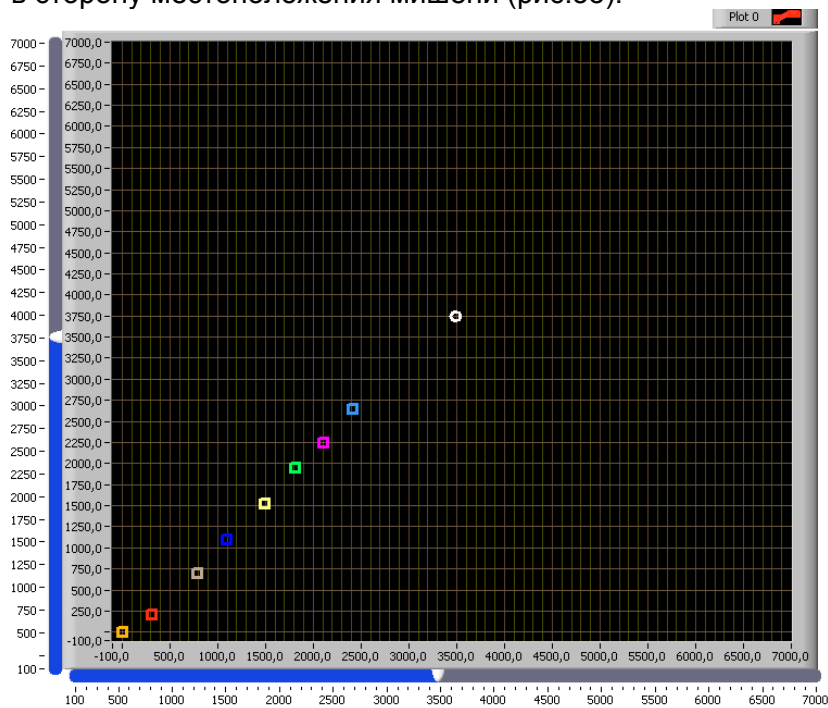


Рис.53. Спонтанное формирование группой взаимосвязанных  $vi$ -систем идеальной траектории движения к цели (цель - кружок). Цветные квадратики – курсоры.

4. Еще более странным является тот факт, что последовательность расположения курсоров в этом канале всегда остается одной и той же. Один и тот же лидер, один и тот же №2, №3 и т.д.

Обращает на себя внимание, что такого рода нумерологическая форма организация группового движения курсоров абсолютно равноправных по своим исходным данным функциональных систем сохраняется при совершенно разных координатах местоположения цели (например, рис.54 или рис.55).

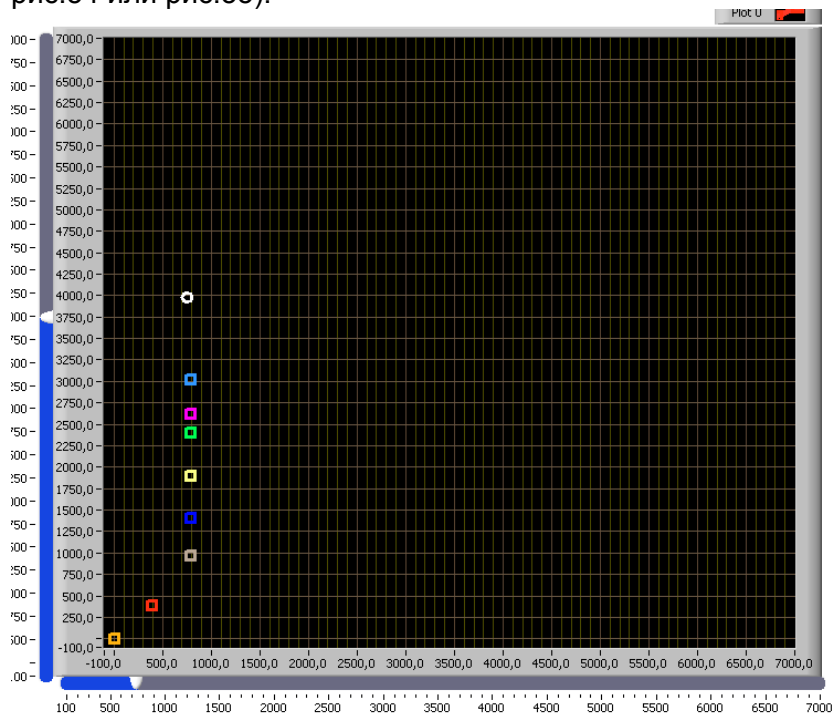


Рис.54. Сохранение исходной нумерологической структуры мультикурсорного роя при смене местоположения цели. Обозначения – как на рис.53.

Такая картина является характерной для исходной модели группового поведения операторов-людей. Но у них было специальное техническое устройство для непрерывного кинестетического ощущения каждым участником динамики двигательного решения общей задачи другими членами группы. В случае же vi-систем ничего подобного нет?!

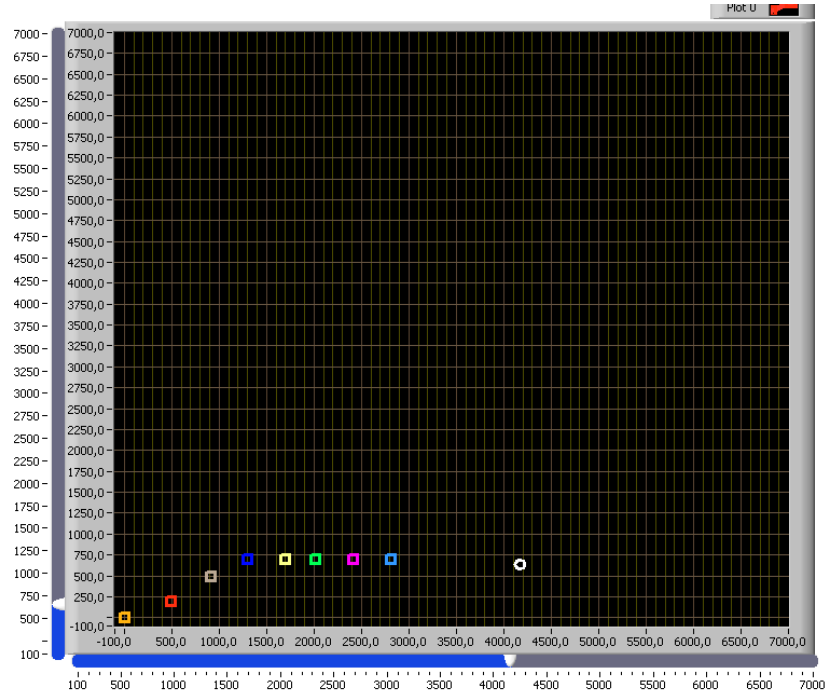


Рис.55. Другой вариант расположения цели на рабочем столе – и аналогичная форма мультикурсорной организации движения к ней. Обозн. как на рис.53.

