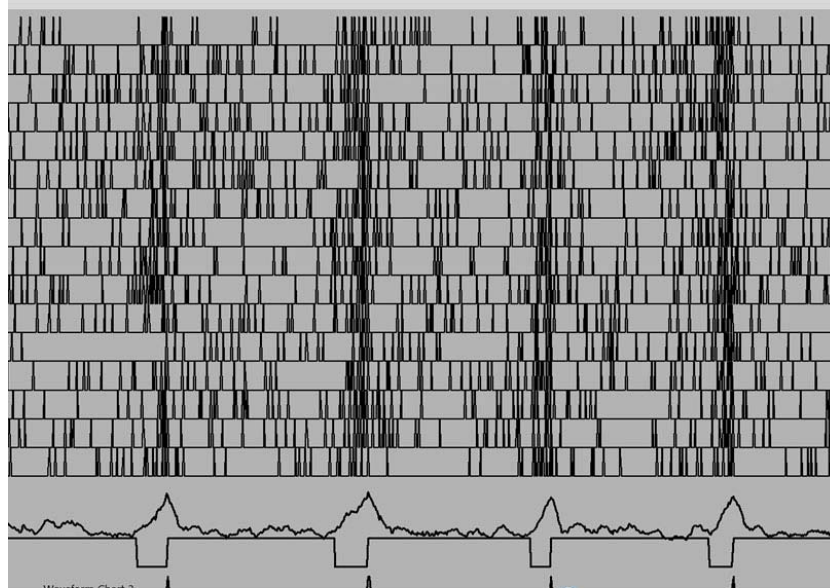


Л.В.БОБРОВНИКОВ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ



Москва 2021

Russian Academy of Natural Science

Department of Psychophysiology

L.V. Bobrovnikov

The actual questions of the object-oriented functional systems modeling

Moscow 2021

**Российская академия естественных наук
Отделение психофизиологии**

**Академия медико-технических наук
Российской Федерации**

Л.В. Бобровников

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Москва 2021

ББК 28.91

Л.В.Бобровников. Актуальные вопросы объектно-ориентированного моделирования функциональных систем. М.: Российская академия естественных наук. 2021. 339 с.

ISBN 978-5-600-03204-0

(идентификатор Российской книжной палаты – 600)

© Л.В.Бобровников, 2021

©Российская академия естественных наук

©Академия медико-технических наук РФ

*Моему школьному учителю математики,
Полине Борисовне Ройтман, посвящается*

***«То, в чём действительно нуждается
психология, - это новый тип мышления,
зачатки которого появляются в работах
по теории систем» (Дж. Гибсон)***

Ключевые слова: Системная специализация нервных клеток, теория функциональных систем П.К.Анохина, нейросинергетика, «закон эффекта» Торндайка-Скиннера, темпоральное поле самоорганизации функциональных систем, объектно-ориентированное моделирование, принцип взаимодействия системообразующих элементов, фазовое пространство зрительного (сенсомоторного) оперативного поля.

Л.В.Бобровников. Актуальные вопросы объектно-ориентированного моделирования функциональных систем. М.: Российская академия естественных наук, 2021. 339 с.

Системная специализация нервных клеток. Нейроны цели, нейроны внимания, нейроны ошибок, нейроны когнитивных карт... Открытие этого ряда явлений приходится на 70-е годы прошлого века. Однако заслуженное признание и вручение его авторам Нобелевской премии состоялись лишь в 2014 году. Почему?

Ничего удивительного. Ведь, в сущности, речь идет о реинкарнации высмеянного много веков назад мифа о существовании в мозге человека маленьких разумных индивидуумов – гомункулусов, которые выполняют за него различные интеллектуальные функции, воплощая затем свои наработки в поступки мозгообладателя. Так вот, несмотря на очевидную абсурдность этих представлений, на рубеже XX-XXI веков выяснилось, что именно так всё и происходит. Только реальные гомункулусы имеют не человекообразный вид, а внешне скорее напоминают неких диковинных обитателей океанических глубин, типа микроосьминогов или морских звёзд. И называются, соответственно, по-другому: системоспецифичные нейроны. Зато, что касается приписываемых им экстраординарных способностей - здесь налицо полное соответствие тем самым мифическим средневековым микрокорифеям. Выходит, не такими уж и наивными были наши далекие предки?!

Впрочем, хотя признание сделанного открытия и состоялось на самом высоком уровне, настороженное отношение к нему широких слоёв научной общественности по-прежнему сохраняется. Одна из причин этого: отсутствие вразумительной математической интерпретации данного явления и, соответственно, моделей, открывающих возможность детального его исследования на основе современных методов компьютерного анализа с последующим выходом на создание нецифровых («нейрогомункульярных») систем искусственного интеллекта.

Цель настоящей монографии – восполнить данный пробел. В книге приводятся разработки, сделанные за последние годы в этом направлении при помощи технологии объектно-ориентированного моделирования LabVIEW-2010 (USA). Полученные результаты рассматриваются в контексте предложенной П.К.Анохиным общей теории функциональных систем.

Введение. Сознание, разум, воображение, интеллект, память, мыслительная деятельность. В представлении современного человека возникновение любого из этих сложных психофизиологических явлений неразрывно связано с работой особого, специально предназначенного для решения подобных задач органа. Называется он головной мозг. Ну, а основными структурно-функциональными элементами мозга являются нервные клетки (нейроны).

Обоснованность этих, в общем-то, тривиальных на сегодняшний день представлений полностью подтверждается результатами многочисленных экспериментальных исследований. Однако актуальность проведенных в данном направлении работ определяется, конечно же, не этим. Главное, что установленные в них закономерности позволяют сделать другой, несравнимо более важный и уже не столь очевидный вывод. А именно, заключение о том, что **материальную основу психики** в любых формах её проявления составляют **процессы организации элементарных нейрофизиологических функций**. С этих позиций, ответ на ключевой вопрос психофизиологии (проблему соотношения «души и тела», идеального и материального) следует искать в первую очередь в рамках анализа нейроинтеграционных процессов.

Итак, что конкретно сегодня об этом известно? Прежде всего, какие факторы являются инициаторами возникновения в мозге первичных «очагов» согласованной нейронной активности: своего рода, источников (пейсмекеров) глобальной психогенной нейросинхронизации?

Наиболее распространенный в настоящее время вариант ответа на поставленный вопрос сводится к следующему. Универсальным генератором таких процессов служат рецепторные поля, которые есть у каждого обладателя мозгового субстрата. Сетчатку же глаза физиологи прямо называют «частью мозга, вынесенного наружу» [Грегори Р., 1970]. Именно благодаря уникальной способности обра-

зующих такие структуры клеток приходят под влиянием внешних стимулов в состояние одновременного (синхронного) возбуждения и возникает затем избирательно распространяющаяся на другие отделы ЦНС нарастающая волна согласованной клеточной активности. Причем, речь идет вовсе не о пассивной проекции в нейронные сети первичного стимул-гештальта: картинки внешней среды. Процесс масштабной нейросинхронизации всегда развивается в контексте поэтапной логико-математической обработки информационных потоков с выделением в них все более и более сложных признаков воспринимаемого объекта.

Применительно к работе зрительной системы в известной монографии П.Линдсей и Д.Нормана это описывается следующим образом. *«Мы выявили ряд общих принципов, на которых основаны процессы восприятия. Повидимому, анализ сенсорной информации происходит очень постепенно, и на каждой ступени производится преобразование информации, поступившей от предыдущей ступени». «При каждом преобразовании из сенсорной информации извлекаются новые сведения. Иногда только уточняется информация, полученная на предыдущих этапах. Так, на первом уровне коры детекторы линии нечувствительны к длине линии, но на последующих уровнях они обладают большей избирательностью и реагируют только на линии определенной длины. Иногда удается извлечь более абстрактный признак, комбинируя ответы специфических детекторов предшествующего уровня. Второй уровень корковой переработки гораздо менее чувствителен к точному местоположению линии, чем первый». «В принципе мы можем продолжать в том же духе и построить еще более сложные детекторы, пригодные для распознавания бабушек, автомобилей или домов».**

**Прим. Эту цитату я уже приводил в одной из предыдущих публикаций (2013 г.), но не смог удержаться от повтора: уж больно выразительно и точно у них это расписано... Если во все это верить – лучше не скажешь.*

Однако, несмотря на впечатляющую ясность приведенной выше схемы, в настоящее время известно большое число не укладывающихся в неё фактов. Особого внимания в этом плане заслуживают результаты экспериментальных работ, проведенных по методике фиксации зрительного изображения на сетчатке глаза. Такая методика позволяет получать стабильные, топологически детерминированные очаги синхронной активации рецепторных, а затем и нервных клеток.

И, что же? Как выяснилось, в результате зрительная функция просто-напросто утрачивается. Человек практически сразу перестает видеть зафиксированную на его сетчатке проекцию [Притчард Р., 1974].

Вопрос: почему это происходит? Почему сложноорганизованный зрительный стимул, который конститутивно возбуждает одну и ту же группу клеток «вынесенной наружу части мозга», не получает релевантного отображения в сознании испытуемого? Выходит, наличие процессов организации элементарных нейрофизиологических функций является хотя и необходимым, но ещё не достаточным условием преобразования зрительной проекции в её идеальную (психическую) форму.

Так что ли?

Этот же вопрос можно поставить иначе. А именно. Правильно ли считать, что процесс психогенерации субъективных образов объективного мира является следствием не любых, а лишь особых (исключительных) сценариев перехода нейромозгового субстрата в его высокоорганизованное состояние? Если да, то в чем заключается качественное своеобразие (специфика) подобных переходов?

Определенного ответа на эти вопросы пока нет. Более того, серьезные сомнения вызывает правомерность самой их постановки, в логико-семантической форме которой, если внимательно посмотреть, уже изначально заложена констатация первичности процесса нейросинхронизации по отношению к генерируемой мозгом психической ре-

альности. А это еще не факт. Во всяком случае, в последние десятилетия весьма активно развиваются альтернативные представления, согласно которым в любых процессах системообразования исходными являются именно извлекаемые из памяти «психоморфные» факторы, такие как: цель действия, модель поведенческого акта и т.п. [Швырков В.Б. «Цель как системообразующий фактор в поведении и обучении» В сб.: «Нейрофизиологические механизмы поведения». М., 1982б. С.164-186].

На базе этих идей, коим в прежние времена непременно наклеили бы ярлык «махрового идеализма», было разработано даже целое новое научное направление – так называемая, «системная психофизиология» [Швырков В.Б., Александров Ю.И. 1995].

«ЦЕЛЬ КАК ФАКТОР ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»

Да, именно так в некоторых современных ВУЗ-овских учебниках [Александров Ю.И. и др., 2001] определяется ныне генеральная линия нового подхода к рассмотрению психофизиологической проблемы. Её решение предлагается искать на основе бескомпромиссной (в оригинале: «диэклетичной») альтернативы вульгарно материалистическим представлениям классической рефлексорной теории. Условные и безусловные рефлекс в рамках новой парадигмы отрицаются по сути дела уже на феноменологическом уровне (рис.1). Им просто нет места в непрерывной последовательности «целеустремленных в будущее» функциональных систем жизнедеятельности организма (см. «Прим.» на стр.9).

Правда, когда речь заходит о конкретике собственной экспериментальной работы, это почему-то напрочь забывается. И в поведенческом континууме уже без труда удается найти подходящее место, откуда весь набор рефлексорной атрибутики прёт, как говорится, из каждой методологической щели [Швырков В.Б., 1969; Александров

Ю.И.,1976]. Впрочем, это нисколько не мешает авторам вполне дизэлектично констатировать затем в качестве императива именно принцип целевой детерминации системных процессов. То есть, утверждать, что не психика является продуктом организации физиологических функций, а наоборот: организация нейрональных процессов становится прямым следствием извлечения из памяти особого психического образования, именуемого «цель действия».

**Прим.* На самом деле, по мнению «отца-основателя» антиреакционной психофизиологии «тот факт, что оперантное поведение «направлено на будущее», вводит в заблуждение» [Б.Ф.Скиннер. 1953. С.18].



Рис.1. О том, как в рамках «системной психофизиологии» незамысловато разрешается психофизиологическая проблема, можно судить по картинке из «Учебника нового века» [Александров Ю.И. и др. 2001. С.277; Александров Ю.И. и др. 2014. С.265]. Целенаправленная активность здесь без каких-либо объяснений просто выносится на первое место. И не только у человека. В жизни любого живого существа (например, таракана) все начинается внезапно возникающим у него целенаправленным действием.

Аргументируется это конспирологически завуалированными ссылками на аксиоматику теории П.К.Анохина, например, так: «Теория функциональной системы распространяла принцип **целенаправленности** на все уровни анализа поведения и **все физиологические механизмы, лежащие в основе поведения**. Последовательное проведение **принципа целенаправленности** позволяет решить целый ряд «парадоксов» и создать единую и стройную систему понятий для объяснения как целостной деятельности организма в поведении, так и **элементарных нейрофизиологических процессов, включенных в поведение**» [Швырков В.Б., 1978а. С.16] (выд. мной, Л.Б.).

Психофизиологическая проблема, соответственно, трактуется уже как «**Проблема цели, которая организует части в целое**» [Александров Ю.И., 2001. С.269; Александров Ю., Дружинин В.Н., 1998. С.6].

В действительности, последнее утверждение не вполне удачно отражает основную суть предлагаемого основоположниками системной психофизиологии решения. А заключается оно в том, что психику и нейроорганизационный процесс следует рассматривать как **разноуровневые аспекты** другого, так сказать, суперявления (явления более высокого ранга), которое называется процесс формирования функциональной системы **поведенческого** акта [Ломов Б.Ф., 1982].

«**Психическое в поведении** оказывается организацией элементарных физиологических функций, поэтому физиологическое и психическое **в поведении** оказываются в неразрывном единстве, не существуют и не могут быть поняты друг без друга» [Швырков В. 1981б. С.28-29].

В рамках такого подхода говорить о первичности или вторичности психического и физиологического вроде бы уже не приходится. Психика и организация элементарных нейрофизиологических функций по сути дела отождествляются. Они всегда возникают **в поведении** хотя и на разных уровнях, но одновременно в неразрывной взаимосвязи.

Ну, и все... Никакой психофизиологической проблемы больше не существует [Швырков В.Б. «О единстве физиологического и психического в поведении». Психологический журнал РАН. 1981. Т.2. №2. С.19-32].

Так ли это на самом деле? Прежде всего, согласуется ли данная точка зрения с основными положениями общей теории функциональных систем, на которую пытаются сослаться авторы в обосновании своих идей?

Ответ можно дать совершенно определенный: нет, не согласуется! В этом легко убедиться, обратившись к оригиналу схемы внутренней операциональной архитектуры ФС, которую приводит сам П.К.Анохин (рис.2).

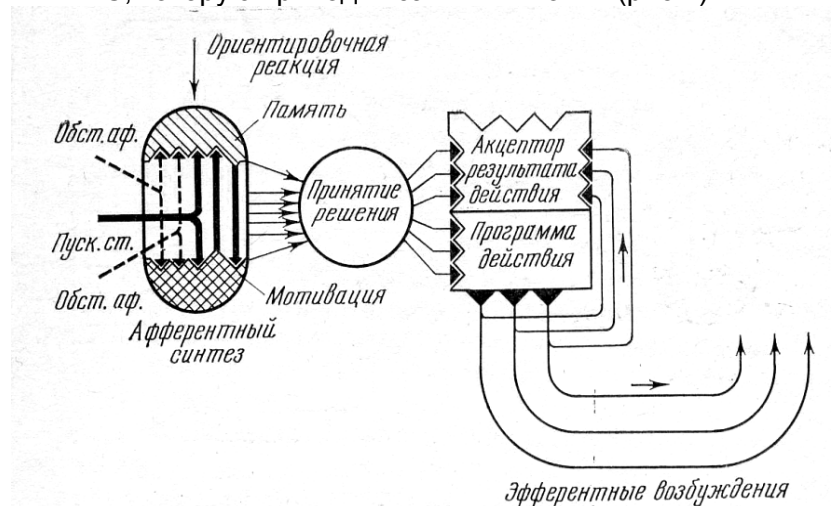


Рис.2. Универсальная схема внутренней операциональной архитектуры функциональной системы [Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. М.: Наука. 1980. С.183].

Нетрудно заметить, что на начальных («до целеактуализированных») стадиях формирования функциональной системы уже присутствует такой фактор как ориентировочно-исследовательская реакция, которая по всем крите-

риям подпадает под определение целостной деятельности организма [Анохин П.К., 1968; Соколов Е.Н., 1959]. А это значит, что на самых ранних этапах афферентного синтеза уже наличествуют полноценные процессы организации элементарных физиологических функций, являющейся предтечей акта детерминации цели будущего действия.

«Изучение отдельных механизмов, поддерживающих в интегрированном состоянии все части разветвленной функциональной системы, - писал в этой связи П.К.Анохин - привело нас к необходимости наиболее полно охарактеризовать первую фазу деятельности системы – афферентный синтез, предшествующий формированию цели действия и детальному программированию всех последующих этапов данного действия» [Анохин П.К. Узловые механизмы функциональной системы как единицы саморегуляции. В сб.: Рефлексы головного мозга. 1963. С.27] (выделено мной, Л.Б.).

Иными словами, фактор цели по П.К.Анохину появляется в ходе построения любой функциональной системы **только после** начала развертывания в рамках ориентировочно-исследовательской деятельности самостоятельных физиолого-организационных процессов и достижения ими оптимального уровня стабильности.