5. Также как и в исходной модели, расслоение мультикурсорного роя происходит не в форме двух «пятен» (целевого и исполнительного), а КАНАЛА (start --- aim), обладающего свойством притягивать курсоры к цели и одновременно «подстегивать» отстающих. Т.е. в обеих сравнивае-



мых нами случаях расслоение нейрооперантной группы - процесс не дискретный, а градуальный. Другими словами, лидеры канала по отношению к отстающим, являются выразителями цели действия, но какой-то строгой градации здесь нет. Точно также, как нельзя разделить системоспецифичные нервные клетки на абсолютно стабильные и нестабильные компоненты функциональной системы или на нейроны цели и нейроны движения.

6. После момента достижения цели курсоры сбиваются в плотную группу, движение которой характеризуется очень высоким уровнем согласованности действий образующих ее элементов (рис.56).

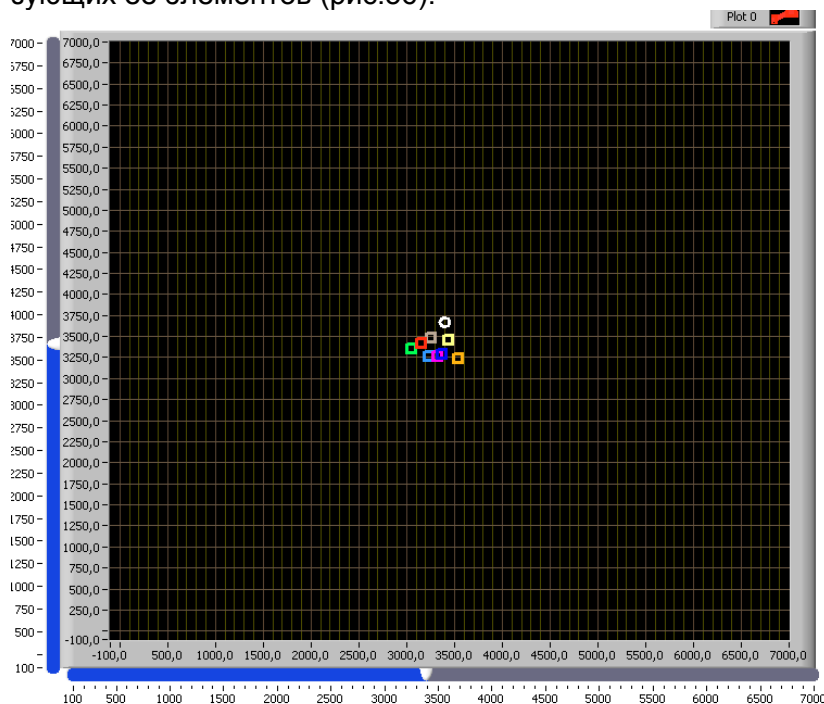


Рис.56. Образование плотного мультикурсорного роя в момент достижения группой  $vi$ -систем общей цели.

При изменении местоположения цели, мультикурсорный рой сразу же перемещается вслед за ней, образуя аналогичную плотную группировку в другом месте.

6. В результате построения циклограмм перемещений каждого из курсоров был установлен факт резкого снижения «коридора разброса» траекторий его движения в системе координат «пространство-время» (эффект шнуrowания).

Нетрудно себе представить, во что все это выльется, в случае увеличения числа одновременно работающих vi-систем, скажем, в 10 раз, т.е. с восьми до восьмидесяти. Понятно, что в результате появится та самая идеальная траектория для реализации мифического механизма непрерывных сенсорных коррекций эффекторики, столь необходимого для формирования любых координированных целенаправленных действий. Только вот зачем? Зачем он здесь нужен, этот самый механизм? Ведь подобные системы прекрасно справляются с проблемой координации своей двигательной активности и без него.

### **Обсуждение**

Еще на стадии планирования этого этапа работы, мы априорно ограничили круг стоящих здесь задач тем, чтобы просто оценить потенциал возможностей среды программирования LabView для создания vi-моделей с определенными физическими (сугубо материальными) характеристиками. Вопрос о появлении в этом случае надкомпонентных идеальных переменных, регулирующих процессы организации системы, в виду невозможности их объективного контроля, было решено вообще не рассматривать.

Но это не означает принципиальную неразрешимость данной проблемы. В рамках разработки **функциональных биотехнических систем** [Боксер О.Я., 2000], когда часть центрально-периферических компонентов «обычной» функциональной системы замещается их центрально-периферическими же машинными аналогами, выход на

рассмотрение этого круга вопросов уже приобретает вполне конкретные очертания. Грубо говоря, если внедрить группу операторов-людей (human-модель 2005 года) в рассмотренную выше LabView-систему, то от членов такой «смешанной» группы можно ожидать появления весьма интересных сюрпризов (причем, не только на уровне их интроспективных оценок, которые теперь уже становятся доступными для прямой регистрации в электронном виде). В этом, собственно говоря, и состоит одна из основных идей разработки эффективных мозго-компьютерных интерфейсов нового поколения (рис.57).

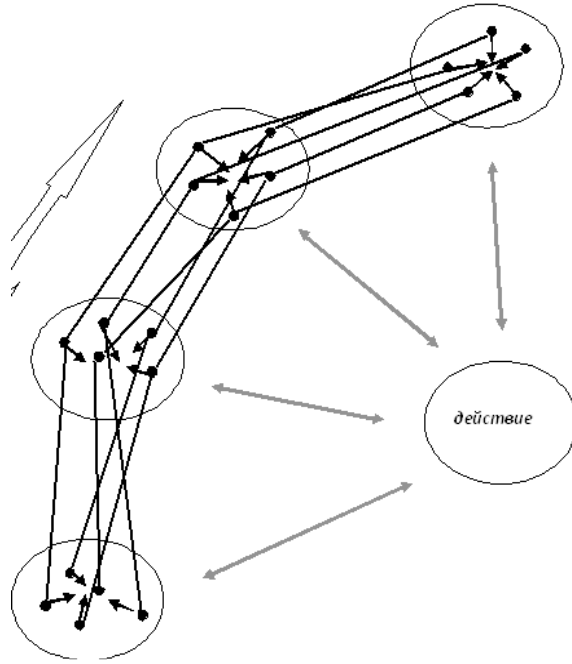


Рис.57. Обобщенная схема организации функциональных биотехнических систем, строящихся на основе принципа взаимодействия образующих их центрально-периферических элементов.

Но задача эта не так проста, как может показаться на первый взгляд. Решение её носит комплексный характер. Помимо многоканальных устройств для одновременной микроточечной регистрации и электростимуляции<sup>\*)</sup>, здесь необходима ещё и разработка особого алгоритмического обеспечения подобных приборов.

Методологической основой такой разработки, на наш взгляд, должна стать именно общая теория функциональных систем в исходной своей интерпретации, которая была предложена самим П.К.Анохиным.

Особого внимания в этом плане заслуживает следующий ряд ключевых положений, которые составляют аксиоматическую базу этой теории, подвергающуюся в последнее время абсолютно необоснованной ревизии.

1. Императивным системообразующим фактором любой функциональной системы является её **результат**. Не извлекаемая из памяти **цель** поведения, **не мотивация**, **не модель** будущего результата, а именно сам результат. Нетрудно заметить, что в предложенной П.К.Анохиным схеме (рис.3) все эти узловые механизмы находятся в совершенно разных местах и уже хотя бы поэтому исключают возможность их огульного отождествления.

2. Каждая функциональная система представляет собой интеграцию центрально-периферических компонентов организма, а не объединение центральных её компонентов (например, корковых нейронов) с периферическими (напр., миоцитами).

Это очень важное положение, которое также не подлежит произвольному истолкованию.

<sup>\*)</sup>**Прим.** Проведение тестовых экспериментов на животных сегодня уже вполне возможно на основе существующих технических средств. См., например, Бобровников Л.В. Многоканальный электрод с независимым перемещением микропроводников в пучке. - Бюл. изобретений. № 17. 2011 г. Патент на изобретение 2421253 С1 RU.

Абсолютизация роли как центральных структур, якобы управляющих всеми протекающими в организме процессами, так и периферических – неконструктивна. В качестве примера этого можно привести следующее утверждение.

*«Мышца сделала животное животным, мышца сделала человека человеком... На мышцу в порядке эволюции начинают как бы наслаиваться одна за другой части сложного и постоянно усложняющегося механизма центральной нервной системы и органов чувств. И чем сложнее становится центральная нервная система, тем точнее и тоньше работает ее механизм, тем точнее и тоньше отвечает и мышца своей работой» [Самойлов А.Ф. «И.М.Сеченов и его мысли о роли мышцы в нашем познании природы» В кн.: Избр. статьи и речи. М-Л. 1946. С.63].*

В целом мысль здравая, но принятие её предполагает одно очень важное уточнение. Не мышца сделала животное животным, а **группы объединенных друг с другом двигательных единиц**, каждая из которых помимо мышечных волокон включает в себя и неразрывно связанный с ними мотонейрон. Соответственно, не на мышцу начинает наслаиваться ... А на этот самый исходный комплекс центрально-периферических компонентов... Как отмечал П.К.Анохин, развитие функциональных систем организма – это процесс прогрессивной трансформации одних интеграций центрально-периферических компонентов в другие такие же центрально-периферические интеграции, но уже более сложные (а не «присобачивание» дурной головы к умной мышце или, еще того хуже, мозга к компьютеру).

3. Основу формирования любой функциональной системы составляют процессы взаимодействия образующих её элементов на достижение полезного результата. Взаимодействие в отличие от простого взаимодействия является базовым понятием специального раздела совре-

менной физики, а именно, термодинамики нелинейных неравновесных процессов (так называемой, синергетики). Именно синергетическая интерпретация феномена функциональной системы должна рассматриваться сегодня в качестве концептуального приоритета проводимых в данном направлении исследований.

Именно синергетический подход, как мы убедились, дает наиболее последовательное объяснение процессам самоорганизации, истинным стимулом возникновения которых выступает спонтанная низкоэнтропийная флуктуация внутреннего состояния функциональных систем.

Как показал проведенный нами анализ, для того, чтобы такого рода постоянно присутствующие спонтанные флуктуации перерастали бы в целенаправленную кооперативную деятельность системообразующих элементов, необходимо достижение ими определенного уровня фоновой генерализованной активности. Мы определили этот процесс как появление «мотивации». Хотя правильнее здесь всё же было бы использовать термин «arousal».

4. В определении функциональной системы отсутствуют какие-либо упоминания о непременном наличии у неё унифицированной внутренней операциональной архитектоники. Это значит, что изначально, на уровне базового определения, не исключается возможность существования полноценных функциональных систем, не обладающих, например, аппаратом акцептора результатов действия или программой двигательной активности.

Особое значение данный вывод имеет при постановке задач, связанных с разработкой технических и биотехнических функциональных систем, для которых узловыми механизмами внутренней операциональной архитектоники классических ФС - «цель», аппарат акцептора результатов действия, биологическая мотивация или внутренняя потребность организма – антикомплементарны по определению (например: «внутренняя потребность аналого-цифрового преобразователя» - явная чушь!).