Разумеется, факт несоответствия предлагаемой авторами концепции основным положениям общей теории функциональных систем не может рассматриваться в качестве доказательства её несостоятельности. Просто такого рода нестыковка указывает на наличие здесь нерешенных проблем фундаментального уровня.

И это действительно так. Ведь, в сущности, что получается... Формирующаяся в ходе афферентного синтеза цель предстоящего действия (она же, по В.Б.Швыркову, «системообразующий фактор») запускает процесс интеграции определенных центрально-периферических компонентов в единую функциональную систему. Между тем, как уже отмечалось, согласно общепринятым в современной пси-

хологии представлениям, материальную основу психики в любых формах её проявления (включая акт целеполагания) составляют именно процессы организации элементарных нейрофизиологических функций. На что, между прочим, обращает внимание и сам В.Б.Швырков в своей монографии 1978 года.

Т.о., выходит, что сформированная в ходе «организации нейрофизиологических функций» цель, одновременно выступает в качестве организационного фактора её же и породивших нейрофизиологических процессов. Налицо классическая схема логического порочного круга, когда исходная посылка обосновывается своими собственными выводами, которые из неё вытекают.

Ну и какое заключение отсюда следует?

А оно очевидно. Не надо фантазировать. П.К.Анохин в своих работах неслучайно утверждал, что императивным системообразующим фактором является именно **конечный** приспособительный результат, а не «извлекаемый из памяти» его «информационный эквивалент». Причем, эта констатация не приводит ни к какому временному парадоксу, поскольку в определении ФС наличествует и другой не менее важный императив – принцип взаимоСОдействия системообразующих элементов - абсолютно синергетическое в своей базовой интерпретации положение, которое означает наличие мощнейших автоорганизационных процессов, успешно реализуемых без участия каких-либо экзогенно-эндогенных негэнтропийных влияний.

Широкое представительство в живой Природе разнообразных явлений самоорганизации, которые не требуют для своего построения никаких психоморфных детерминант, как раз и дает ключ к последовательному решению психофизиологической проблемы.

Об этом же свидетельствуют и результаты классических опытов по изучению приспособительного поведения обезглавленных животных [Сеченов И.М. 1961]. Полученные в этих работах данные определенно указывают на то,

что процесс целеполагания, конечно же, является порождением головного мозга. Но и полное отсутствие такового не блокирует механизмов «организации элементарных нейрофизиологических функций». Просто самодостаточность этих сугубо материальных процессов (так называемая их «первичность» по Марксу-Энгельсу) в данном случае становится особенно очевидной.

Более того, в развитие идей основоположников великой философии нашего недавнего прошлого и весьма вероятного *rap-chinese* будущего мы вправе сегодня заявить, что **процессы самоорганизации** являются неотъемлемым атрибутом существования не только живой, но и неживой материи. Точно так же, как и наличие у неё «непрерывного движения», которое, собственно говоря, и порождает указанные процессы. В качестве наглядной иллюстрации этого, на первый взгляд радикального, а на самом деле вполне банального утверждения, можно рассмотреть поведение простейшей физической системы, которая называется «модель идеального газа».

ЯВЛЕНИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОСТЕЙШИХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Как известно, «идеальным» называется любой по своему химическому составу газ, который разряжен настолько, что взаимодействием между его молекулами можно пренебречь: например, когда внутри достаточно большого объема находятся всего 4 одинаковые молекулы.

Если предположить, что каждую из них нам удалось каким-то образом пометить, то как эти молекулы распределяются внутри рассматриваемой камеры?

Ответ. Прежде всего, сам вопрос в предлагаемой форме поставлен не вполне корректно. Поскольку молекулы находятся в постоянном тепловом движении, их местоположение все время будет непрерывно меняться. Соответственно, изменчивыми окажутся и все параметры их группового распределения. Но вот как именно? Можно ли в

динамике этих изменений уловить признаки некой устойчивости, которая будет проявляться в форме конститутивного «предпочтения» определенных **переходов** ансамбля молекул из одного состояния в другое?

При решении данной задачи в качестве исходной посылки с полной уверенностью можно рассматривать предположение о равной вероятности нахождения любой молекулы, в любой момент времени, в любой части объема. Действительно, никаких оснований считать, что какие-либо области камеры, например, левая или правая её половины обеспечивают преференции присутствия в них нет. Что же получается в результате принятия этого очевидного утверждения?

Понятно, что в итоге мы придём к заключению о равновероятном же распределении персонифицированных цветной маркировкой молекул в составе 16-ти приведенных на рис.3 групп, которые отражают **полный набор** возможных молекулярных распределений. То есть, если взять, например, «зеленую» микрочастицу, то нетрудно посчитать, что она наличествует в правой половине на 8 картинках, а на 8 других – в левой. И так для каждой из четырех молекул (рис.4).

Однако если вспомнить, что речь идет о совершенно одинаковых микрочастицах, и что свойства системы как целого (плотность распределения вещества, давление, вес, температура и, наконец, энтропия) определяются исключительно их количеством, а не гипотетически осуществленной маркировкой, то картина начинает выглядеть уже совершенно иным образом.

Исходная гипотеза равной вероятности при обращении к «обезличенной» форме распределения молекул начинает указывать на самопроизвольное возникновение четко выраженных преференций (предпочтений) как в состояниях данной системы, так и **в динамике её переходов** из одного состояния в другое.

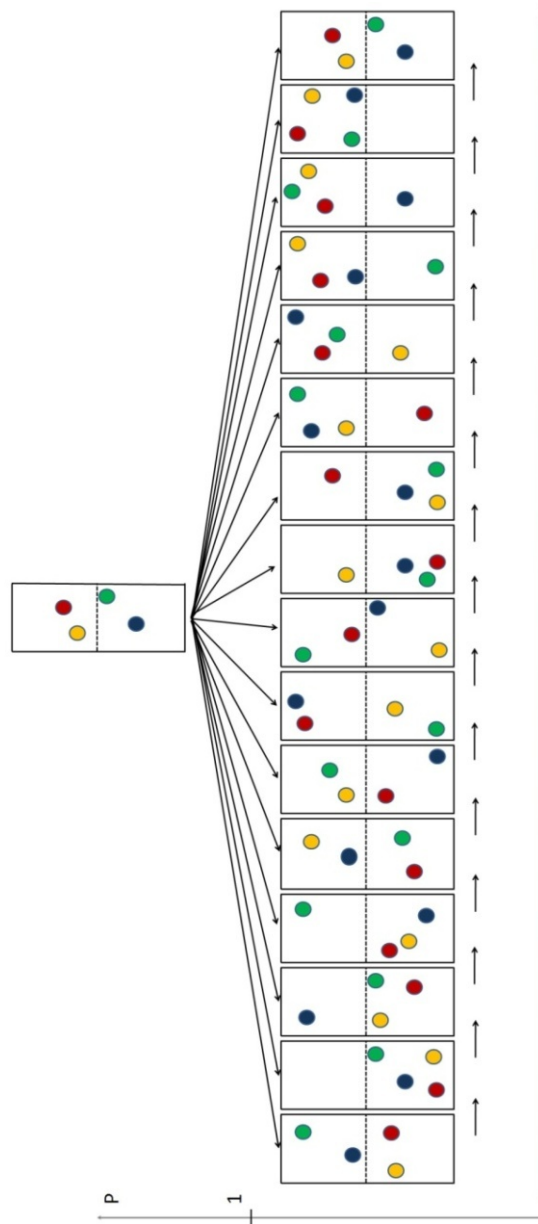


Рис. 3. Полный набор возможных распределений четырех молекул в объеме «термодинамического ящика». По оси ординат – изолиния, высотой 1/16 единиц, отражающая величину вероятности перехода системы из одного состояния в любое другое. Пояснение – в тексте.

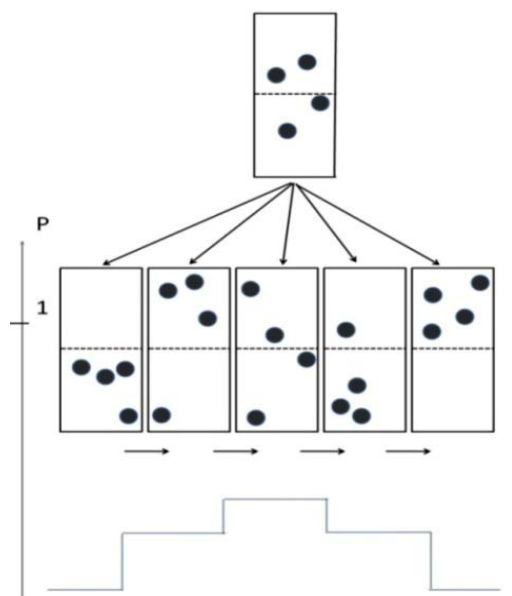


Рис.4. Изменение условия равновероятности возникновения разных поэлементных конфигураций системы при переходе к «обезличенной» (вероятностно-статистической) форме ее описания. По оси ординат – вероятность нахождения системы в соответствующем состоянии или (что почти, то же самое) - вероятность перехода в них из любого другого предыдущего состояния системы.

Число возможных вариантов распределения микро-частиц внутри объема сократится в этом случае с 16-ти до 5-ти. Но вероятность их самопроизвольного возникновения, иначе говоря, переходов в такие состояния из любого предыдущего, станет уже различной. Можно сказать, что определенные распределения системообразующих элементов начнут демонстрировать свойство самопроизвольно возникающего «магнетизма» – притягательности именно к своей уникальной форме организации. Причем, степень выраженности данного явления стремительно возрастает при уве-

личении числа элементов, образующих любую подобную систему. Понять, почему это происходит проще всего, вновь вернувшись к исходному варианту описания рассматриваемой системы (рис.5).

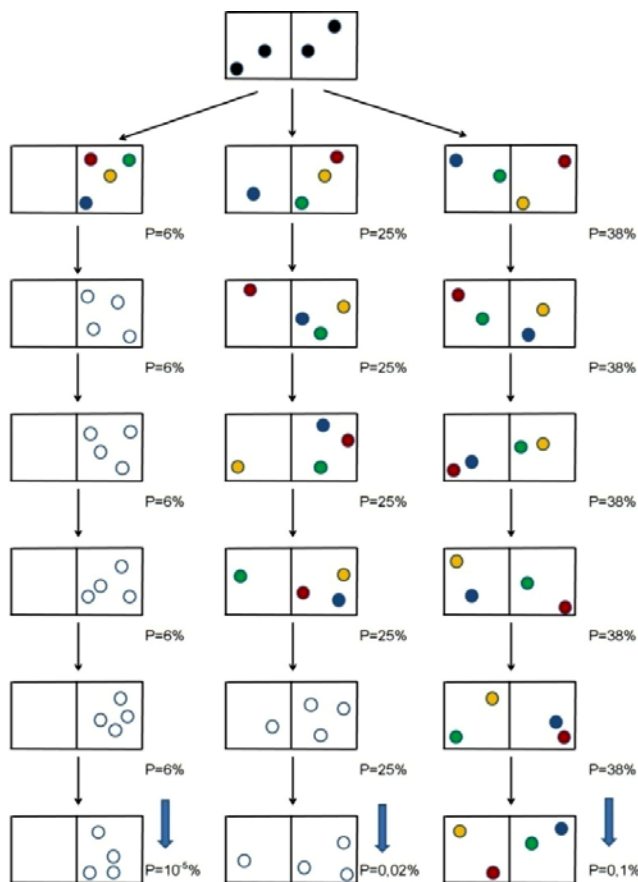


Рис.5. Различные сценарии возникновения устойчивых (стационарных) состояний системы, элементы которой находятся в постоянном тепловом движении, порождающем непрерывную (конститутивную) реорганизацию её персонифицированного компонентного состава.

Как видно из содержания рисунка, наличие в качестве императивного фактора постоянной двигательной активности молекул неизбежно приводит к тому, что проблему возникновения стационарных форм их распределения приходится уже трактовать как проблему сохранения таких непрерывно идущих переходов, которые не меняют одного и того же распределения частиц в объеме термодинамического ящика.

Итак, на рис.5 представлены возможные сценарии формирования трех различных типов стационарных состояний системы при условии непрерывного изменения местоположения образующих её элементов. Цифры, расположенные рядом с вертикальными черными стрелками, показывают вероятность соответствующего перехода. Внизу, рядом с толстой синей стрелкой, указана суммарная вероятность возникновения всей последовательности изменений состояния системы на протяжении шести приведенных на рисунке итераций.

Нетрудно заметить, что **сохранение** неравновесного состояния системы, когда все её элементы оказываются сгруппированы в одной и той же части объема, близка к нулю ($P=10^{-5}$). И это наблюдается при примитивнейшей 4-х компонентной системной конфигурации в условиях наигрубейшей схемы пространственной дифференцировки элементов (лево-право)! Понятно, что даже незначительное увеличение их числа или создание условий большей структурированности объема термодинамического ящика (например, лево-право + верх-низ) неизбежно приведет к резкой радикализации расслоения вариантов распределения элементов внутри рассматриваемой системы. Стохастический характер их переходов, не влияющих на стационарность состояния системы в целом, в этом случае становится особенно демонстративным.

Однако **главный вывод** заключается все же не в этом. Главное, что у каждой, даже очень примитивной физической системы параметр её энтропии подобно любому

другому макроскопическому параметру всегда (вернее, при условии $T \neq 0^0\text{K}$) оказывается представлен во флуктуационной форме. В результате, даже в ходе вполне предсказуемого с позиций второго начала термодинамики процесса спонтанного перехода любой многокомпонентной системы в её более хаотичное состояние в какие-то моменты времени она ненадолго может самопроизвольно становится значительно более организованной, чем прежде.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ МОЛЕКУЛ «ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА»

Все, о чем выше шла речь, легко поддается математической формализации в среде графического, объектно-ориентированного моделирования LabVIEW-2010 (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workshop, National Instruments, США), которая открывает доступ к проведению широкого комплекса математических экспериментов. Варьируя разные параметры исследуемых процессов, здесь можно объективно анализировать альтернативные сценарии возникновения различных явлений в биологических, социальных или технических системах. Если очень кратко, то делается это следующим образом.

Каждая программа LabVIEW, представляет собой математическую интерпретацию определённого процесса, предлагая при этом две различные, взаимосвязанные формы его представления. Первая из них – так называемая лицевая панель («Control Panel») - отражает своего рода внешний вид некоего устройства и содержит набор инструментов ввода/вывода числовой информации. Вторая, можно сказать, главная форма называется блок-схемой («Block Diagram») и описывает математический и логический алгоритмы работы той же самой системы. Данные между её функциональными узлами передаются здесь при помощи специальных связей, которые в зависимости от типа распространяющейся по ним числовой информации изображаются разноцветными линиями различной толщины.

В библиотеке среды графического программирования LabVIEW содержится большое количество уже готовых программ-устройств, которые очень удобно использовать при создании новых приборов. Поуровневый путь к ним далее будет указываться в фигурных скобках. По сути дела основная работа программиста сводится здесь к выбору того или иного прибора из огромной библиотеки уже существующих виртуальных устройств и формированию из них путём логико-математического объединения все более и более сложных систем.

Итак, возвращаясь к модели поведения четырехкомпонентной молекулярной системы (рис.3, рис.4). В LabVIEW её можно воспроизвести следующим образом. Берем четыре генератора случайных чисел **{Random Number (0-1) ↔ Numeric ↔ Mathematics ↔ Functions}** и подключаем их к четырем «X» входам плоттера (рис.6). Аналогичную процедуру повторяем и по каналу «Y». Затем, заключаем всю эту незаmysловатую математическую конструкцию в две временные структуры **For Loop** и **While Loop**, как это показано на рисунке 6. А в качестве идентификатора «лево-право» (рис.7) выбираем элемент « $\geq 0,5$ ».

Для записи результатов работы системы и их математического анализа в программе Microsoft Excel используются элементы **Write To Measurement File**. Особого внимания здесь заслуживает адресация на компьютере файла, в который будет производиться запись выходного массива данных. Соответствующая папка выставляется опцией «properties» при раскрытии правой кнопкой компьютерной мыши данного параметра прибора **Write To Measurement File**. Поскольку речь идет о штатной особенности работы данного виртуального устройства, и всё это подробно описано в учебниках по LabVIEW, здесь не имеет смысла более подробно останавливаться на данном вопросе.

Результаты тестирования и подробные данные статистической обработки приводятся на прилагаемом к книге лазерном диске в директории **MODEL-01-2021**.