## **Заключение**

Рассмотренные выше семь базовых vi-моделей и определенный ряд их модификаций являются лишь небольшой частью того общего комплекса разработок, которые проводятся сегодня в области LabView моделирования функциональных систем П.К.Анохина. Но даже по этим данным уже можно составить определенное представление относительно отрывающихся здесь перспектив.

Особого внимания в этом плане заслуживают возможности быстрого практического внедрения результатов подобных исследований. Залогом этого является универсальность языка LabView, его ярко выраженный междисциплинарный характер.

Однако главное даже не это. В ходе работы с функциональными vi-системами выяснилось, что именно LabView объектно-ориентированные модели, по каким-то не понятным пока причинам, оказываются чрезвычайно эффективными при постановке и решении задач, связанных с мультипараметрическим анализом нейрофизиологических процессов. Более того, именно эта среда программирования открывает наиболее широкие возможности рассмотрения тех актуальных проблем, которые возникают сегодня на стыке технических и нейробиологических направлений научных исследований.

В связи с этим, хотелось бы привести слова Петра Кузьмича Анохина, сказанные им еще в 1973 году, но которые как нельзя лучше подходят ко дню сегодняшнему. «Трудно назвать более интересную научную проблему, чем проблема познания мозга, его фундаментальных механизмов и его молекулярной природы. Прямым следствием развития этой сферы знания должно быть разумное управление мозгом в будущем, а также использование законов его деятельности для конструирования различных механизмов, составляющих основу технического прогресса в нашу эпоху» [Анохин П.К. «Философский смысл проблемы естественного и искусственного интеллекта». 1973].

## **ЛИТЕРАТУРА**

Александров Ю.И. Постоянство состава активирующихся нейронов при изменениях параметров целенаправленного движения. - Журн. высш. нервн. деят. 1982. Т.32. №2. С.333-336.

Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука. 1989. 205 с.

Александров Ю.И., Александров И.О. Активность нейронов зрительной и моторной областей коры мозга при осуществлении поведенческого акта с открытыми и закрытыми глазами - Журн. высш. нервн. деят., 1981. Т.31. N 6. С.1179-1189.

Александров Ю.И., Гринченко Ю.В. Изменение рецептивных полей центральных нейронов в поведении: иерархический анализ - Нейроны в поведении. Ред. В.Б.Швырков. 1986. М.: Наука. С.107-119.

Александров Ю.И., Корпусова А.В. Роль цели в детерминации активности нейронов моторной и зрительной областей коры кролика - Журн. высш. нервн. деят., 1987. Т.37. №1. С.70-77.

Андрианов В.В., Фадеев Ю.А. Импульсная активность нейронов зрительной коры головного мозга на последовательных этапах инструментального поведения. - Журнал высш. нервн. деят. 1976. Т.26. №5. С.916.

Анохин П.К. Проблема центра и периферии в современной физиологии нервной деятельности. В кн.: Проблема центра и периферии в физиологии нервной деятельности. Горький. 1935. С.9.

Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина 1968. 499 с.

Анохин П.К. Теория функциональной системы. - Успехи физиол. наук. 1970. Т.1. №1. С.19-54.

Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М.: Наука. 1971.

Анохин П.К. «Философский смысл проблемы естест-



венного и искусственного интеллекта». 1973. В сб.: Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука. 1978. С.107.

Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона - Успехи физиологических наук. 1974. Т.5. № 2. с.5 - 92.

Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина. 1975.

Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука. 1978. 399 с.

Атлас. Нервная система человека. Строение и нарушения. Под ред. В.М.Астапова, Ю.В. Микадзе М.: ПЭРСЭ. 2004. 80 с.

Безденежных Б.Н. Активность корковых нейронов в пищедобывательном поведении при микроионофоретическом подведении к ним ацетилхолина и L-глутамата.- Журн. высш. нервн. деят. 1983. Т.23. N 3. С.500-507.

Бернштейн Н.А. Проблема взаимоотношений координации и локализации - Архив биол. наук. Т.38. №1. 1935. С.1.

Бернштейн Н.А. О построении движений. Медгиз. 1947. 255 с.

Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука. 1990. 491 с.

Бобровников Л.В. Системные принципы формирования функциональной структуры памяти. М.: ВИНТИ. 1978. ДР №1032 (рук. деп.). 18 с.

Бобровников Л.В. Динамика формирования двух типов инструментального поведения у кроликов - Журн. высш. нервн. деят. 1982. Т.32. N.1 С.25-31.

Бобровников Л.В. Импульсная активность корковых нейронов в двух разнородных типах инструментального поведения кроликов - Журн. высш. нервн. деят. 1982. Т.32. N.2 С.340 - 343.

Бобровников Л.В. Устройство для дискретного анализа импульсной активности нейронов в условиях свободного

поведения животных.- Журнал высш. нервн. деят., 1983. Т.33. N 6. С.1167-1169.

Бобровников Л.В. Способ исследования нейрональной активности при электрическом воздействии на мотивационные центры и устройство для его осуществления. - Проспект ВДНХ СССР. Москва. 1983. С.1-3.

Бобровников Л.В. Исследование корковых нейронов методом микроионофореза, управляемого нейронной активностью. - Журн. высш. нервн. деят. 1986. Т.36. N 5. С.975-977.

Бобровников Л.В. Разрядная активность нейрона как фактор реорганизации его нейромедиаторного притока - Мат. Международной конференции "Системные механизмы подкрепления". Москва. 1986. С.7-9.

Бобровников Л.В. Нейрофизиологические аспекты взаимодействия функциональных систем пищедобывательного и оборонительного поведения.- В сб.: Нейроны в поведении. Системные аспекты. (Ред. В.Б.Швырков). М.: Наука. 1986. С.180-194.

Бобровников Л.В. Вероятностно-статистические критерии оценки поведенческой специализации нервных клеток.- Психологический журнал. 1989. Т.10. N 2. С.90-98.

Бобровников Л.В. Особенности поведенческой специализации стабильно- и нестабильно-активных нервных клеток.- Журн. высш. нервн. деят. 1996. Т.46. N 4. С.745-753.

Бобровников Л.В. Инструментальные формы нейрохимического взаимодействия. Шуя. Изд-во "Весть". 2000. 60с.

Бобровников Л.В. Устройство для групповой взаимосвязанной хронореакциометрии. - Патент на изобретение (заявка №2004108106/14(008884)).2004 г.

Бобровников Л.В. Молекулярно-биологические и физиологические основы нейросинергизма. М.: 2005. 242 с.

Бобровников Л.В. Основы квантовой синергетики функциональных систем. Часть I. М.: 2008. 186 с.

Бобровников Л.В. Многоканальный электрод с независимым перемещением микропроводников в пучке. - Бюл. изобретений. № 17. 2011 г. Патент на изобретение 2421253 С1 RU А61 N 1/04.

Бобровников Л.В. Явление биохимической оперантной детерминации активности нейронов головного мозга человека и животных (Диплом на научное открытие №195). Приоритет: 28 октября 1985 г.

Бобровников Л.В. Электрофизиологический анализ активности сенсомоторных нейронов в условиях смены пищедобывательного инструментального поведения на оборонительное. Дисс. канд. биол. наук. М.: 1984. 120 с.

Бобровникова З.П., Бобровников Л.В. К вопросу об интегральном механизме запоминания и воспроизведения временных последовательностей. М.: ВИНТИ. 1977. ДРН№843 (деп. рук.). 16 с.

Боксер О.Я. Системокванты физиологических и психологических процессов: в чем их принципиальное отличие от "физических" квантов? - В сб.: Актуальные вопросы психофизиологии и психологии. Шуя. 1998. С.13-16.

Боксер О.Я. Психофизиологические исследования функциональных биотехнических систем с биологической обратной связью. - Успехи физиол. наук. 1994.

Боксер О.Я. Биотехническая система усиления и тренировки акцептора результата действия. В кн.: Моделирование функциональных систем. М. 2000. С.169 - 198.

Боксер О.Я., Аксюта Е.Ф. Устройство для исследования взаимосвязанной последовательной реакции группы лиц. - Бюл. изобр. 1972. № 23. Авт. свидетельство на изобретение №345918.

Боксер О.Я., Аксюта Е.Ф., Сергеев Э.В. Функциональные биотехнические системы обучения, тренировки и реабилитации: теоретические и прикладные вопросы. Шуя. 1994. 118 с.

Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 476 с.

Вольнова А.Б., Ленков Д.Н. Организация моторного представительства в неокортексе белой крысы: данные макро- и микростимуляции. – Журнал высш. нервн. деят. 1982. Т.32. №1. С.122.

Гессе Г. Игра в бисер. М.: 1992.

Гольберг М.Е., Робинсон Д.Л. Изменения зрительной реакции нейронов верхних бугорков и коры больших полушарий головного мозга обезьян. В кн.: Нейрофизиологические механизмы поведения. М.: Наука. 1982. С.406-414.

Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Стабильность поведенческой специализации нейронов. - Журн. высш. нервн. деят. 1990. Т.40. N 2. С.291-300.

Гринченко Ю.В. Нейрофизиологические механизмы смены отдельных актов в сложном поведении. – В кн.: Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука. 1979. С.19.

Гринченко Ю.В., Швырков В.Б. Простой микроманипулятор для исследования нейронной активности у кроликов в свободном поведении - Журн. высш. нервн. деят. 1974. Т.24. № 4. С.870.

Джаспер Г., Риччи Г., Доун Б. Микроэлектродный анализ разрядов корковых клеток при выработке условных оборонительных рефлексов у обезьян. – В кн.: Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности. М. Изд-во АН СССР.1962. С.129

Дудкин К.Н., Кручинин В.К., Скрыминский Ю.В., Чуева И.В. Методы автоматизированных исследований нейронных механизмов поведения. Л.: Наука. 1989. 216 с.

Дьюсбери Д. Поведение животных. Сравнительные аспекты. М.: Мир. 1981. 479 с.

Журавлев Б.В. Полезный приспособительный эффект в функциональных системах организма как физиологический процесс. – Кн.: Системный подход в физиологии. Под ред. К.В.Судакова. М. 2004. С.90-100.

Карпов А.П. Активность нейронов обонятельной луковицы кролика в пищедобывательном поведении. В кн.: Сис-

темные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука. 1979. С.111-145.

Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М.: Мир. 1970. С.279.

Котляр Б.И., Мясников А.А., Медведовский Б.В. Динамика реактивности корковых нейронов к повторяющейся электрофоретической аппликации ацетилхолина.- Журн. высш. нервн. деят. 1986. Т.36. №4. С.736-743.

Котляр Б.И., Овчаренко Ю.С. Интегративные свойства микропопуляции корковых нейронов - Журнал высш. нервн. деят. 1980. Т.30. №1. С.174.

Лекции по нейроинформатике. Ч.1-2. Мат. 6-ой Всероссийской научно-технической конференции. М.: 2004.

Ленков Д.Н., Моченков Б.П. Моторное представительство лицевой мускулатуры в неокортексе кролика. – Журнал высш. нервн. деят. 1984. Т.34. №1. С.84.

Ломов Б.Ф., Швырков В.Б. Введение к сборнику «Теория функциональных систем в физиологии и психологии». М.: Наука. 1978. С.6

Лурия А.Р. Маленькая книжка о большой памяти. М.: 1968. 86с.

Мещерский Р.М. Анализ нейронной активности. М.: Наука. 1972. 254 с.

Поливанная М.Ф. О взаимодействии двигательных пищевых условных рефлексов у кроликов. – Журнал высш. нервн. деят. 1961. Т.11. №4.

Попова Т.С., Могиланская З.В. Техника изучения движений. Практическое руководство по циклограмметрии. Под ред. Н.А.Бернштейна. Изд-во «Стандартизация и рационализация». Л.: 1934. 560 с.

Прибрам К. Языки мозга. - М.: Прогресс.. 1975.