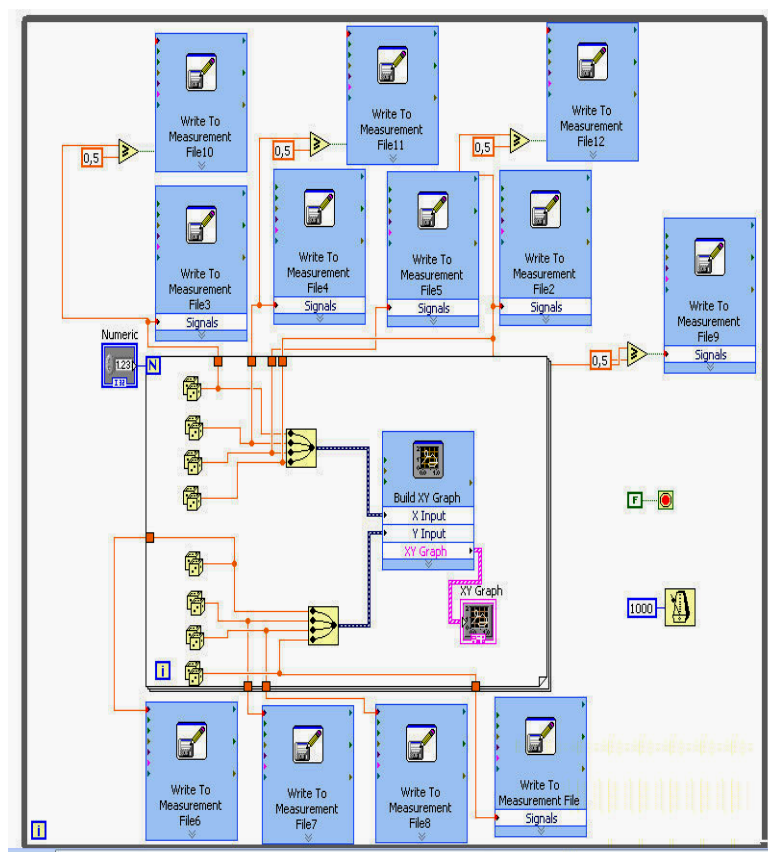


Рис.6. Математический алгоритм, кодирующий поведение четырехкомпонентной молекулярной системы, находящейся в объеме термодинамического ящика (рис.3-рис.5). Проще говоря, здесь представлена блок-диаграмма MODEL-01-2021. Подробное пояснение – в тексте.

Прим. Восемь блоков «Write To Measurement Files» здесь, на первый взгляд, проще заменить одним таким же, но с расширителем входов {“Merge Signals”}. Однако, в этом случае, как мы убедились, возникают большие трудности с персонализацией цветных курсоров на экране плоттера при увеличении числа таковых с 4-х до 40 шт. (см. рис. 9, 10).

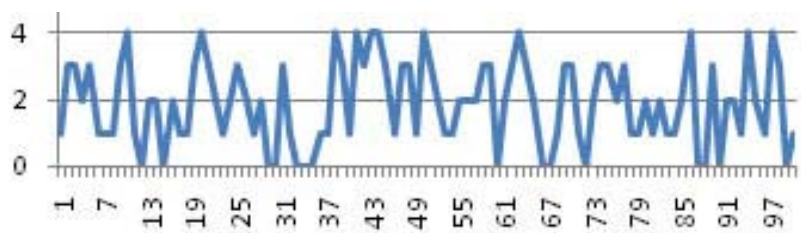


Рис.7. Динамика изменения количества молекул, находящихся в левой половине камеры. По оси ординат – их число слева от центральной разграничительной линии. По оси абсцисс – номер соответствующей итерации (кванта времени).

Рис.8 отображает типичную запись активности рассматриваемой системы. А именно, в верхней части рисунка представлены числовые данные, отражающие динамику вбрасываемых **Random** блоком набора четырех (в каждой итерации) случайных чисел: от 0 до 1. Ниже приведен график изменения их средних по всей группе значений. Нетрудно заметить, что и в первом, и во втором случае мы наблюдаем классические распределения случайных чисел без какой-либо направленной динамики их изменения.

Вместе с тем, обращает на себя внимание, что на фоне постоянно идущих незначительных флуктуаций распределения системообразующих элементов в точке 50% слева и 50% справа, периодически самопроизвольно возникают и значительные отклонения от этого среднего уровня. На графике рис.8 некоторые наиболее выразительные сдвиги такого рода отмечены вертикальными стрелками (это аналог молекулярной конфигурации, изображенной в левом столбце рис.5). В данном случае особенно хорошо видно, что существование любого многокомпонентного образования неразрывно связано с непрерывными разнородными флуктуациями всех его макроскопических параметров, включая энтропию.

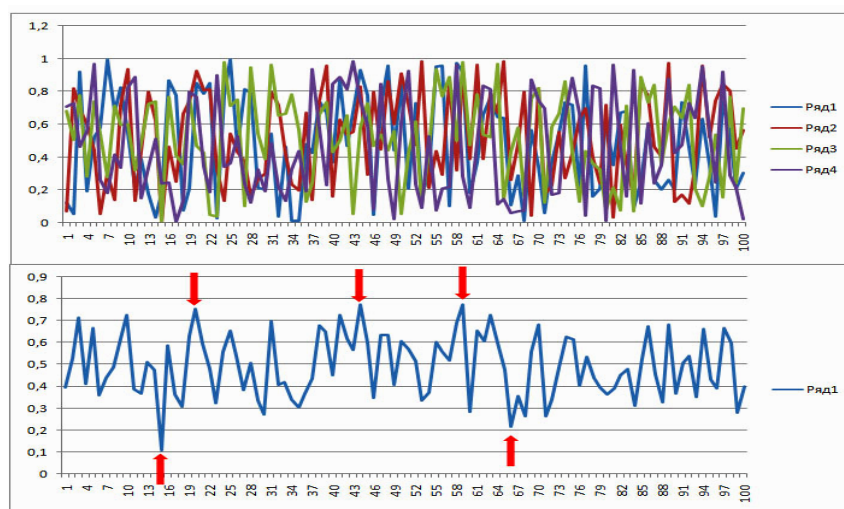


Рис.8. Динамика четырех нескоррелированных потоков случайных чисел (MODEL-01-2021). На нижнем графике представлена поитерационная последовательность изменений их среднего значения. Пояснение – в тексте.

Степень выраженности этого явления стремительно возрастает при увеличении числа молекул, образующих рассматриваемую систему. На это вполне определенно указывает работа **MODEL-02-2021**, которая является полным аналогом предыдущей с той лишь разницей, что число элементов здесь увеличено в 10 раз. Т.е. вместо 4, их тут стало уже 40 шт. (рис.9).

Итак, мы видим, что наличие непрерывного теплового движения молекул неизбежно приводит к возникновению самопроизвольно возникающих флуктуаций различных макроскопических параметров всей молекулярной системы в целом.

Это заключение в полной мере относится и к такому её показателю, как «энтропия». Вычисляется он очень просто. А именно, как логарифм числа возможных помеченных цветовой маркировкой вариантов получения одного и того

же (уже лишенного персонификации) распределения молекулярных элементов. Наличие флуктуаций этого параметра свидетельствует о возможности спонтанного перехода системы из низкоорганизованных её состояний в высокоорганизованные (рис.10).



Рис.9. Блок-диаграмма **MODEL-02-2021**, состоящая из 40 независимо работающих элементов, каждый из которых в каждой итерации генерирует одно случайное число от «0» до «1», в результате на одномерной оси «X» образуется массив, состоящий из 40 точек. Одна их часть всякий раз оказывается **в левой части** оси (от 0 до 0,5), а другая – **в правой** (0,5 - 1,0).

Ну, и еще один важный момент. По результатам проведенных исследований можно уверенно утверждать, что понижение температуры внешней среды не меняет поитерационной последовательности развертывания описанной выше динамики, а лишь замедляет её исполнение. Но вот может ли этот процесс сопровождаться также и спонтанным переходом молекулярной системы в её более организованную **стабильную** форму?

Ответ: да, может. И происходит это в тех случаях, когда возникновение самопроизвольных низкоэнтропийных сдвигов приводит к развитию быстропротекающих переходов физико-химической системы из одного фазового состояния в другое.

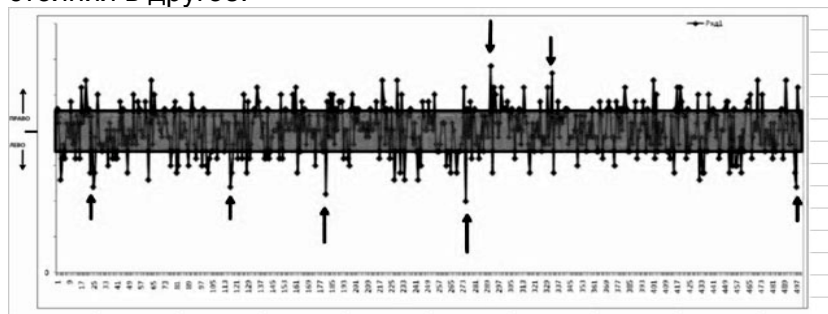


Рис.10. Спонтанное возникновение низкоэнтропийных состояний системы, состоящей из 40 Random-элементов. Заштрихованный центр графика – зона статистической погрешности. Стрелками отмечены моменты времени (итерации), в рамках которых наблюдается возникновение значительных самопроизвольных сдвигов системы в сторону более высокого уровня её организации. По оси ординат – количество элементов, находящихся в левом отсеке. По оси «X» – номер итерации.

В качестве примера можно привести процесс образования снежинок из резко охлаждаемого водяного пара. Получающиеся в ходе этого процесса стабильные микрообразования поражают неповторимой красотой своей организации. Однако в отличие от биологических систем, в данном случае подобные переходы в негэнтропийный стационар уже не обладают способностью к эволюции в сторону своего дальнейшего усложнения.

Математическую интерпретацию происходящего дает **MODEL-03-2021.vi**. Её блок-схема представлена на рис.11., а лицевая панель, соответственно, на рис.12.

Последовательность воспроизводимых данной системой математических действий довольно-таки проста. Че-

тыре RANDOM-генератора в рамках каждой итерации (кванта времени) производят одновременный вброс по оси «X» и столько же по оси «Y» набора случайных чисел двойной точности, формируя, таким образом, четыре цветных точки X_i , Y_i в декартовой системе координат. Взаиморасположение их стохастическим образом меняется в каждый момент времени и заранее является абсолютно непредсказуемым, что наглядно демонстрирует sub vi под названием Build XY Graph (рис.11).

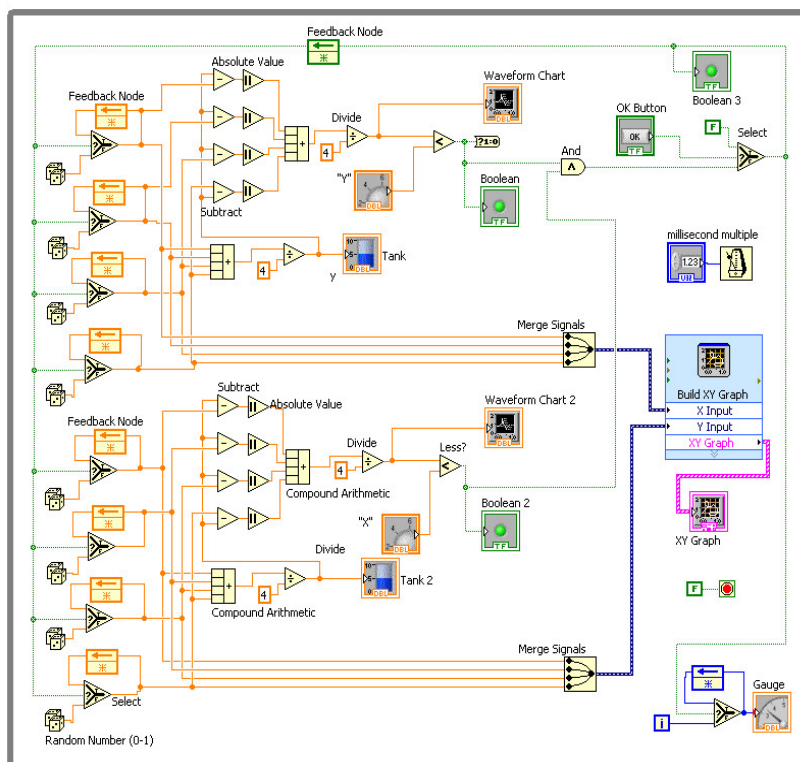


Рис.11. Математическая модель, алгоритмирующая процесс формирования снежинки из переохлажденного водяного пара. Подробное пояснение в тексте.

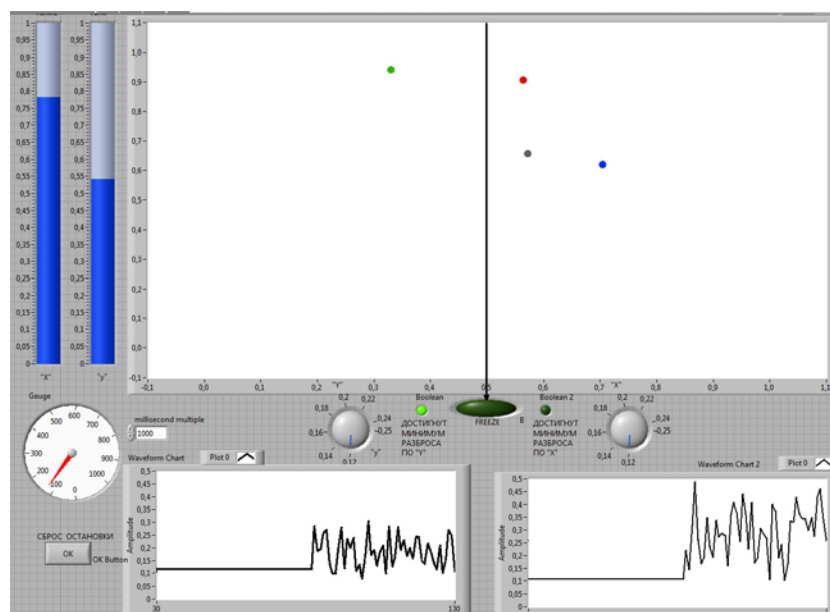


Рис.12. Лицевая панель Face Panel MODEL-03-2021.vi
 Подробное пояснение – в тексте.

Такие перемещения четырех разноцветных точек продолжаются на экране графопостроителя только до тех пор, пока среднее расстояние между ними опять же абсолютно случайным образом не окажется ниже установленного двумя регуляторами **Dial “X”** и **Dial “Y”** критериального уровня. Когда это происходит, дальнейшее движение элементов системы прекращается, и она переходит в свое «замёрзшее» состояние (**“Freeze”**). Реализуется эта математическая функция через восемь контуров обратной связи **«Feedback Node»**, наличествующих в непосредственной близости от каждого из генераторов случайных чисел (**Random Number 0-1**), а также аналогичного элемента **«Feedback Node»**, который транслирует TTL сигнал STOP от суб.

элемента **Select** (правый верхний угол блок-диаграммы) на генераторный блок.

О функциональных возможностях данной системы можно судить, производя несложные манипуляции с кнопками на её лицевой панели (рис.12).

Итак, нажатием кнопки **Run Continuously** главной панели управления запускаем дивайс и видим, что четыре разноцветные точки-молекулы начинают по-итерационно менять свое положение на экране графопостроителя. Соответственно, два вертикальных синих индикатора "**TankX, TankY**" отражают текущее значение среднего положения всей группы в каждый очередной момент времени. Расположенный под ними индикатор **Gauge** указывает номер соответствующей итерации (кванта времени от начала работы системы). Два нижних осциллографа отслеживают динамику изменения средней величины суммарного (группового) отклонения элементов от центра всей группы или, другими словами, уровень разброса элементов системы относительно друг друга. Когда этот параметр в какой-либо из итераций одновременно по осям «X» и «Y» достигает критерияльно низкой величины, задаваемой регуляторами **Dial X, Y**, загорается находящийся в центре индикатор "**FREEZE**" ($T=0^{\circ}K$). Движение элементов системы на этом прекращается.

Рассмотренные выше физико-математические модели являются выражением общей закономерности, которую можно сформулировать следующим образом.

Хотя в это не просто поверить, но факт есть факт: мир, в котором мы живём, буквально насыщен непрерывно идущими вокруг нас процессами спонтанной самоорганизации всего и вся. Никакого «Всевышнего» для сотворения несусветной сложности такого мира не нужно, поскольку автоорганизационная деятельность является неотъемлемым атрибутом существования всего, что в нём находится.

Наличие указанных процессов в свою очередь, порождает два различных сценария возникновения устойчивых высокоорганизованных систем. Первый сценарий реализуется путем навязывания системе негэнтропии извне (вариант перетекания «организации» из одной материальной сущности в другую: питание негэнтропией по терминологии Шредингера Э. [1949] & «поедание» негэнтропии по словам В.Б.Швыркова [1986]).

Альтернативный сценарий предполагает обладание системой механизма детекции своих же собственных спонтанных низкоэнтропийных сдвигов с последующей их пролонгацией. Здесь проблема механизмов организации уже перестает быть проблемой именно появления низкоэнтропийных состояний. Ничего «поедать» для этого не надо. Достаточно просто подождать, когда все случится «само по себе», а затем постараться максимально эффективно использовать появившийся ниоткуда «локус» организации. Когда мы говорим о функциональной системе, то имеется в виду императив именно второго сценария – сценария систем, которые вырастают из своих же собственных низкоэнтропийных флуктуаций путем их прогрессивного расширения в пространственно-временном континууме.

Итак, в отличие от «вещества и энергии», «организация» может возникать «из ничего» (по аналогии со случайным, но, в конечном счете, неизбежным выпадением 2-х шестёрок при игре в кости). Классические законы сохранения здесь не действуют. Причем, у широкого класса систем генерируемая таким способом «организация» способна эволюционировать, приобретая в итоге некие динамически устойчивые (функционально конститутивные) формы.

Когда это происходит? Какие необходимы для этого предпосылки? Что наблюдается после спонтанного возник-

новения «на ровном месте» нового низкоэнтропийного кластера? По каким законам осуществляется его переход в режим стационарности?