Самойлов А.Ф. «И.М.Сеченов и его мысли о роли мышцы в нашем познании природы» В кн.: Избр. статьи и речи. М-Л. 1946.

Снедекор Д.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М.:

Мир. 1961. 318 с.

Тимофеева Н.О., Котляр Б.И., Попович Л.Д. Анализ нейронного механизма условнорефлекторного переключения. – Журн. высшей нервной деят., 1982. Т.32. №5. С.879.

Тинберген Н. Поведение животных. М.: Мир. 1969. 191с.

Фадеев Ю.А. Импульсная активность корковых нейронов при формировании и осуществлении целенаправленного поведения– Успехи физиол. наук. 1980. Т.2. №3. С.12-46.

Фадеев Ю.А. Нейроны коры большого мозга в системной организации поведения. М.: Медицина. 1988. 174 с.

Швырков В.Б. Теория функциональных систем в психологии. В кн.: Теория функциональных систем в физиологии и психологии. М.: Наука. 1978. С.11-46.

Швырков В.Б. Целевая специализация центральных нейронов в процессе обучения. В сб.: Интегративная деятельность нейрона. Мат. V Всесоюз. семинара по развитию общей теории функциональных систем. М. 1979. С.146.

Швырков В.Б. Системная детерминация активности нейронов в поведении. – Успехи физиол. наук. 1983. Т.14. №1. С.45-66.

Швырков В.Б. Психофизиологическое изучение структуры субъективного отражения.- Психологич. журн. 1985. Т.6. № 3. С.29.

Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. М.: Ин-т Психологии. 1995.

Швырков В.Б., Швыркова Н.А. Активность нейронов зрительной коры при пищевом и оборонительном поведении. – Нейрофизиология. 1975. Т.7. №1.

Швыркова Н.А. Активность нейронов зрительной области коры при изменении пространственной организации среды. - В кн.: Мозг и психическая деятельность. М.: 1984. С.175-185.

Швыркова Н.А., Бобровников Л.В. Активность нейронов центральных структур в функциональной системе пищедобывательного поведения при изменении обстановки. В

сб.: Интегративная деятельность нейрона. Мат. V Всесоюзн. семинара по развитию общей теории функциональных систем. М. 1979. С.113-115.

Шевченко Д.Г. Нейроны ретикулярной формации в механизмах принятия решения. – В кн.: Проблемы принятия решения. М.: Наука. 1976.

Шовен Р. Поведение животных М.: Мир. 1972. 487 с.

Basmajian J.V., Stecko G. A new bipolar electrode for electromyography.- J. Appl.Physiol. 1962. v.17. P.849-851.

Bobrovnikov L.V. Formation of the behavioral act: problem of intrasystemic heterochronia.- Neurosci. Behav. Physiol. 1988. V.18. N.6. P. 453-461.

Bobrovnikov L.V. Microiontophoretic application of L-glutamate as a factor of operant conditioning of neuron firing pattern.- Systems Research in Physiology. 1991. v.4. P.219-228. Gordon and Breach Science Publishers. New York.

Bobrovnikov L.V. Device for the investigation of metabolic processes of the nerve cell in the period of the generation of the action potential.- Neurosci. Behav. Physiol. 1992. V.22, N 4, P.284-286.

Brewster D. Life of Sir Isaac Newton. London. 1875.

Burns B.D. The uncertain nervous system. 1968. London. Ed.: E.Arnold. 263 p.

De Long M., Strick P. Relation of basal ganglia, cerebellum and motor cortex units to ramp and ballistic limb movements. - Brain Res. 1974. v.71. P.327-335.

Donahoe J.W. Edward L.Torndike: The Selectionist Connectionist.- J. Exp. Analysis of Behavior. 1999. V.72. N3. P.451-454.

Eccles J.C. The Physiology of nerve cells. The Johns Hopkins press, Baltimore. 1957.

Fetz E.E. Biofeedback and differential conditioning of response patterns in the skeletal motor system.- Biofeedback and behavior. 1977. P.413-425.

Fetz E.E., Baker M.A. Operantly conditioned patterns of precentral unit activity and correlated responses in adjacent

cells and contralateral muscles.- J. of Neurophysiol. 1973. V.36. N2. P.179-204.

Fetz E.E., Finicchio D.V. Operant conditioning of specific patterns of neural and muscular activity. In.: Brain unit activity during behavior. Springfield. Illinois. USA. 1973. P.301.

Findlay A.L., Hayward J.N. Spontaneous activity of single neurons in the hypothalamus of rabbits during sleep and waking // J.Physiol (London). 1969. v.201. P.237-258.

Heit G., Smith M., Halgren E. Neural encoding of individual words and faces by the human hippocampus and amygdala - Nature. 1988. v.333. P.773-775.

Hubel D.H., Wiesel T.N. Receptive fields of single neurons in the cats striate cortex.- J. Physiol. 1959. v.148. P.574.

Lashley K.S. Studies of cerebral function in learning. The retention of motor habits after destruction of the so called motor area in primates.- Arch. Neurol. Psychiat. Chicago. 1924. V.12. P.249.

Lorenz K.Z., Tinbergen N. Taxis und Instinkthandlung in der Eirollbewegung der Graugans. Zeitschrift fur Tierpsychologie.1938. 2. 1-29

Lorenz K.Z. Evolution and modification of behavior. Chicago: University of Chicago Press. 1965.

McCulloch W.S., Pitts W.A. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. - Bull. Math. Biophysics. 1943. v.5. P.115.

Monnier M., Gangloff H. Rabbit brain research atlas for stereotaxic brain research on the rabbit. In.: Rabbit brain research. Amsterdam: Elsevier. 1961. V.1. P.76.

Moore B.R. The role of directed Pavlovian reactions in simple instrumental learning in the pigeon. In.: Constraints on learning, Hinde R.A. Stevenson-Hinde J. (eds.) London, Academic Press. 1973.

Mountcastle W.E. Some neural mechanisms for directed attention. - In.: Cerebral correlates of conscious experience. Amsterdam etc.: North-Holland Publ. Co. 1978. P.37-52.