Ответ на приведенный выше ряд вопросов, на наш взгляд, сегодня может дать анализ результатов компьютерного объектно-ориентированного моделирования. Однако, для того, чтобы стала понятна логика построения соответствующих моделей, в качестве первого шага в данном направлении имеет смысл остановиться на ряде биологических прототипов будущей математической конструкции. Проще говоря, применить классику бионического подхода: «подсмотреть» как подобные проблемы решаются в живой Природе, а затем попытаться перенести увиденное на почву новых технических разработок.

Прим. Рассмотрение данного круга вопросов приобретает особую актуальность в свете обозначенной в начале монографии проблемы организации нейрофизиологических функций как материальной основы психической деятельности человека и животных. Если элементарные нейрофизиологические процессы действительно обладают таким качеством – способностью к самоорганизации - это радикальным образом меняет не только методологию решения психофизиологической проблемы, но и саму базовую форму её постановки.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОСТЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Итак, пусть в объеме рассматриваемого нами термодинамического ящика находятся не 4 молекулы, а 4 живых лабораторных мыши (рис.13). Более того, предположим, что животные пребывают в условиях совершенно свободного поведения, не обремененного выяснением отношений сексуального и иерархического характера. В юном возрасте у мышей такое вполне возможно. До момента своего полового прозрения они, как выяснилось, вполне способны мирно сосуществовать друг с другом подобно молекулам «идеального газа», т.е. как независимые, безконфликтные и невероятно подвижные создания (**video01**).

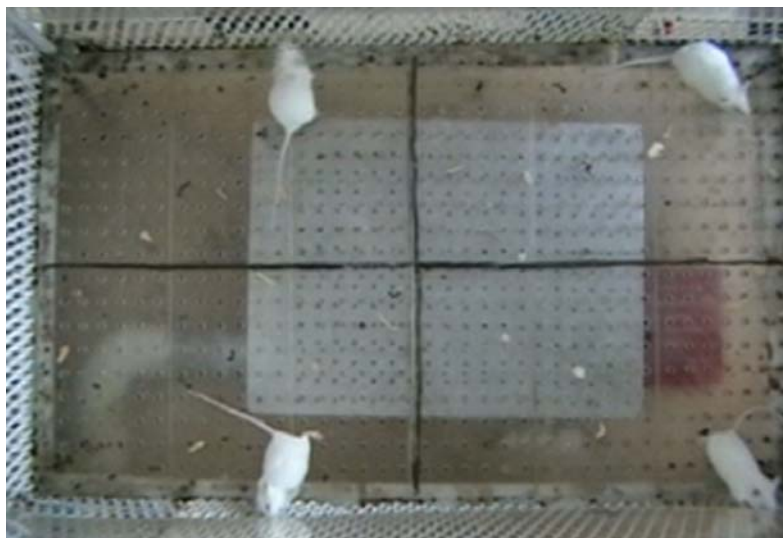


Рис.13. Общий вид экспериментальной камеры. На фото зафиксирован момент максимально разобщенного расположения мышей внутри неё при температуре воздуха $T=+26^{\circ}\text{C}$. Индикатором температурной нормы является миниатюрная красная книжечка (она же – «Устав КПСС»), находящаяся справа от нагнетателя воздуха.

Но что происходит, когда в какой-то момент времени в спокойную жизнь мышей вторгается большая беда, а именно, неожиданно происходит сильное охлаждение окружающего мира? В общем, температура воздуха падает настолько, что нужно срочно что-то предпринимать, иначе всех ждет неминуемая гибель от переохлаждения. Реакция данного вида животных вполне предсказуема. В каком-то месте экспериментальной камеры (справа или слева – поначалу равновероятно) они сбиваются в кучу (рис.14). В результате, каждая мышка получает возможность поддерживать более-менее сносную температуру своего тела даже в условиях наступившего «ледникового периода».



Рис.14. Всё то же самое, что и на рис.13, но после понижения температуры воздуха до $T=+5^{\circ}\text{C}$ и, как следствие, образования плотно скомпанованной в углу камеры «кучки» взаимообогревающих друг друга мышей.

Методика

Эксперименты проводили в осенне-весенние периоды года в неотапливаемом помещении при сохранении привычного для животных («как в виварии») фонового звукового шума. Экспериментальная камера представляет собой бокс, размером 62 см х 37 см и высотой 50 см. Дно – из органического стекла, толщиной 10 мм и с просверленными в нем «квадратно-гнездовым способом» отверстиями, диаметром 5 мм. Расстояние между ними – 15х15 мм. Боковыми стенками камеры служат металлические сетчатые конструкции, поверх которых изнутри на высоте 8 см от пола и до самого верха прикреплены листы тонкого (2 мм) оргстекла, которые исключают возможность несанкционированного покидания подопытными животными места проведения эксперимента. Т.о., вся нижняя часть бокса открыта для свободного прохождения наружного воздуха, интенсивное

движение которого осуществляется системой шести вентиляторов (куллеры микропроцессоров ПЭВМ), установленных с четырех сторон камеры: по 1 на её короткой и по 2 на длинной стороне. Кроме того, внизу, под её полом установлена компрессорная система нагнетания воздуха. Температура внутри бокса регистрировалась пятью датчиками, расположенными по периметру рабочего поля. С помощью инфракрасного пирометра GM320 дополнительно осуществлялся точечный температурный мониторинг.

Сверху, на высоте 100 см от пола на штативе была установлена видеокамера Panasonic NV-GS 57, видеозапись с которой после окончания опыта подвергалась кадровой расшифровке в компьютерной программе VirtualDub-MPEG2-Rus1.6.11. Результаты заносили в специальную таблицу программы Excel с последующей статистической обработкой следующих параметров:

- Интенсивность «горизонтальной» двигательной активности каждой отдельной особи (число пересечений линий крестообразной разметки, нанесенной на пол камеры) в течение ежеминутных интервалов времени проведения эксперимента. В качестве реперной точки брался нос животного. Направленность движения именно этого термочувствительного органа и фиксировалась в соответствующих таблицах и графиках.

- Векторизация каждого очередного последовательного движения (по $30^0 \times 12$ секторов = 360^0 -градусной шкале перемещения носа мыши в последовательных односекундных фазах видеозаписи).

- Вертикальная активность животного в течение каждых 10-ти минут проведения опыта. Эта ОИРспецифичная форма поведения, почти всегда осуществлялась мышами путем вставания на задние лапы с упором передними конечностями в стенку камеры.

- Гистограмма группового распределения (лево-право) четверки животных с последующим сравнением

данного графика с аналогичным распределением молекул идеального газа.

- Продолжительность периода плотного кучкования животных (критерий: положение всех мышей в $\frac{1}{4}$ площади любого квадранта экспериментальной камеры).

- Длительность периода перехода группы от состояния её плотного «кучкования» к состоянию максимального разобщения (распределение мышей: «2 слева-2 справа»).

- Динамика продолжительности груминга («комфортное поведение») каждого животного в отдельности в течение десяти последовательно регистрируемых минут проведения эксперимента.

В первой серии экспериментов (50 минут видеозаписи) анализировали поведение мышей при постоянной на протяжении всего опыта температуре воздуха $+26^{\circ}\text{C}$. Группа состояла из 4-х однопаметных лабораторных животных, которые с момента своего появления на свет содержались исключительно в комфортных для них температурных условиях ($T=+26^{\circ}\text{C}$).

1. Установлено, что особенностью поведения животных в условиях $T=+26^{\circ}\text{C}$ является наличие у них **конститутивной формы двигательной активности**, как минимум, в течение первых 50-ти минут проведения опыта (рис.15, рис.16).

2. Периодическое (редкое) возникновение низкоэнтропийных состояний системы, которые не «западают в стационар», а вновь быстро переходят в хаотические формы движения. В условиях нормальной температуры воздуха практически всегда дело ограничивается образованием скопления 3-х животных.

3. При этом обращает на себя внимание равновероятная векторизация наблюдаемых движений в любом направлении в любой момент времени (рис.17).

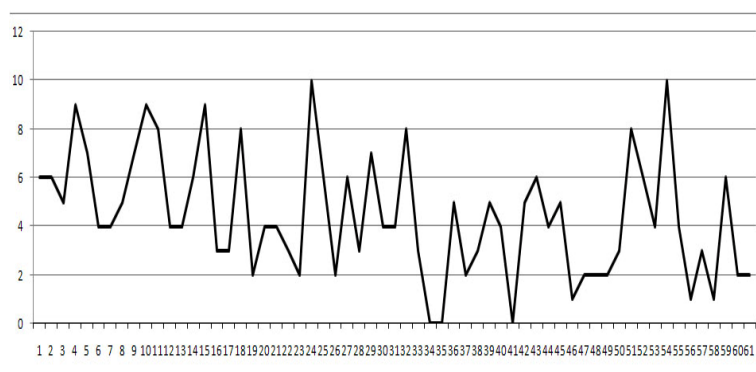


Рис. 15. Динамика интенсивности «горизонтальной» активности мыши в ходе первого часа проведения эксперимента в условиях нормальной температуры.

По оси «Х» - минуты, отсчитанные от начала опыта. По оси «У» - количество пересечений животным крестообразной разметки пола камеры в течение соответствующей минуты опыта (07_05_2018).

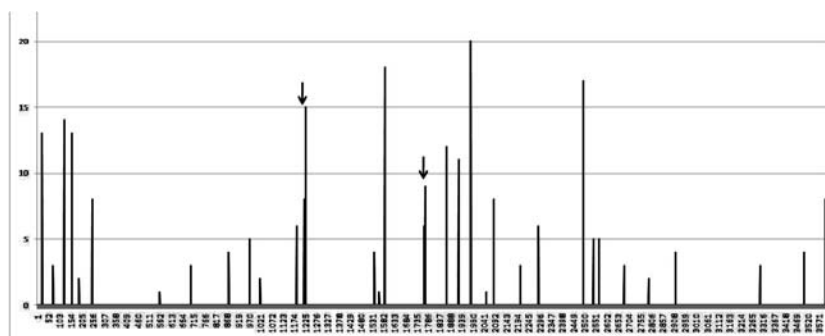


Рис.16. Возникновение сплочённой группы мышей в условиях нормального температурного режима внутри экспериментальной камеры ($T=+26^{\circ}\text{C}$). По оси ординат – длительность 3-х элементного скопления животных в секундах. По оси абсцисс - момент времени его образования в ходе опыта, секунды. Стрелками отмечены два случая «полной» (четырёхкомпонентной) самосборки группы.

4. Как показывают результаты покадрового анализа видеозаписи, нос животного мог через каждую очередную секунду равновероятно сместиться в любом направлении относительно своего исходного местоположения (рис.17). Соответствующие данные статистической обработки приведены на лазерном компакт диске. Там же (в той же директории) находится видеозапись полного периода проведения одного из опытов.

5. Разная интенсивность двигательной активности у разных особей и статистически достоверное снижение этого параметра у всех членов группы на завершающей стадии проведения эксперимента по сравнению с начальным его этапом.

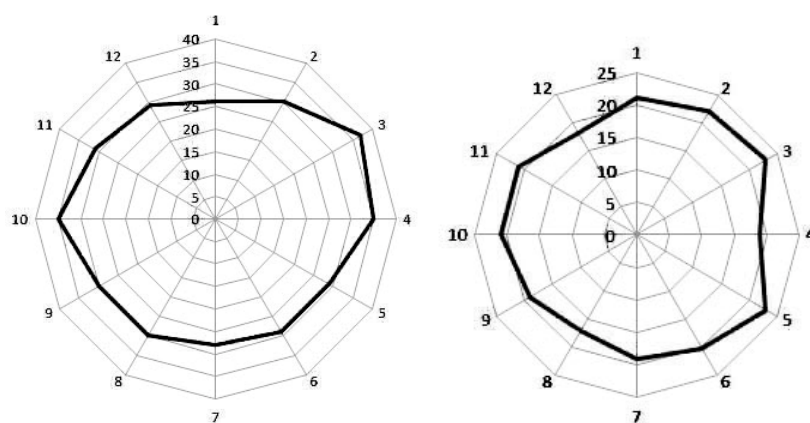


Рис.17. Типичная векторограмма двигательной активности мыши (точнее, термочувствительного кончика её носа) в условиях нормальной температуры окружающей среды при $T=+26^{\circ}\text{C}$. Справа, для сравнения – аналогичная векторограмма движений одной из молекул идеального газа.

6. Для того, чтобы выяснить связана ли конститутивная форма двигательной активности мышей с их ориентировочно-исследовательским поведением (реакцией на но-

вую для них обстановку), была проведена серия дополнительных экспериментов с одними и теми же четверками животных на протяжении 10-ти рабочих дней для каждой группы при $T=+26^{\circ}\text{C const}$. После завершения опытов проводился анализ динамики двигательной активности животных с тем, чтобы установить сохраняется ли её интенсивность и после адаптации мышей к новым условиям или же происходит её торможение.

Полученные данные позволяют утверждать, что указанная поведенческая активность **не является** проявлением ориентировочно-исследовательской **реакции** на новую обстановку. Речь в данном случае можно вести о некоем аналоге теплового движения молекул идеального газа.

7. Что же касается ОИР, то она связана не с возникновением, а, скорее, наоборот - с прекращением беспорядочной двигательной активности. К такому заключению приводят результаты контрольных опытов, в ходе проведения которых «организацию внешней среды» изменяли путем внесения внутрь камеры различных «новых» предметов.

Основной вывод, который можно сделать по результатам проведенных наблюдений, заключается в следующем. В условиях нормальной температуры поведенческая активность животных вполне соответствует движению молекул «идеального газа». Она, эта активность, носит ярко выраженный конститутивный характер и не является проявлением ориентировочно-исследовательской **реакции** на какие-то новые внешние условия. Никакого привыкания к стабильной обстановке окружающей среды здесь не происходит. Напротив, отмечается феномен двигательного конститутива. При этом в какие-то моменты времени наблюдается возникновение и быстрое исчезновение высокоорганизованных состояний системы, состоящей из 4-х элементов. Однако устойчивой пролонгации («залипания») такого рода «негэнтропиек» не регистрируется (рис.18).

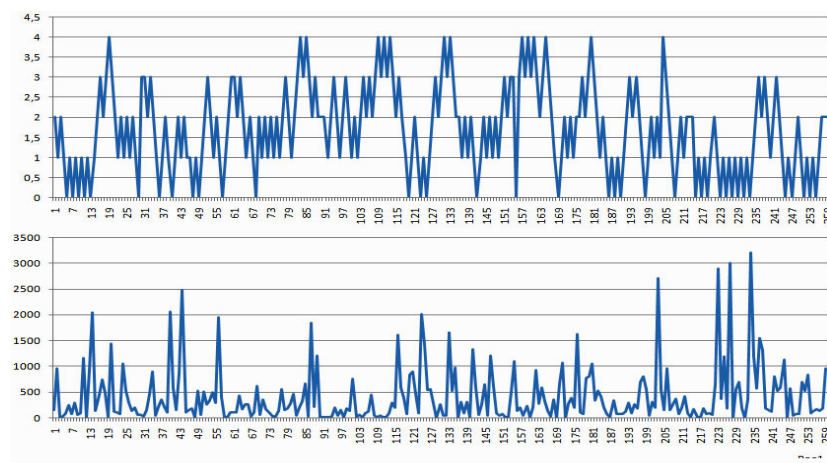


Рис.18. Верхний график: динамика изменения количества мышей в левой половине камеры в ходе проведения опыта при нормальной температуре воздуха $T=+26^{\circ}\text{C}$. По оси ординат – число животных.

Нижний график: по оси ординат - продолжительность (число кадров видеозаписи) соответствующего периода относительной стационарности. По оси абсцисс в обоих случаях – условный номер итерации (кванта времени), в рамках которой возникало соответствующее временно стационарное состояние группового распределения подопытных животных.

Во второй серии экспериментов тестировали поведение той же самой группы по той же самой схеме, но уже в условиях однократного понижения температуры воздуха с $+26^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$. Для этого на начальном этапе опыта в течение 4-6 первых минут регистрировали поведение мышей при $T=+26^{\circ}\text{C}$. Затем производили отключение электроподогрева и включали систему нагнетания холодного воздуха. В результате, через 3-4 минуты температура внутри камеры падала до $+5^{\circ}\text{C}$. После окончания эксперимента видеозапись, сделанную в формате в “mpeg2”, анализировали описанным выше способом.

Здесь стоит ещё раз напомнить, что участниками наших экспериментов были, так называемые, «наивные» мыши, которые никогда в своей прежней жизни не оказывались в некомфортных для них температурных условиях. Отсюда и особенности их группового поведения в опыте - поведения, направленного на поиск местоположения теплового максимума, коим первоначально мог выступать для них только подвижный центр группы без его привязки к какому-то конкретному месту незнакомой камеры (рис.19).

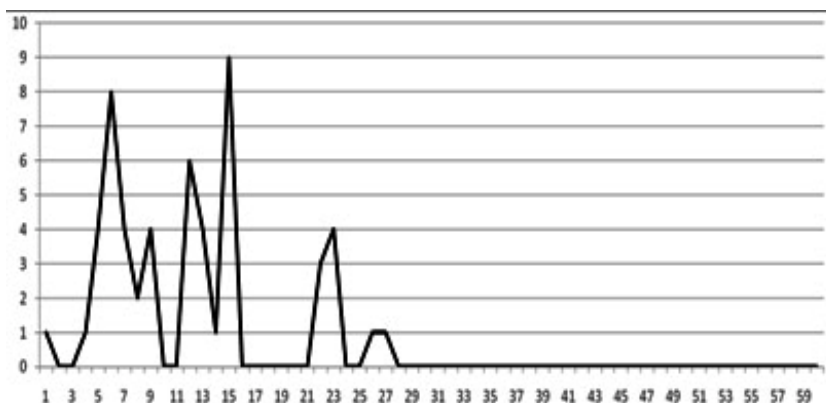


Рис.19. Динамика интенсивности «горизонтальной» активности одной из мышей рассматриваемой группы в условиях однократного, первого в её жизни понижения температуры с $T=+26^{\circ}\text{C}$ до $T=+5^{\circ}\text{C}$ (на 4-ой минуте проведения опыта).