Mountcastle W.E., Lynch J., Georgopoulos A. Posterior



parietal association cortex of the monkey: command function for operations within extrapersonal space. - J.Neurophysiol., 1975. v.38. N4. P.871-908.

Niki H., Watanabe M. Prefrontal unit activity and delayed response: relation to cue location versus direction of response. - Brain Res. 1976. V.105. P.79.

O'Keef J. Place units in the hippocampus of the freely moving rat. - Exp. Neurol. 1976. v.51. P.78-109.

Perrett D.I. et al., Monitoring social signals arising from the face: studies of brain cells and behaviour. - 8-th world congress of IOP. Tampere. 1996. P.201.

Purves D., Lichtman J.M. Elimination of synapses in the developing nervous system.- Science. 1980. N.1. P.153-157.

Ranck J.B. Behavioral correlates and firing repertoires of neurons in the dorsal hippocampal formations and septum of unrestrained rats.- Hippocampus. 1975. V.2. N.5. P.207.

Rosenberger F. Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Leipzig. 1895

Rossetto M.A., Vandercar D.H. Lightweight FET circuit for differential or single-ended recording in freely moving animals.- Physiol. Behav. 1972. V.9. P.105-106.

Self D.W., Stein L. (1992) The D1 agonists SKF 82958 and SKF 77434 are self-administered by rats. Brain Research. v.582. P.349-352.

Self D.W., Stein L. (1992). Receptor subtypes in opioid and stimulant reward. Pharmacology and Toxicology, 701, p.87.

Skinner B.F. The behavior of organisms. 1938. New York, Appleton-Century-Crofts.

Skinner B.F. Science and human behavior.- Free Press. New York. 1953.

Sparks D.L., Travis R.P. Patterns of reticular unit activity observed during the performance of a discriminative task - Physiol. Behav., 1968. V.3. N6. P.961.

Stein L. In vitro reinforcement of hippocampal bursting: Possible cellular and molecular mechanism of drug reward. Reg. Peptides. 1994. v.54 P.285-286.

Stein L. Biological substrates of operant conditioning and the operant-respondent distinction J. Exp. Anal. Behav. 1997. v. 67. P.246-253.

Stein L. Biological substrates of operant conditioning and the operant-respondent distinction - J. Exp. Anal. Behav. 1997. v. 67. P.246-253.

Stein L., Belluzzi J.D. Cellular investigations of behavioral reinforcement. // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. V.13. P.69-80.

Stein L., Belluzzi J.D. Reward transmitters and drugs of abuse. In: J.Engel and L.Oreland (Eds.), Brain reward systems and abuse 1987. (pp.19-33) New York: Raven Press.

Stein L., Belluzzi J.D. Operant conditioning of individual neurons. In: M.L. Commons, R.M.Church, J.R.Stellar, A.R.Wagner (Eds.). Quantitative analyses of behavior. V.7. Biological determinants of reinforcement and memory 1988. (pp. 249-264). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Stein L. and Belluzzi, J.D. Cellular investigations of behavioral reinforcement. Neuroscience & Biobehavioral Reviews 1989. v.13. P.69-80.

Stein L., Xue B.G., Belluzzi J.D. A cellular analogue of operant conditioning.- Journal of the Experimental Analysis of Behavior. 1993. N.60. P.41-53.

Stein L., Xue B.G., Belluzzi J.D. In vitro reinforcement of hippocampal bursting: a search for Skinner's atoms of behavior.- Journal of the experimental analysis of behavior. 1994. N.61. P.155-168.

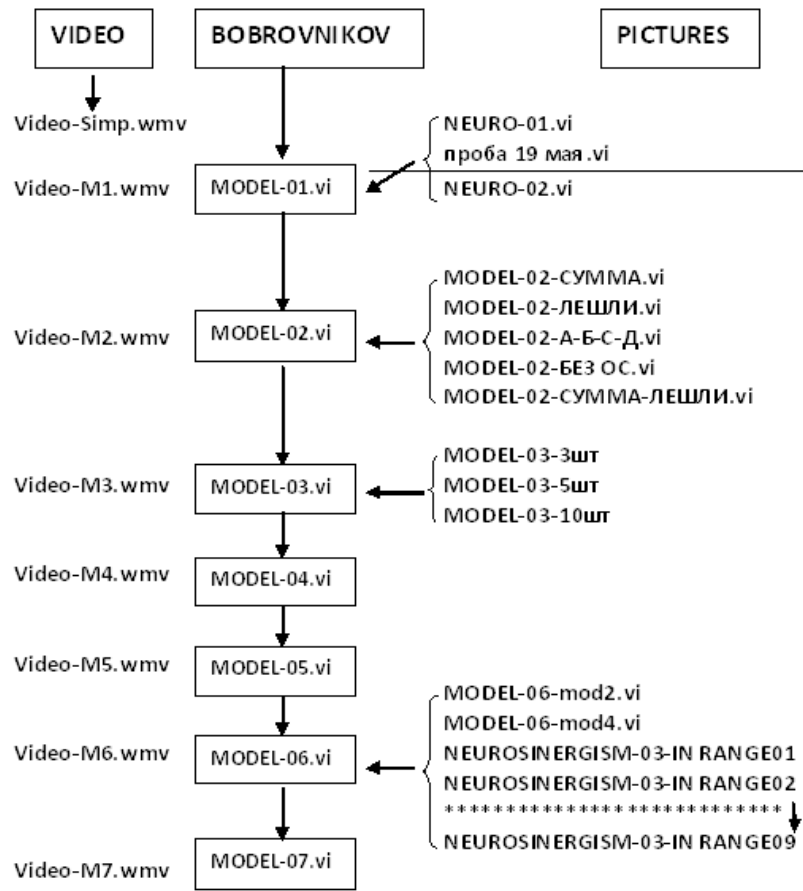
Thorpe S.J., Rolls E.T., Maddison S. The orbitofrontal cortex: neuronal activity in the behaving monkey. - Exp. Brain Res. 1983. v.49. P.93-115.

Watanabe M. Prefrontal unit activity during delayed conditional discriminations in the monkey.- Brain Res. 1981. V.225. N1. P.51.

*Работа выполнена без поддержки со стороны государственных и частных фондов финансирования фундаментальных научных исследований*

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СТРУКТУРА ЛАЗЕРНОГО ДИСКА



Наиболее важные моменты, которые стоит здесь отметить.

1. Основной каталог диска, в котором находятся все разработанные нами LabView модели, называется «BOBROVNIKOV» (нетрудно заметить явное сходство названия с фамилией автора). Традиционных LLB-библиотек не создавалось, поскольку этот каталог и до сих пор еще пребывает в состоянии постоянного наполнения.

2. Необходимо учитывать тот факт, что за каждым конкретным прибором стоит очень большое число других устройств разного программного уровня. Так, например, для MODEL-04.vi количество входящих в её состав subsystem превышает 760 шт! Поэтому, во-первых, необходимо определенное терпение при загрузке модели. В этот период на экране монитора появляется специальное диалоговое окно, в котором LabView последовательно перечисляет все подгружаемые ею vi-устройства. Во-вторых, на Вашем компьютере должен находиться весь каталог “BOBROVNIKOV”, а не отдельные его файлы, ибо из этого каталога (его нельзя менять и нельзя переименовывать входящие в него файлы) происходит подгрузка в MODEL необходимых для её работы subsystem. И, наконец, на Вашем компьютере должна стоять современная рабочая версия программы: **LabView 2010**. Более ранние её варианты не позволяют активировать наши устройства.

3. Названия основных (базовых) семи моделей на схеме «Структура лазерного диска» обведены прямоугольниками. Слева от них – названия видео-файлов, находящихся в отдельной папке “VIDEO” и иллюстрирующих работу соответствующей модели. Справа – перечислены названия модификаций данной модели, о которых говорится в соответствующих разделах монографии. Найти по этим названиям необходимый vi-прибор в каталоге “BOBROVNIKOV” и щелкнуть на нем левой кнопкой мыши для его активации – не составит особого труда.

4. Важная и интересная информация при работе рассматриваемых нами систем идет по каналу звукового сопровождения. Никаких специальных устройств для этого не требуется. Обычные звуковые колонки и штатные драйверы для их работы.

5. Любые, даже самые незначительные изменения параметров vi-моделей, которые Вы можете производить, иницируют у LabView предложение их сохранить. При этом изначальная версия прибора утрачивается. К этому стоит относиться с определенной осторожностью. Особенно, если у Вас нет достаточного опыта работы в этой среде программирования. Оптимальным вариантом является создание рабочей копии всего каталога "BOBROVNIKOV" на компьютере и работа именно с копией, которую всегда можно будет восстановить.

6. В каталоге PICTURES представлены электронные версии всех рисунков данной монографии. Сделано это не только для удобства работы с графикой. Некоторые иллюстрации в книге даны в черно-белом формате. Их цветные оригиналы как раз и приводятся на лазерном диске. Кроме того, там есть и оригинальная графическая информация, вообще не вошедшая в монографию.

7. Для работы с LabView-моделями можно использовать монитор практически с любой диагональю и любым разрешением экрана. Но, если Вы хотите наблюдать одновременно все детали Блок-диаграммы или Лицевой панели, а не их части, необходимо иметь достаточно современное оборудование. Это же относится и к самому системному блоку.

Мы использовали в своей работе монитор 19`` Flatron L1915S и системный блок: AMD Athlon™ 64 3000 + 2,01 ГГц с ОЗУ 1,5 гб.

**Прим.** Наверное, излишне говорить о том, что все используемые нами программы прошли тщательную анти-вирусную проверку.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение .....	5
<b>МЫСЛЕСПЕЦИФИЧНЫЕ НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ (НЕЙРОГОМУНКУЛУСЫ) .....</b>	<b>7</b>
Основные свойства системоспецифичных нейронов.....	14
Концепция нейросинергизма.....	17
Организация или самоорганизация .....	18
Исходная модель генератора функциональных систем .....	25
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW (MODEL-01.vi)</b>	
Введение .....	30
Общие принципы.....	32
Random-генератор.....	33
Функция оценки суммарной активности .....	36
Полная блок-схема.....	42
Front-Panel .....	45
Критические замечания .....	48
Обсуждение .....	49
<b>ФАЗНЫЕ ТОРМОЖЕНИЯ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ..</b>	<b>54</b>
Материалы и методы исследования .....	56
Особенности организации нейронной активности .....	61
Обсуждение.....	70
Выводы .....	72
<b>К ПРОБЛЕМЕ ИЕРАРХИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ (MODEL-02.vi).....</b>	<b>73</b>
Control Panel.....	76
Action .....	78
Все в точности, как в опытах К.Лешли .....	85
<b>К ПРОБЛЕМЕ МЕХАНИЗМОВ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ (MODEL-03.vi)</b>	
Введение .....	88

Лицевая панель .....	89
Action.....	90
Обсуждение .....	95
Заключение.....	98
ТРЕХМЕРНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА (MODEL-04.vi).....	100
КОНВЕРГЕНТНЫЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ АССОЦИАТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ПАМЯТИ (MODEL-05.vi)	
Общие принципы .....	101
LabView формализация модели .....	106
Обсуждение .....	110
К ПРОБЛЕМЕ НЕЙРООПЕРАНТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛИ (MODEL-06.vi и K <sup>o</sup> )	
Введение .....	114
Модификация №1 .....	115
Модификация №2.....	117
Модификация №3.....	120
Заключение .....	121
О ПЕРСПЕКТИВАХ LABVIEW-РЕШЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ (MODEL-07.vi)	
Введение .....	124
Исходная («пред-LabView») система .....	127
Методика .....	128
Результаты исследования и их обсуждение .....	130
Выводы .....	131
Labview интерпретация модели группового взаимосвязанного поведения.....	132
Обсуждение.....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	143
Литература .....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	156
Оглавление.....	159