По оси «X» - минуты, отсчитанные от момента помещения животных в экспериментальный бокс.

По оси «Y» - количество пересечений животным крестообразной разметки пола камеры в течение соответствующей минуты эксперимента.

Начиная с 28-ой минуты опыта «развернутая» форма двигательной активности мышей в условиях резкого похолодания полностью прекращается.

Было установлено, что в течение первых 4-х минут эксперимента, пока температура ещё сохраняется на уровне $+26^{\circ}\text{C}$, сценарий происходящего полностью соответствует тому, который наблюдался в предыдущей серии опытов. И это понятно. Вполне предсказуемым можно считать также и то, что после понижения температуры воздуха до $+5^{\circ}\text{C}$ поведение мышей резко меняется. А именно, возникает устойчивая тенденция их неуклонного сближения друг с другом (рис.20).

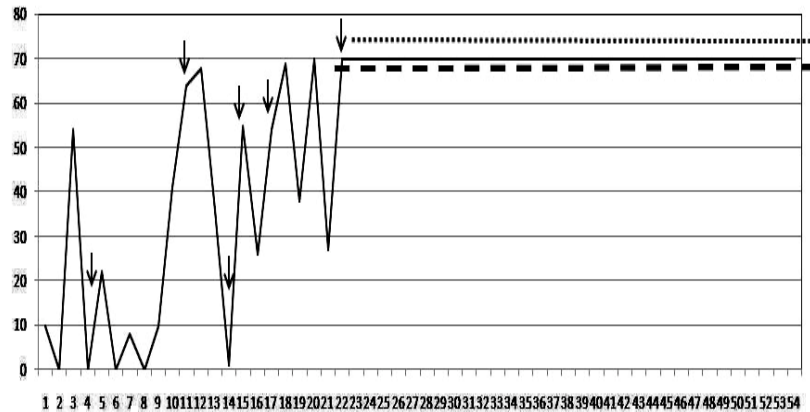


Рис.20. Динамика формирования «кучки» мышей в условиях однократного понижения температуры внутри экспериментальной камеры с $T=+26^{\circ}\text{C}$ до $T=+5^{\circ}\text{C}$.

По оси ординат – длительность 3-х элементного скопления животных, сек.

По оси абсцисс - момент времени «кучкообразования» в ходе опыта, мин. Вертикальными стрелками отмечены случаи «полной» (четырёхкомпонентной) самосборки группы. Начиная с 21-ой минуты такого рода полноформатная консолидация мышей приобрела конститутивный характер.

Происходит это, как выяснилось, не сразу, а постепенно, так сказать, по нарастающей. В результате через 10-15 минут после момента падения температуры до критиче-

ской отметки $+5^{\circ}\text{C}$, животные в определенном месте камеры сбиваются в плотную группу. Нахождение окончательной точки её локализации, как правило, осуществляется методом «проб и ошибок», путем перебора различных вариантов. Как конкретно это происходит см. на **video-03**.

На основании результатов проведенного анализа можно сделать следующий ряд принципиально важных заключений:

- Сходство (с термодинамической точки зрения, разумеется) группового поведения животных при $T=+26^{\circ}\text{C}$ с движением молекул идеального газа и принципиальное **различие** сравниваемых форм двигательной активности в условиях резкого «похолодания». Проявляется это в рамках комплекса сопоставляемых поведенческих показателей.

- Молекулы идеального газа даже в ситуации полного подавления флуктуаций параметра их энтропии (т.е. при $T=0^{\circ}\text{K}$) **не группируются** в каком-то одном месте термодинамического ящика, а мыши это делают уже при $T=+5^{\circ}\text{C}$.

- Устойчивое низкоэнтропийное состояние группы мышей возникает не сразу, а лишь постепенно в ходе градуально нарастающего процесса «кучкообразования».

- Сопровождается это появлением характерных «плато» на актограммах двигательной активности, когда «наивные» мыши в процессе своего первого кучкообразования на некоторое время как бы «замирают» на одном месте, после чего активная фаза их действий вновь возобновляется.

- Процесс «кучкообразования» носит выраженный нелинейный, зачастую даже, разнонаправленный характер. Это значит, что в ходе его реализации периодически наблюдаются кратковременные переходы группы животных в более хаотичные (высокоэнтропийные) состояния с последующим возвратом к исходному негэнтропийному уровню.

- Даже на заключительном этапе опыта ($T=+5^{\circ}\text{C}$), характерным является не только периодическое перемещение отдельных особей внутри группы, пребывающей в

«сплоченном» состоянии, но и временные выходы из неё с быстрым возвратом на место коллективного «залегания» (Video-03).

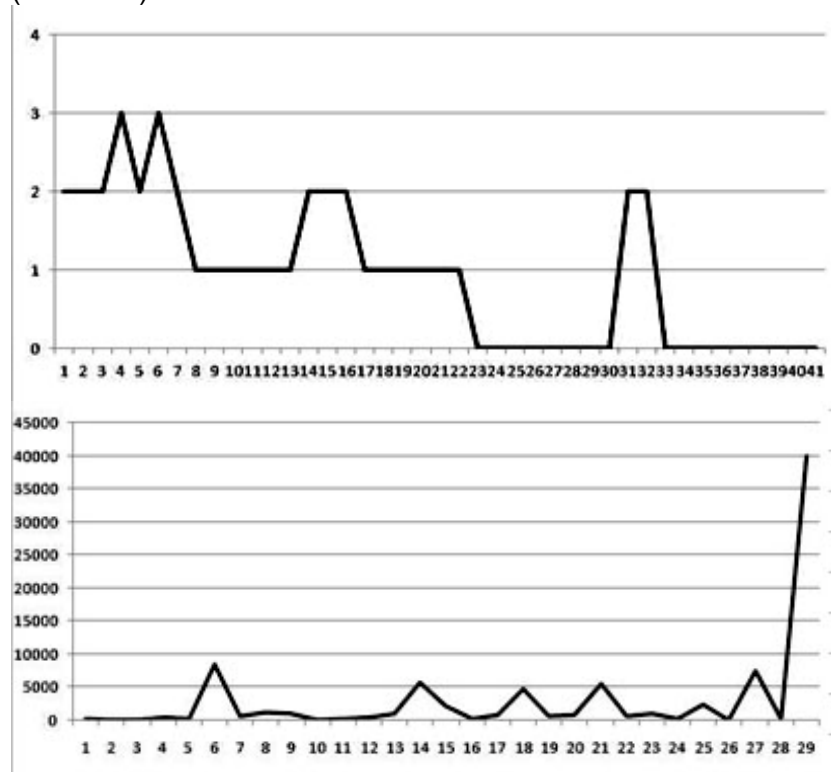


Рис.21. Верхний график: динамика изменения количества мышей в левой половине камеры в ходе проведения опыта в условиях пониженной температуры. По оси ординат – число животных слева от разграничительной линии. По оси абсцисс – номер кадра (px1000шт.), когда возникало соответствующее временно стационарное состояние группового распределения мышей.

Нижний график: по оси ординат - продолжительность (количество кадров видеозаписи) соответствующего периода относительной стационарности группы.

Обсуждение результатов

Наиболее значительный вклад отечественной науки в разработку современной системы физиологических представлений вполне обоснованно принято связывать с именем академика Ивана Петровича Павлова. Созданная им 100 лет назад теория условных рефлексов и сегодня продолжает рассматриваться многими исследователями в качестве универсальной методологической основы, позволяющей с единых позиций подходить к анализу широкого круга различных психофизиологических явлений.

Примечательно, что даже те авторы, которые не устают подчеркивать свое негативное отношение к постулатам этой теории, все равно неизбежно скатываются в её дебри, когда речь заходит о конкретике своей собственной экспериментальной работы. И это не удивительно. Ведь отрицать наличие у человека и животных рефлекторных форм поведенческой активности (например, оборонительного, мигательного, рвотного, коленного и т. п. рефлексов) невозможно. Нельзя игнорировать и поразительную эффективность разработанной Павловым методологии для изучения более сложных нейрофизиологических процессов, в том числе различных когнитивных функций.

Однако, наряду с этим, сегодня уже не вызывает никаких сомнений и другой факт, а именно, присутствие в окружающем нас мире психофизиологической реальности, которая не поддается объяснению с позиций рефлекторного подхода. Особого внимания в этом плане, конечно же, заслуживают сложные формы целенаправленного поведения человека. Впрочем, не только они. Как ни странно, но к числу такого рода рефлекторно необъяснимых явлений относится и исследуемая нами простейшая форма адапционной активности мышей.

Казалось бы, уж где-где, а здесь налицо все характерные атрибуты безусловной реакции: экологически валидный внешний стимул (холод), генетически детерминированный двигательный ответ на него («кучкование» жи-

вотных) и, наконец, наличие положительного подкрепления (радикальное снижение уровня биологически отрицательного воздействия). Но это только на первый взгляд. обстоятельный анализ рассматриваемого нами случая неоспоримо указывает на то, что на самом деле здесь разворачивается довольно-таки сложная последовательность событий, объяснение которым в полном объеме может дать только теория функциональных систем. И вот почему...

Прежде всего, реакция мышей на холодовое воздействие реализуется на фоне и без того уже существующей у каждого из животных двигательной активности, которая не возникает, а лишь модифицируется фактором резкого похолодания. И происходит это отнюдь не реакционным способом. Конкретно: мыши, стремящиеся к выживанию в новой для них ситуации, довольно скоро обнаруживают, что неожиданно обрушившееся на них биологически отрицательное воздействие (холод) на самом деле не носит генерализованного характера. Оказывается, что и после глобального понижения температуры окружающей среды до критического уровня, в ней всё равно продолжают сохраняться зоны позитивной температурной аномалии. Генераторами таковых выступают сами мыши. Причем, чем ближе друг к другу они оказываются, тем сильнее начинает проявлять себя образуемая ими зона локальной теплопродукции. Так вот она, соломинка спасения от губительного переохлаждения! Туда, значит, и нужно «рвать когти». Ведь, чем ближе ты находишься к геометрическому центру своей стаи, тем теплее тебе делается. Ну, а в итоге, фактор скученности группы становится для каждого из образующих её элементов эквивалентом величины позитивной температурной аномалии. Чем сплоченнее оказывается коллектив, тем надежнее каждый его член отдалается от рокового момента своей гибели от переохлаждения.

Необходимо ещё раз подчеркнуть, что сгруппированность сама по себе не является наиндивидуальной целью коллективного действия. Просто уровень сплоченно-

сти животных становится тождественен величине динамически формируемой ими локальной **термоаномалии**, о которую они получают возможность индивидуально обогреться. Эту температуру заблаговременно и воспринимают терморецепторы их суперчувствительного носа. Что же касается алгоритмов двигательной активности и проблемы точного позиционирования своего тела в декартовой системе координат, то это интересует животных не больше, чем анонс программы телепередач на завтра.

Для понимания сути происходящего важно учитывать и другой момент. А именно, то, что сама стремящаяся к центру группы мышка являет собой в точности такой же микро термоизлучатель, как и её коллеги по несчастью. Другими словами, каждый индивидуум выступает здесь не только как потребитель чужих тепловых благ, но и одновременно как их создатель. Своим стремлением влиться в состав коллектива^{*Прим} животное приносит персональный микровклад во всеобщее дело спасения от холода. Работает известный принцип: «Спасая себя – спасаешь других». Объяснить такую поведенческую феноменологию как суперпозицию реализуемых **в индивидуальном порядке** рефлексов явно не представляется возможным. Но и на уровне **группового поведения** никаких рефлексивно оприходованных процессов здесь тоже не наблюдается. Для этого просто-напросто нет соответствующего наиндивидуального физиологического субстрата для замыкания/проторения в нём временных связей.

****Прим.** «Стремление влиться в состав коллектива...». С позиций весьма популярной среди немолодых ученых науки, которая называется «Зоопсихология», использование классического для общей психологии приема эмпатии выглядит в рассматриваемом нами случае вполне уместным. Более того, этот метод, на наш взгляд, может быть применим и при анализе поведения таких «интеллектуально продвинутых» представителей мира живой Природы, как системоспецифичные нейроны мозга. Но об этом позже...*

Таким образом, все вышесказанное позволяет утверждать, что в данном случае имеет место не коллективно реализуемый набор безусловных рефлексов, а более сложное во всех отношениях явление: **взаимоСОдействие системообразующих элементов** на достижение ими общего полезного приспособительного результата [Анохин П.К., 1971]. Каждый из компонентов функциональной системы, привнося свой микро вклад «в общее дело», одновременно с этим постоянно оценивает результат своего вложения на системном уровне и делает из этого вывод относительно стратегии своего индивидуального поведения в рамках процесса коллективной тепловой адаптации. Поведенческим императивом становится взаимное совместное действие системообразующих элементов, направленное на создание ими локальной точки-печки в равномерно охлаждаемом поле камеры, а не на реализацию генетически детерминированной программы, кодирующей маниакальное стремление особей данного вида вливаться в состав любой группы своих сородичей.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ГРУППОВОГО ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ (MODEL-04-2021.vi)

С математической точки зрения факт генерации мышами в окружающей их среде микрозоны температурной аномалии может быть установлен по критерию появления в какой-либо области рабочего поля группы максимально сконцентрированных курсоров-моделей миниатюрных теплоизлучателей. При этом процесс их кучкообразования должен происходить в виде последовательности никем не программируемых с системного уровня поведенческих актов, каждый из которых с высокой долей вероятности должен обеспечивать градуальное нарастание температурной аномалии в некой непостоянной по своим координатам точке доступного пространства.

Другая восьмёрка аналогичных элементов (**Subtract 9-16**) проделывает то же самое, но уже с новым вбросом набора **Random Number** №9-16.

В результате на верхнем и нижнем коннекторах элемента **Select** оказываются представлены два разновеликих отклонения местоположения одного и того же элемента от центра всей группы: в предыдущей и последующей итерациях. Именно на уровне элемента **Select** решается вопрос о сохранении аналогичного, но уже нового (второго) значения уровня его отклонения от теплового центра, создаваемого всеми участниками группы. Или эту величину следует проигнорировать, оставив старое (т.е. предыдущее, а не новое) значение. Выполняет это действие элемент «**Greater?**».

Наличие общего контура «**For Loop**» не должно вводить в заблуждение. Инструмент оперативной памяти «**Shift Register**» на самом деле строго индивидуален для каждого системообразующего элемента. Никакого числового объединения (интегрирования) на уровне аппарата памяти здесь не происходит. Это принципиально важный момент, подчеркивающий то обстоятельство, что в рассматриваемом нами случае процесс формирования полноценной функциональной системы реализуется без образования каких-либо приамбасов системного уровня. То бишь, без создания особого блока «коллективной» памяти, без формирования новой постоянной структуры межэлементных связей, без программы группового действия с детально прописанным для каждого из его участников сценарием. Соответственно, динамика продвижения каждого из 4-х элементов в сторону их максимально уплотненного состояния носит асинхронный характер.

Полный алгоритм работы рассматриваемой системы приведен на рис.23.

Соответственно, её Contral Panel отражает схема, представленная на рис.24.

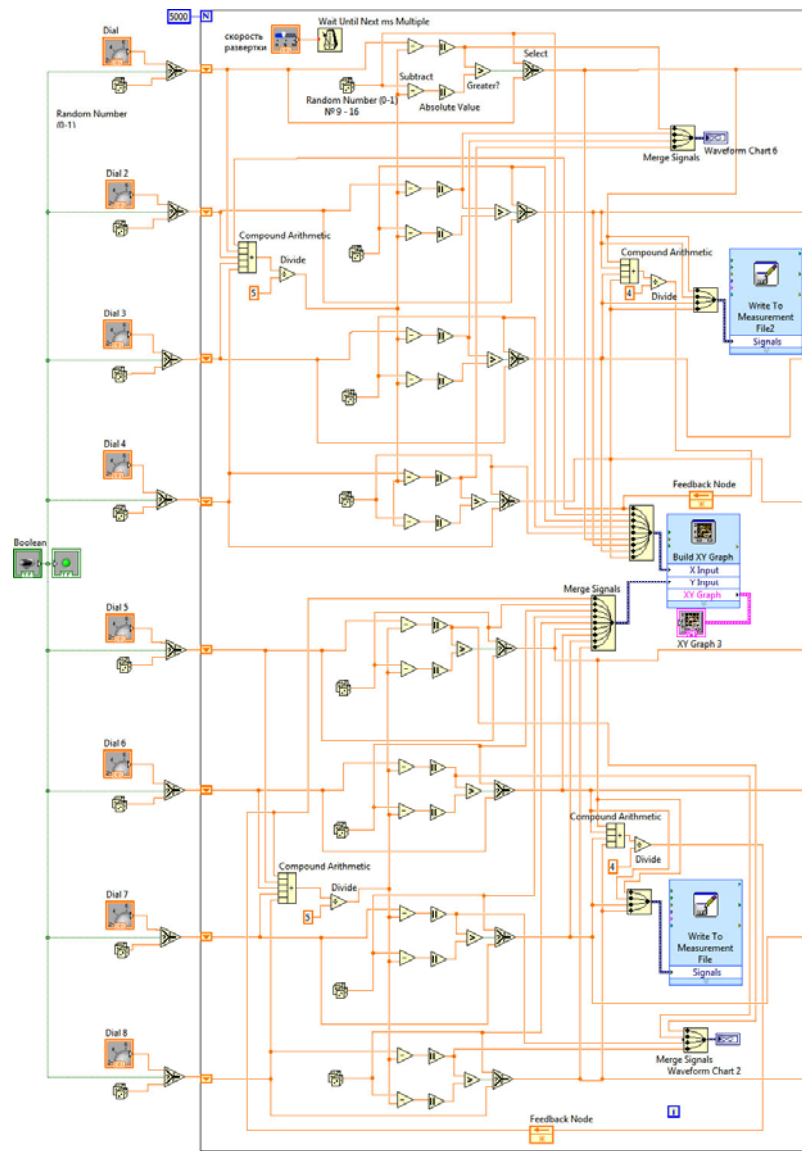


Рис.23. Блок-диаграмма MODEL-04-2021.vi

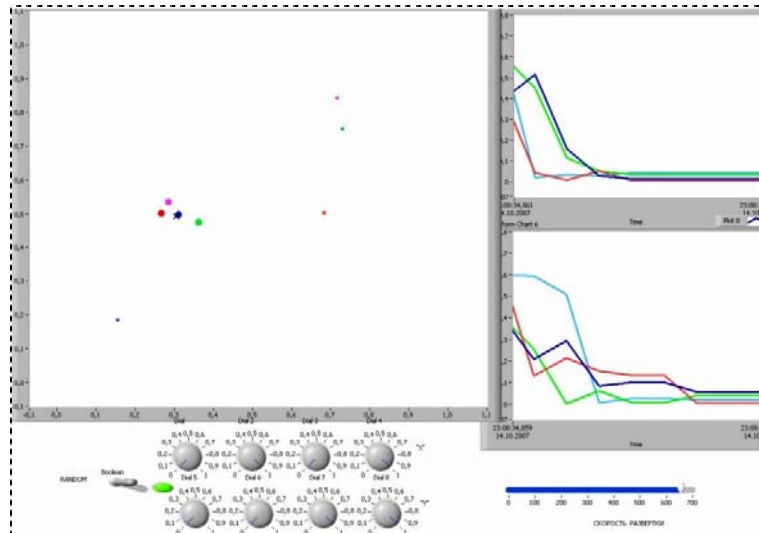


Рис.24. Лицевая панель MODEL-04-2021.vi. Слева – двухкоординатный самописец, который показывает, как поэтапно все происходит. Справа – графики динамики величины сплоченности («скученности» группы) или, что, то же самое: уровня локальной термоаномалии, которую эта самая группа порождает. Чем ближе к «0», тем разобщенность группы ниже, а температура выше.

Результаты стат. анализа:

- При одинаковых начальных условиях (один и тот же набор «точек первичного вброса») траектории перемещения отдельных системообразующих элементов в зону кучкования всегда оказываются разными.

- Аналогичная вариативность траекторий характерна и для теплопродуктивного центра всей группы в целом. Конечная его точка имеет разные значения в декартовой системе координат в рамках последовательных формирований системы. Однако, хотя эта точка и не детерминирована, тем не менее, её положение зависит от стартовых координат отдельных системообразующих элементов.- Мечащиеся

здесь по экрану осциллографа четыре разноцветных маленьких крестика отражают непрекращающийся ни на секунду хаотический Random вброс – конститутивно присутствующий хаос, из материала которого, как это ни парадоксально, осуществляется непрерывный рост организации данной LabVIEW-системы.

- Координаты точки кучкования группы всякий раз оказываются различными, поскольку определяются неповторимостью каждого очередного процесса системообразования (рис.25).

- Особого внимания заслуживает тот факт, что беспредельный уровень хаоса, из которого вырастает данная система, сохраняется без изменения на всех последовательных этапах формирования системы. Отражением такого являются четыре маленьких крестика, беспорядочно перемещающихся по всему рабочему полю.

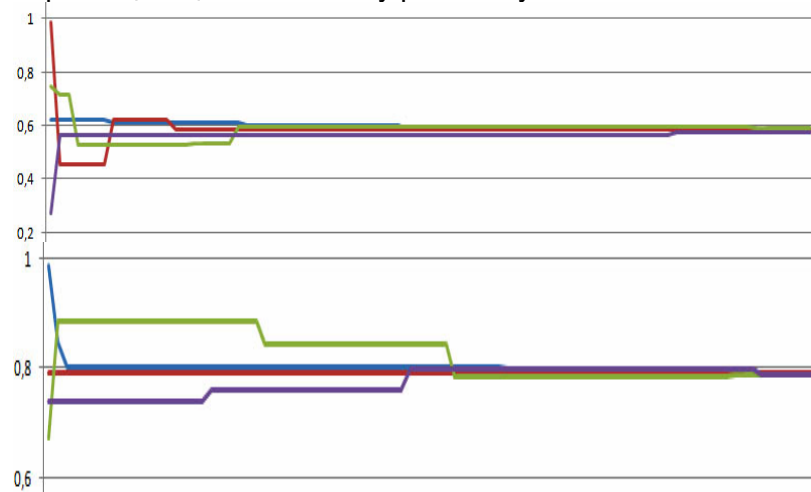


Рис.25. Типичная динамика движения системообразующих элементов группы в процессе самоорганизации эффективного теплопроизводящего центра. Верхний график – изменения местоположения каждого элемента по оси «Х», нижний график – по оси «Y».

- Возникновение феномена «плато» по мере завершения процесса «кучкования» системообразующих элементов. Причем, продолжительность такого рода «ступенек» прогрессивно возрастает в рамках каждой последующей итерации (рис.25).

- Несоответствие поведения коллектива мышей принципу организации курсоров в рассмотренной LabVIEW модели, поскольку у животных каждое развернутое (сукцессивное) движение всякий раз предварялось появлением «некомпьютерной» (установочной) микромоторной активностью головы. Последнее обстоятельство, на наш взгляд, заслуживает особого внимания.

LabVIEW версия «МИКРОМОТОРИКИ ЖИВОГО ПРОТОТИПА» MODEL-05-2021.vi

Как показывает анализ представленной выше LabVIEW модели, её эволюция в режим стационарного высокоорганизованного состояния всякий раз осуществляется путем вырастания из спонтанной негэнтропийной флуктуации. То же самое наблюдается и в поведении мышей (см. VIDEO 01). Но конкретные параметры системогенерирующей «фоновой» моторики, а также способ её трансформации в движение всего тела в сравниваемых случаях кардинальным образом различаются.

Да, действительно, для поведения животных в наших экспериментах характерным было наличие непрекращающихся хаотических перемещений по камере. Только вот осуществлялось это движение весьма оригинальным способом. А именно. Непродолжительный период стремительной пробежки мыши всякий раз завершался остановкой, которая сопровождалась возникновением беспорядочных микродвижений морды лица биологической особи «в разные стороны». Затем происходило кратковременное её замирание в определенной позе, после чего начиналось перемещение всего тела в направлении, зафиксированным перед этим головой.

Одним словом, развернутая форма двигательной активности в строго определенном направлении всегда вырастает у мышей из флуктуационных движений не всего тела, а только лишь одного небольшого органа с кончиком носа на конце. И этого, как выяснилось, вполне достаточно для последующего построения «полноформатной» функциональной системы всего поведенческого акта в целом.

Чтобы отразить данную закономерность в LabVIEW, был разработан уточненный вариант исходной модели. На рис.26 представлена блок-диаграмма простейшей одноэлементной системы, воспроизводящей алгоритм построения двигательной активности одного животного в одном направлении с учетом микромоторной формы движения его головы.

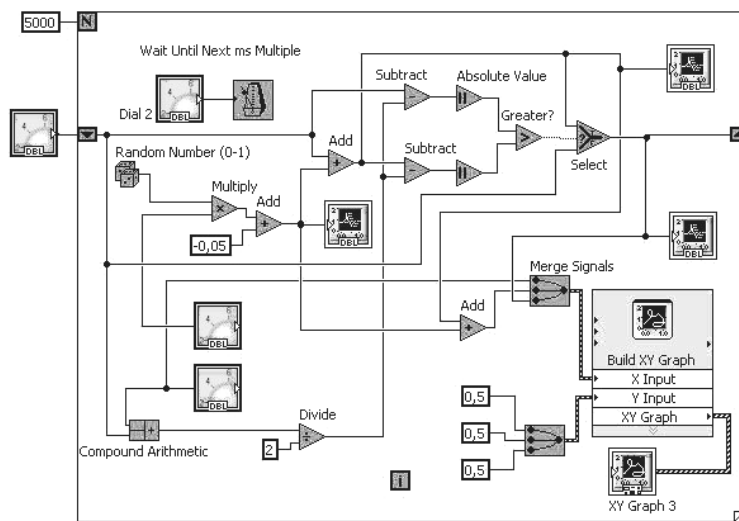


Рис.26. Математический алгоритм, воспроизводящий процесс трансформации микромоторной двигательной активности головы животного в целенаправленное движение всего тела.

Находящийся за пределами временного цикла **For-Loop** регулятор **Dial** сразу после момента запуска системы осуществляет вброс числа, определяющего исходное местоположение рабочей точки на оси «X». Число это затем поступает на входы сумматора **Compound Arithmetic**, а также элементов **Add** и **Subtract**. Одновременно в рамках этой же итерации генератор случайных чисел двойной точности осуществляет вброс случайного числа, которое, пройдя через пару элементов **Multiply** и **Add**, превращается в числовой сигнал случайной величины, находящейся в пределах от -0,05 до +0,05. Именно она и приплюсовывается к исходному вбросу, формируя на выходе элемента **Add02**, находящуюся в постоянном «мандраже» рабочую точку, которая мечется вдоль оси «X» вокруг относительно постоянно расположенного «тела» (рис.27).

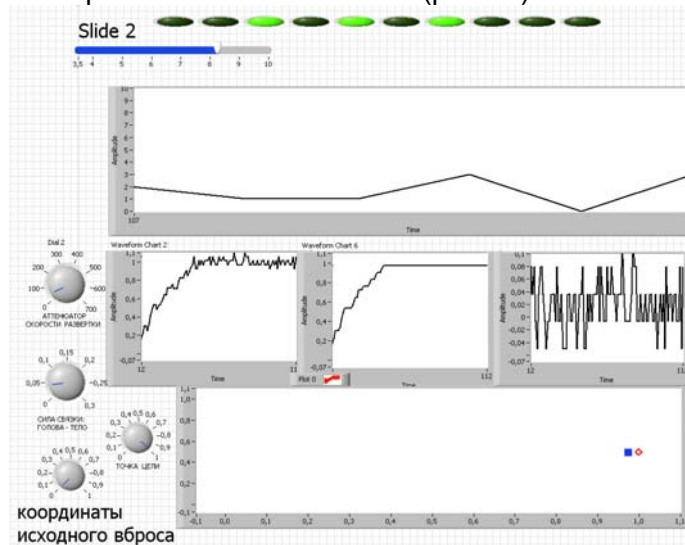


Рис.27. Control Panel **MODEL-05-2021.vi**

Данная модель воспроизводит поведенческую активность, строящуюся по закону «ДО-ПОСЛЕ», одного из элементов системы в одном направлении («X»). Пояснение – в тексте.

Как следствие, продвижение элемента по направлению к цели осуществляется небольшими скачками. Происходит это в том случае, если величина последующего отклонения «тела» от цели оказывается меньше предыдущего. Математическое решение этой несложной задачи осуществляется элементами **Greater?** и **Select** в точности по такому же сценарию, который был описан при рассмотрении *MODEL 04-2021.vi*.

Главное отличие данной модели от предыдущей состоит в том, что в ней уже нет никаких действий, выполняемых в интериоризованном режиме. Каждый Рэндом вброс реализуется. Сравнение ДО-ПОСЛЕ происходит здесь между состоявшимися «в поле» двигательными микрореализациями. Никакого «внутреннего плана» нет. Никакой психомистики. Проблема ДО-ПОСЛЕ решается в форме выбора: стоит ли развивать данную микромоторную реализацию дальше: нужно ли трансформировать её в форму развернутого действия или нет...

АНАЛОГИЧНОЕ ПОВЕДЕНИЕ 4-Х ЭЛЕМЕНТОВ В X-Y СРЕДЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ (MODEL-06-2021.vi)

Незамысловатое восьмикратное повторение рассмотренной выше *LabVIEW* разработки позволяет воспроизвести наглядную, на наш взгляд, систему, релевантную поведению мышей в условиях однократного понижения температуры окружающей среды до критического уровня. Блок-диаграмма сего-этого представлена на рис.28. Нетрудно заметить, что она являет собой многократный повтор рассмотренного выше дивайса *MODEL-05-2021.vi*

Главный вывод – поразительная простота воспроизведения автоорганизационной активности. Никакой сложности математического моделирования процесса образования кучки теплолюбивых мышей нет. Все элементарно, как говорится, «до крайности»!

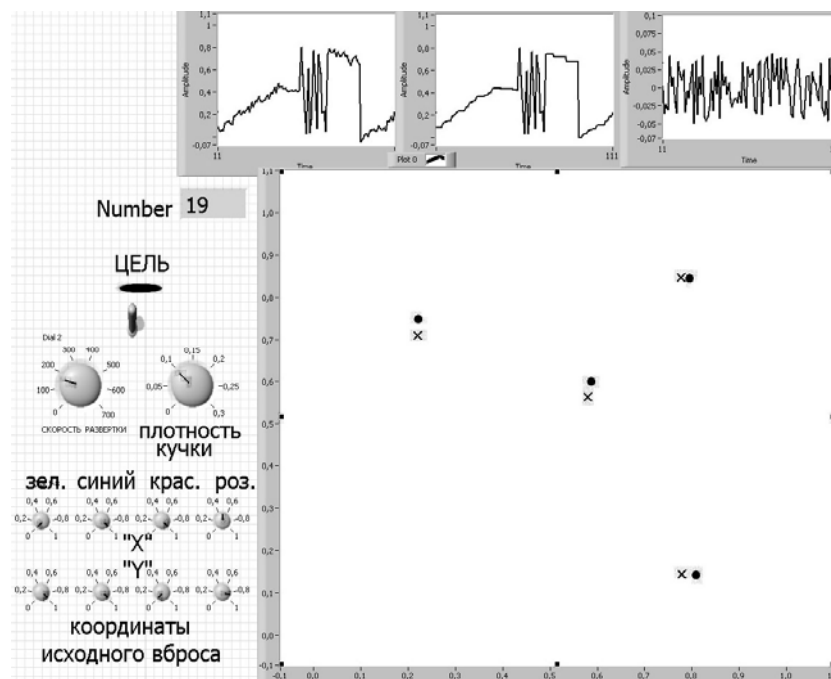


Рис.28. Лицевая панель MODEL-06-2021.vi, которая воспроизводит процесс самоорганизации простейшей 4-х компонентной системы, элементы которой демонстрируют наличие у каждого из них характерной микромоторной формы двигательной активности.

ОСОБЕННОСТИ «ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ» МЫШЕЙ (многократное изменение $T^{\circ}C$)

Анализ исследуемой формы приспособительного поведения животных и рассмотрение его LabVIEW версии, на наш взгляд, не оставляют сомнений в том, что речь здесь идет именно о процессах построения полноценной функциональной системы, а не о групповой реализации

набора примитивных схем: «стимул → реакция». Но вот что при этом остается не ясным. Допустим, нейтрализация животными опасного для их жизни холодового воздействия достигнута, коллективная деятельность, направленная на получение приспособительного результата, успешно завершена. Однако никакой дезинтеграции системы после этого почему-то не происходит. Во всяком случае, судя по показателям энтропии, группа по-прежнему продолжает пребывать в своем высокоорганизованном («сплочённом») состоянии не ограниченно долгий период времени.

И это действительно очень странно. Ведь по определению, результатом называется событие, которое не только **прекращает действия**, направленные на его получение, но и в обязательном порядке инициирует процесс развертывания следующего поведенческого акта. Другими словами, каждый достигнутый результат всякий раз становится «пусковым стимулом» нового действия [Швырков В., 1978; Гринченко Ю.В., 1982; Горкин А.Г., Гринченко Ю.В. 1982]. В рассматриваемой же нами ситуации ничего подобного не происходит. Почему?

Ответ: дело в том, что после образования животными зоны позитивной тепловой аномалии весь комплекс направленных на получение приспособительного эффекта действий, на самом деле, не завершается. Устраняется лишь один его (локомоторный) компонент. Что же касается теплогенерирующей активности, которая, собственно говоря, и противостоит негативу холодового внешнего влияния, то она по-прежнему сохраняется у элементов плотно скомпонованной группы. Соответственно, говорить о достижении конечного результата как факторе смены функциональных систем в рамках поведенческого континуума здесь можно только в том случае, если процесс «кучкования» мышей начнет помимо всего прочего сопровождаться полным устранением этого самого генерализованного холодового воздействия.

Не менее важно и другое. А именно то, что в ситуации однократного образования термодинамической кучки отсутствует фактор предварительно разогретой предыдущим скоплением животных области камеры. В случае же многократного повторения процесса системообразования она есть. Причем, как показывают измерения при помощи лазерного пирометра GM320, возрастание величины подобного разогрева происходит «понарастающей» с каждым новым актом кучкования.

Учитывая вышесказанное, нами была проведена серия экспериментов, в рамках которой был реализован описанный выше сценарий многократного достижения мышами тепло восстанавливающего результата (рис.29).



Рис.29. «Многоэтажное» кучкование группы мышей в условиях резкого понижения температуры воздуха.

Методика. Все основные экспериментальные процедуры здесь в точности соответствовали предыдущей серии опытов (однократное понижение температуры). Разница заключалась лишь в том, что сразу после образования

плотно скомпанованной «термодинамической кучки», генерализованное холодовое воздействие отключалось и через ту же самую вентиляционную систему начиналась прокачка воздуха нормальной температуры $T=+26^{\circ}\text{C}$. Полная смена температурного режима занимала в среднем 4 минуты. Динамика данного процесса помимо стационарных термодатчиков, расположенных внутри камеры, контролировалась также инфракрасным пирометром. Им же осуществлялась регистрация динамики температуры пола камеры в местах залегания группы животных. Полученные результаты иллюстрируют графики, представленные на рис.30-31.

Основной акцент здесь необходимо сделать на том, что в случае многократного изменения температурного режима начинает работать феномен «разогретого» прежним залеганием группы места («теплое местечко» как своего рода закреплённая во внешней среде энграмма памяти). Можно сказать, что мыши своим коллективным действием формируют рядом с собой ещё один теплопродуцирующий элемент, который в отличие от них самих, оказывается уже привязан к строго определенному месту. И его влияние на процесс кучкообразования постепенно, по мере продолжительности периода его созидания мышами становится доминирующим (теплое место в камере как ещё одна мышь, но в отличие от них уже неподвижная). Каких-то других особенностей по сравнению с предыдущей схемой проведения опытов в данном случае нет. Единственное – быстрое переключение генерализованного холодового воздействия на генерализованное же тепло, которое в максимально короткие сроки восстанавливает внутри экспериментальной камеры комфортную для подопытных животных температуру воздуха $+26^{\circ}\text{C}$.

- Изменение температурного статуса внешней среды происходило у нас не как одномоментный акт перехода от нормы ($+26^{\circ}\text{C}$) к холодовой аномалии ($+4^{\circ}\text{C}$) и обратно. Поэтапность, связанная с задействованием разных факторов. И это вполне экологически валидно.

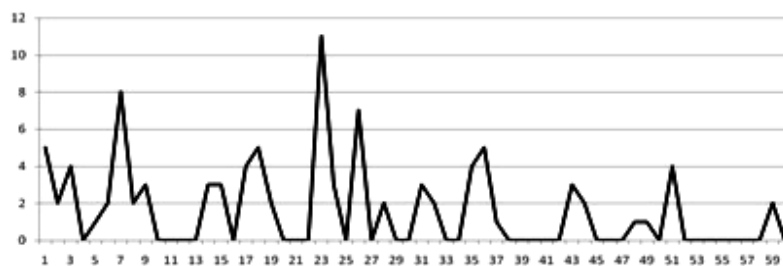


Рис. 30. Характерная динамика «горизонтальной» активности мыши в условиях многократного понижения-повышения температуры от $T=+26^{\circ}\text{C}$ до $T=+5^{\circ}\text{C}$ и обратно.

По оси «Х» - минуты. По оси «У» - количество пересечений животным крестообразной разметки пола камеры в течение соответствующей минуты эксперимента.

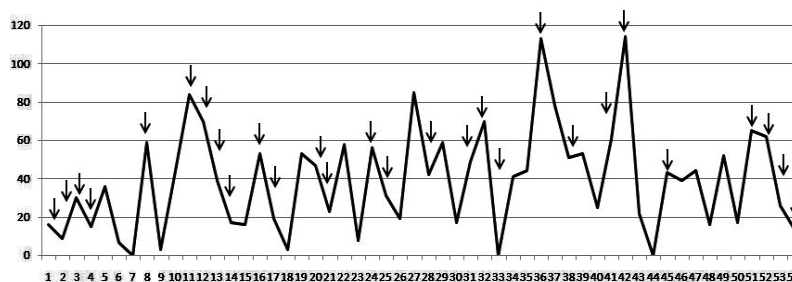


Рис.31. Многократное возникновение явления «кучкообразования» мышей в условиях периодического понижения и повышения температуры внутри экспериментальной камеры с $T=+26^{\circ}\text{C}$ до $T=+5^{\circ}\text{C}$ и обратно. Условия проведения опытов – в пояснении к тексту.

По оси ординат – длительность существования 3-х элементного скопления животных в секундах. По оси абсцисс - момент времени (в секундах от начала эксперимента) его образования в ходе опыта. Стрелками отмечены случаи «полной» (четырёхкомпонентной) самосборки группы.

ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

1. В условиях нормальной температуры окружающей среды двигательная активность отдельных особей и всей группы в целом описывается теми же самыми алгоритмами, что и поведение примитивной физической системы идеального газа.

2. В период генерализованного (пространственно неструктурированного) снижения температуры воздуха наблюдается процесс формирования полноценной функциональной системы. В поведенческом континууме она выделяется (как это и положено по теории ФС) по своему полезному приспособительному результату, который, в конечном счете, связан с выживанием каждого из системообразующих элементов, а, значит, и всей системы в целом.

3. Формирование этой новой интеграции происходит исключительно как итог векторизации элементарных процессов, развертывающихся на уровне отдельных компонентов. Никакого формирования нового субстрата на индивидуальном уровне в данном случае не происходит. В частности, не образуются новые межэлементные связи (например, в виде металлических цепочек между отдельными особями). То, что наблюдается в рассматриваемом случае, с полным основанием можно определить как процесс образования именно функциональной системы: морфологически не детерминированного **комплекса процессов**.

4. Построение по такому сценарию устойчивой системы сопровождается периодическими выходами элементов из её состава, и следующим за этим быстрым восстановлением «Статус Кво». Т.е. речь идет именно о динамически формирующемся и продолжающем существовать в динамической форме образовании. Никакой жесткой фиксации компонентного состава здесь нет.

5. Разные элементы биосистемы (проще говоря, разные мыши) демонстрируют разный уровень глубины своей вовлеченности в состав новообразования. Некоторые

особи связаны с системой глубоко, а некоторые не очень. Именно последние и создают эффект флуктуации величины негэнтропии (организованности), которая даже в условиях ледникового периода все равно продолжает наличествовать в слабо выраженном виде.

6. Инструментом векторизации индивидуальной активности элементов системы, приводящей к образованию её устойчивой формы, является механизм оперантной детерминации поведения каждого системообразующего элемента. Работает открытый Торндайком-Скинером закон положительного подкрепления определенных паттернов поведенческой активности.

7. Неизбежным следствием работы этого закона является появление пула интериоризованных действий – действий, которые выполняются новой системой исключительно во внутреннем плане, не выходя на стадию своей экстериоризации.

8. Вместе с тем, принцип положительного подкрепления закономерно сопровождается также и своей позитивной модификацией в ходе последовательных построений данной функциональной системы. В результате возникает парадоксальная ситуация: на системном уровне наблюдается классическая динамика выработки условного рефлекса по Павлову. А на уровне отдельных системообразующих элементов работает альтернативный рефлекторной парадигме сценарий оперантной детерминации их индивидуальной активности.

9. Феномен полного **возврата к исходному уровню хаотичности системы** после нормализации температуры среды. Принцип выращивания ФС из спонтанной низкоэнтропийной флуктуации работает всегда. Он является универсальным. Вывод этот становится возможным только в рамках анализа «последовательного поведения».

10. Процесс обучения в ходе развертывания последовательности стереотипных системообразований – обучения, объективным проявлением которого является резкое

снижение «времени поведенческого акта» и коэффициента вариации данного параметра.

11. Повышение плотности кучкования в месте окончательного «залегания». Образование стационарного теплопродуктивного кластера (разогретого мышами места камеры), который начинает играть роль ещё одного (но уже неподвижного) соучастника процесса системообразования.

12. Формирование стационарного «места залегания» приводит к возникновению **эпифеномена целенаправленности**, выполняемых коллективом животных действий. Инициатором всего этого, как правило, выступает какая-то одна, менее подвижная (наиболее «ленивая») особь группы, резервирующая за собой статус «хранителя домашнего очага».

LabVIEW модель многократного системообразования MODEL-07-2021.vi

LabVIEW интерпретация модели многократного «последовательного» системообразования *MODEL-07-2021.vi* (начиная с 4-го П.А. - появление насиженного места вместо случайной точки среднего по группе).

Итак, что произойдет, если один из соучастников теплоадаптационного процесса в рассмотренной выше модели *MODEL-04-2021.vi* неожиданно утратит возможность менять в случайном порядке свое местоположение?

Ответ очевиден. Его внезапная обездвиженность при условии сохранения им функции элементарного теплогенерирующего элемента неизбежно приведёт к тому, что он сам становится центром системообразования. Ведь никаким иным способом система, объединяющая все без исключения источники тепла, образоваться уже не сможет. Если хотя бы один (конкретно – добровольно самоиммобилизованный) член группы не окажется в точке всеобщего кучкования, задача достижения максимума теплопродукции в принципе не может быть решена.

Особенность работы представленного ниже устройства состоит в том, что переход к условию обездвижения одного из элементов происходит не сразу, а после реализации определенной последовательности системообразований. Именно так все и происходит в жизни живых мышей.

В основе построения соответствующего математического алгоритма лежит работа несложного устройства (рис.32). Единственный **новый базовичок**=дополнение предыдущей разработки – это счетчик поведенческих актов, наделенный функцией переключения режимов системообразования: с произвольно определяемой точки конечного кучкования системообразующих элементов на фиксированное её положение. Расположен этот блок в правом нижнем углу блок-диаграммы (рис.33.).

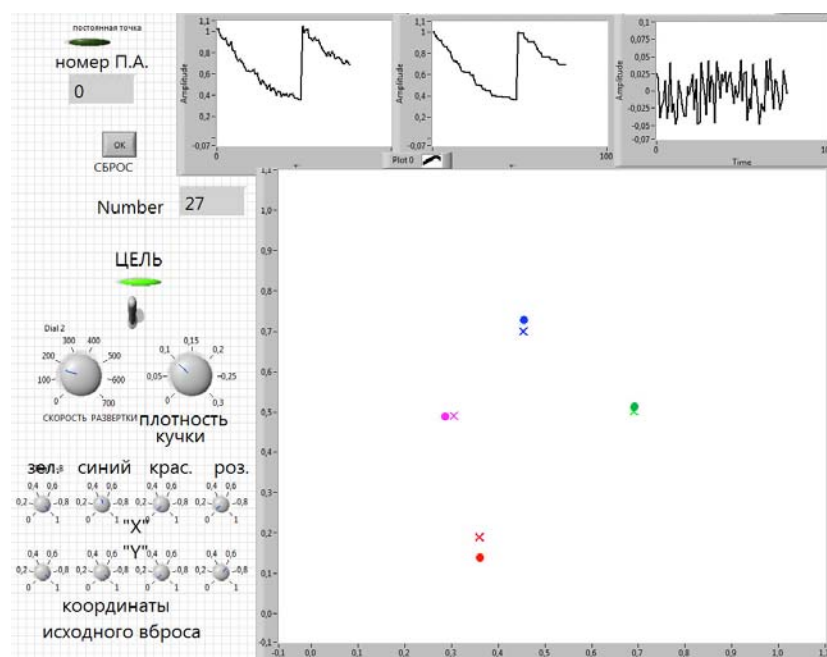


Рис.32. Лицевая панель MODEL-07-2021.vi.

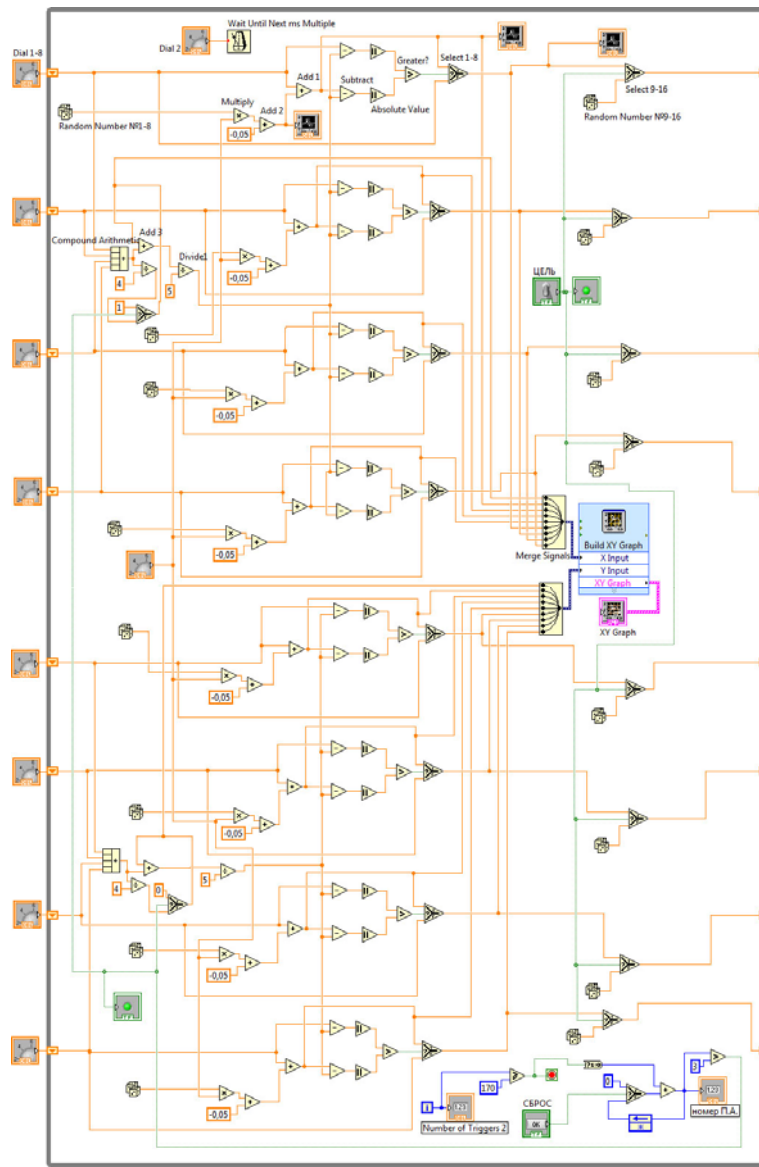


Рис.33. Блок-диаграмма MODEL-07-2021.vi

КАК ВОЗНИКАЕТ ЭПИФЕНОМЕН ЦЕЛЕНАПРАВЛЕНИЯ В VI-СИСТЕМАХ «ДО-ПОСЛЕ» (MODEL-08-2021.vi)

Анализ поведения рассмотренных выше LabVIEW систем, на первый взгляд, позволяет сделать вывод о том, что активность образующих их элементов носит ярко выраженный целенаправленный характер. Действительно, вектор движения каждого из них, в конечном счете, всегда оказывается сориентирован на точку, достижение которой способствует решению задачи, стоящей перед всей системой в целом – формированию микрозоны температурного максимума. Вроде бы объяснить это без привлечения таких факторов как цель и программа действия не реально.

На самом деле можно и нужно. Ниже представлена LabVIEW модель, которая демонстрирует эпифеномен целенаправленной активности в отсутствии каких-либо определенных целей (рис.34). Здесь наличествуют две совершенно независимо друг от друга самоорганизующиеся по принципу неуправляемой «цепной» реакции функциональные системы. Одна из них реализует свой автоорганизационный потенциал вдоль директории X, а другая – по оси Y). Особенность состоит в том, что их общий результат – это событие, которое останавливает процессы негэнтропийной эволюции на разных уровнях и главное – одновременно.

Критически важным является как раз второе условие. В итоге и возникает феномен целенаправленности на финальной стадии такого многовекторного процесса, когда по одной из директорий результат как фактор гомеостатирования процессов самоорганизации уже вовсю работает, а во втором измерении – ещё нет. Т.е. вдоль этой оси система продолжает двигаться по всё тому же исходному сценарию «цепной» неуправляемой реакции нарастания негэнтропии. Но в силу своей зажатости по другому направлению для стороннего наблюдателя это уже начинает выглядеть как ярко выраженное целенаправленное движение всей системы. Если бы последняя была визуально представлена не одной общей точкой, а двумя (что соответствует реаль-

ному положению дел), никакого эпифеномена целенаправленности не наблюдалось. Другими словами, наличие фактора цели объективизируется здесь не по её присутствию как некоего будущего $\{X_{\text{цель}}; Y_{\text{цель}}\}$ события, к достижению которого упорно стремится система, а как следствие асинхронного устранения избыточного числа степеней свободы системообразующих элементов двух независимых друг от друга ФС.

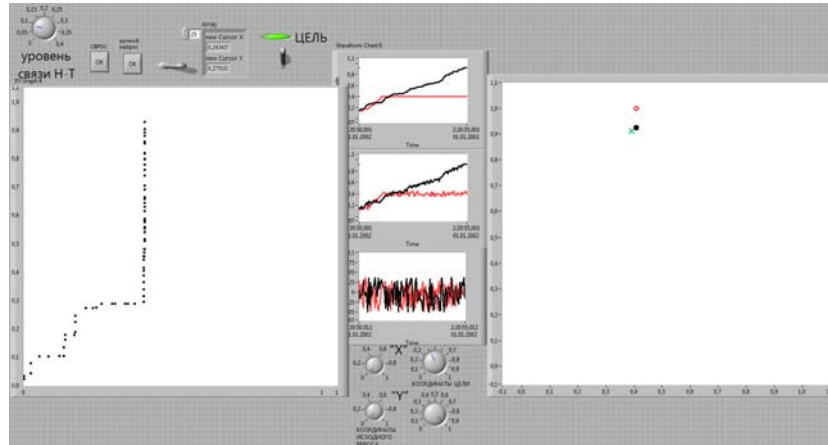


Рис.34. Лицевая панель MODEL-08-2021.vi.

Хорошо видно, что на первом этапе своего развития система строго следует диагональному принципу неуправляемого продвижения к точке с координатами $\{X=1; Y=1\}$, демонстрируя при этом свою полную независимость от каких-либо направляющих её факторов (целей). Однако после достижения координаты « X_0 » траектория её саморазвития резко меняется вследствие гомеостатирования автоорганизационных процессов в рамках $ФС_x$. Как следствие возникает эпифеномен «обнаружения цели» и направленного движения к ней. На самом же деле это движение - следствие ничем не направляемого автоорганизационного процесса в директории « Y » на фоне динамически зафиксированного состояния $ФС_x$.

Можно сказать, что в данном случае имеет место эпифеномен, который является результатом чисто визуального, реально ничем не подкрепленного объединения наблюдателем двух абсолютно несвязанных между собой параллельно развертывающихся процессов.

Ещё раз главный вывод по этому разделу. Никакой целенаправленности здесь на самом деле нет. А самоорганизация – есть. И она не нуждается ни в какой негэнтропийной поддержке, поскольку реализует свой собственный внутренний автоорганизационный потенциал, который уже изначально заложен в ней законами статистической физики. На то она и **само**организация.

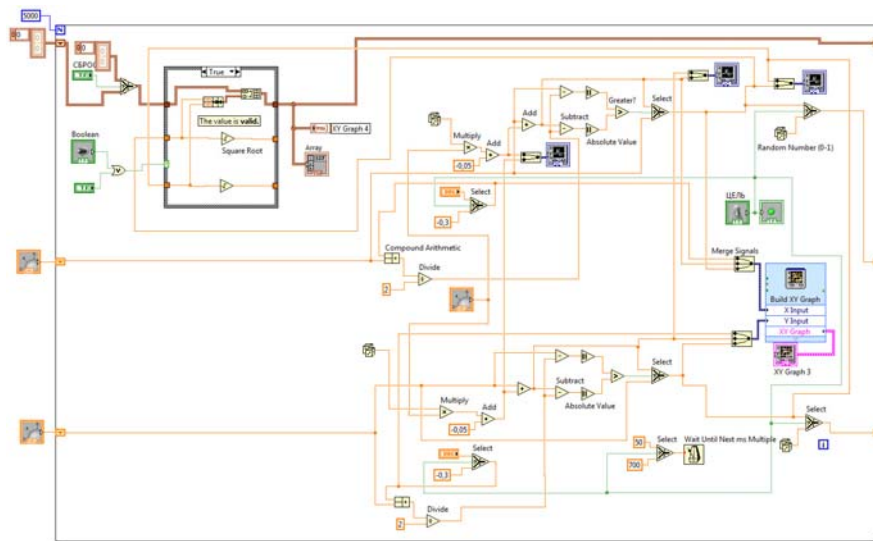


Рис.35. Математический алгоритм MODEL-08-2021.vi.
Расположенная в левом верхнем углу временная структура обеспечивает последовательный «наброс» зафиксированных точек на поле экрана графопостроителя. Ну, а все остальные узловые компоненты блок-диаграммы полностью повторяют «содержимое» 3-х предыдущих LabVIEW разработок (см. рис.25, 28, 32).

Итак, принципиально важный момент, который стоит ещё раз повторить: когда система движется вверх, якобы к «целевой» точке, то она на самом деле всегда (в каждый момент времени) движется не к ней, а просто в направлении максимума своей самоорганизации. Никакой целенаправленности в этом процессе нет. Есть лишь заложенный в рассматриваемом комплексе системообазующих элементов **потенциал трансформации любых случайных негэнтропийных сдвигов во все более и более «плотные» высокоорганизованные формы.**

Т.о., налицо «явление самоорганизации из питательной среды конститутивного хаоса». Но вот только процесс этот происходит не безгранично. В момент достижения системой определенного негэнтропийного уровня он останавливается, вернее гомеостатируется в форме: чуть выше → стоп → самопроизвольный сдвиг чуть ниже → пуск заново и т.д.

Причем, это не слишком жесткое требование играет роль лишь на относительно высоких уровнях автоорганизационных процессов. Когда система находится ещё в нижней зоне рабочего поля, целевая точка может свободно «мотаться» в верхнем положении рабочего поля как ей заблагорассудится. На траектории продвижения системы к ней (на самом деле просто «наверх») это ровным счетом никак не отразится, ибо не к ней она идёт. Никакой цели для неё вообще здесь не существует. И никакого **заранее** предопределенного результата тоже. Когда же точка=цель передвигается вниз, система в рамках своей автоорганизационной деятельности тоже начинает двигаться вниз. Однако происходит это не потому, что она видит новое положение цели теперь уже не наверху, а внизу, так сказать, «ниже плинтуса». Функциональная система идет не к ней, а просто в нуль, случайно натываясь по пути на неё, родимую. И весь процесс самоорганизационного гомеостаза «туда-сюда» начинается снова, но уже ближе к координатной точке $X=0$; $Y=0$.

**КАК МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ «ДО-ПОСЛЕ»
ПОЕДАЮТ ЭКЗОГЕННУЮ НЕГЭНТРОПИЮ
(MODEL-09-2021.vi)**

Феномен образования «насиженного теплого места», играющего роль нового (уже обездвиженного) соучастника теплопродуцирующей группы, является частным случаем проявления другой, более общей закономерности, сформулировать которую можно следующим образом.

Как уже отмечалось, в процессе своего построения каждая функциональная система продуцирует в окружающей её среде некие изменения, которые начинают выполнять функцию опорных точек (точек «РЕФЕРИ») в реализации последовательных переходов данной системы во все более и более высокоорганизованное состояние. Такого рода точки характеризуются никогда не повторяющимся рисунком своей непрерывно осуществляемой в динамическом режиме перегруппировки.

Но наряду с этим в процессе поэтапного системообразования могут возникать и неподвижные негэнтропийные структуры, которые реализуют свое влияние на систему уже принципиально иным образом. А именно, выступая в качестве изначально зафиксированного соучастника данного процесса. В итоге оказывается, что формирование функциональной системы оказывается неразрывно связано не только с динамически продуцируемой ею временной негэнтропийной эволюцией окружающей среды. Параллельно с этим возникает и некий негэнтропийный стационар, который начинает модулировать весь развертывающийся во времени автоорганизационный процесс.

И это наиболее типичный случай, поскольку любая среда обитания уже изначально являет собой компартмент, в котором находятся те или иные высокоорганизованные объекты. А это значит, что исторгаемые функциональной системой реперные точки=рефери негэнтропийного сравнения «ДО-ПОСЛЕ» каким-то образом соотносятся и со стационарными негэнтропийными образованиями.

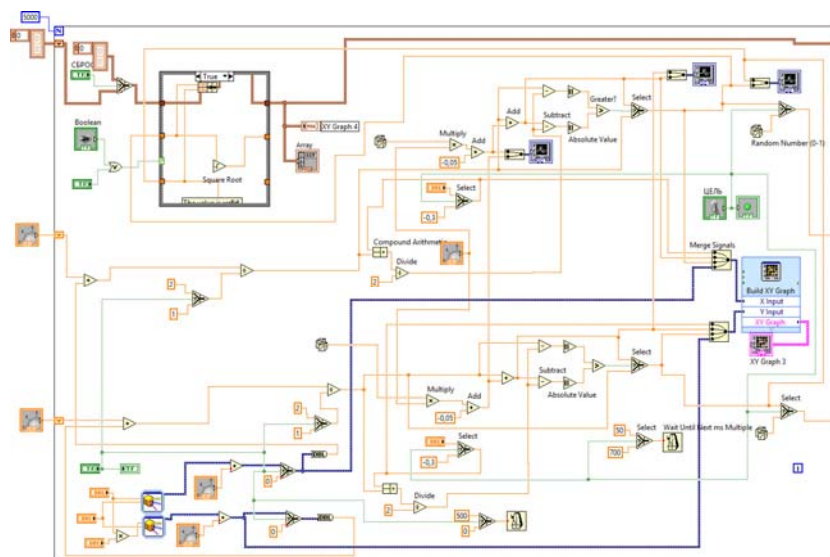


Рис.38. Блок диаграмма MODEL-09-2021.vi

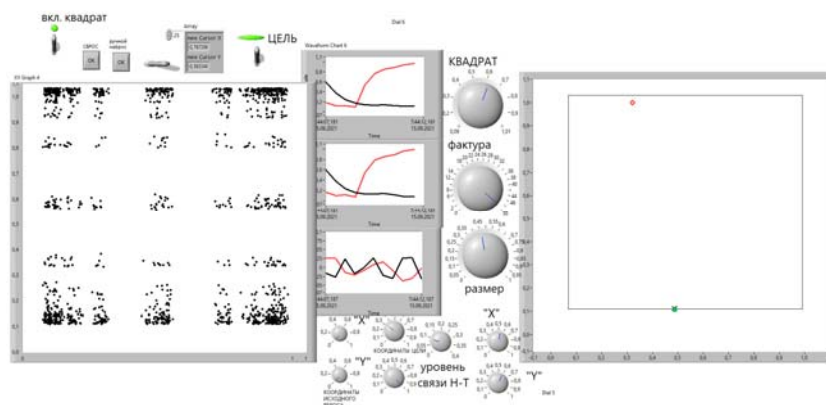


Рис.36. Лицевая панель MODEL-09-2021.vi. Здесь справа - оригинал обследуемого системой объекта, а слева представлен его «идеальный образ», который ФС выстраивает внутри себя в ходе реализации формируемых ею перцептивных действий.



Рис.37. Несколько различных вариантов отображения системой одной и той же геометрической структуры.

Несомненный интерес представляет самопроизвольное возникновение особых зон, обозначающих ключевые признаки фигуры (квадрат=замкнутая линия, особенностью которой является наличие 4-х углов + равенство длины боковых сторон). Выделение этих признаков осуществляется не алгоритмически (не инженером-программистом), а по инициативе самой системы, в строгом соответствии с устанавливаемыми ею самой критериями индивидуальной когнитивной активности, осуществляемой на основе метода Монте Карло.

Результаты статистического анализа активности LABVIEW-систем

- Динамика формирования рассматриваемой системы характеризуется очень высоким уровнем вариативности. Никакой повторяемости траекторий перемещения системообразующих элементов в последовательных реализациях здесь не наблюдается. На этом основании можно кон-

статировать, что в данном случае функциональная система всякий раз строится заново.

- Аналогичная вариативность траектории характерна и для динамики изменения местоположения самого тепло-продуктивного центра группы в процессе её формирования.

- Так же, как и в рассмотренном выше случае, наблюдается аналогичная динамика проявления феномена «плато» (рис.24). Другими словами, продолжительность «ступенек» неуклонно нарастает в рамках каждой последующей итерации. Ничего подобного в поведении животных нет.

- Никакого «обучения» в виде снижения времени поведенческого акта или каких-то иных изменений активности компьютерной модели в отличие от поведения мышей тоже не наблюдается.

- Переход к режиму «насиженного места» не сопровождается появлением каких-либо кардинальных изменений параметров движения системообразующих элементов по сравнению с предыдущей стадией их тестирования.

Главный итог: **феномен квазицеленаправленности** в процессе формирования функциональной системы с одним обездвиженным её элементом. В рассмотренном выше случае это происходит директивным способом после первых 4-х успешно осуществленных актов кучкования в произвольно определяемом самой системой месте.

Иммобилизация одного из элементов самоорганизующейся системы («полное устранение избыточного числа его индивидуальных степеней свободы») как фактор возникновения феномена целенаправленности всей системы в целом. Почему это актуально?

Ответ даёт (это сильно забегая вперед) открытие явления системной специализации нейронов – явления, которое с полным основанием можно трактовать как перевод комплексным (сложным) внешним воздействием одного из стохастически активных системообразующих элементов в состояние Random иммобилизации. По терминологии

П.К.Анохина: «в итоге устранения избыточного числа его степеней свободы». Все отсюда проистекает. Все эти нейроны семьи Симпсонов, нейроны бабушки, нейроны экстраперсонального пространства и т.п. Включая и объяснение того, почему в естественном (сформированном!) поведении таких системоспецифичных нейронов, полностью дублирующих паттерн активности друг друга, оказывается очень много.

Ещё раз: феномен системной специализации нейрона указывает на наличие механизма «**Random иммобилизации**» нервной клетки комплексом внешних воздействий. Именно такая иммобилизация (через этот самый регулируемый по численности набор системоспецифичных нейронов) и становится для функциональной системы целевой детерминантой процесса её самосборки.

Как это происходит?

Вопрос этот будет рассмотрен в заключительном разделе монографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

То, что именно теория функциональных систем в наиболее последовательной форме раскрывает базовый принцип построения исследуемого нами типа группового **поведения животных** не вызывает сомнений. А вот представленные выше компьютерные разработки, которые воспроизводят тот же самый процесс, но уже в математическом выражении. Насколько алгоритм их формирования соответствует канонам системной организации?

Актуальность постановки данного вопроса вполне понятна. Ведь, в рамках любой из рассмотренных выше LabVIEW моделей всё явно происходит по какому-то иному, откровенно не «системно-физиологическому» сценарию. По сути, процесс негэнтропийной эволюции основывается здесь всего лишь на постоянно идущем поитерационном сравнении величины отклонения точки локализации **каждо-**

го из термообразующих элементов в отдельности от текущего положения теплопродуктивного центра всей группы в целом. И если величина отслеживаемого параметра в очередном кванте времени оказывается меньше предыдущего (так сказать, «температурно комфортнее» его), новое индивидуальное действие сразу же переходит в фазу своей реализации. Если нет – переводится в пул «интериоризованной» активности. Правильнее сказать, блокируется не само развернутое (сукцессивное) действие в целом, а акт последовательной приплюсовки к нему тех микродовесок, которые не способствуют повышению температурного благополучия индивидуума.

Ничего, кроме этого, здесь вроде бы не происходит. В общем, довольно простая последовательность незамысловатых логико-математических процедур. Системообразующим элементам нужно только уметь производить точные манипуляции с числами и делать затем из этого правильные логические выводы. Никаких тебе акцепторов результата действия, афферентных синтезов и «принятия решений». Но какая яркая поведенческая феноменология при этом возникает! Активность таких виртуальных систем по своей выразительности действительно мало чем уступает поведению живых существ.

Почему?

Да потому, что за ширмой внешне простых вычислительных операций здесь на самом деле скрывается целый ряд довольно сложных математических построений, алгоритм которых не сводится к банальному выбору из двух последовательно появляющихся разновеликих чисел. В действительности, наращивание уровня организованности системы происходит не за счет линейного роста её внутренней упорядоченности в сочетании с необратимой фиксацией («поеданием») нового значения негэнтропии. В рамках каждого очередного кванта времени всё начинается так сказать «с негэнтропийного нуля».

То есть, рассматриваемая LabVIEW система в начале каждой итерации всегда переходит в своё максимально дезорганизованное состояние, которое знаменуется вбросом в точности такой же по уровню своей хаотичности восьмерки X;Y точек-чисел, что и на самых ранних этапах кучкообразования. По этой причине активность таких элементов характеризуется очень высоким уровнем динамичности, которая проявляется в форме постоянного стремления группы к возврату в состояние полного хаоса. Другими словами, речь идет именно о **функциональной** системе (системе процессов), которая непрерывно меняется, не имея какой-либо стабильной морфологической привязки к чему бы то ни было.

Рассмотренная выше динамика, на наш взгляд, полностью соответствует универсальной схеме системообразования, которая в свое время была сформулирована следующим образом. *«Процессы организации качественно специфичны и двусторонни: организация среды обуславливает организацию процессов внутри организма, что в свою очередь приводит к организованным воздействиям организма на среду и к новой организации среды и т.д. Таким образом, с точки зрения теории функциональной системы поведение представляет собой соотношение организации среды и организации процессов внутри организма»* [Швырков В.Б. 1979а. С.7].

Но это, так сказать, декларация общего принципа. Сегодня же, благодаря развитию LabVIEW технологий, появилась реальная возможность установить конкретные закономерности такого рода системо-средовой негэнтропийной «рециркуляции», рефреном которой (это стоит подчеркнуть ещё раз) является процесс построения функциональной системы путем пролонгации её самопроизвольно возникающих негэнтропийных сдвигов.

С этих позиций базовый принцип выращивания системы из своих же собственных спонтанных флуктуаций строго соблюдается не просто на всех последовательных стадиях

её построения, но даже в рамках каждого микровременного интервала развертывания данного процесса. Закрепление же нового значения негэнтропии происходит здесь **не внутри системы**, не за счет формирования новой стабильной ступеньки её внутренней организации, а в результате фиксации особого, всякий раз оригинального расположения «тел» системообразующих элементов в окружающем их пространстве.

Таким образом, для рассматриваемой функциональной системы (ФС) тела составляющих её элементов в первую очередь являются инструментом создания во внешней среде все новой и новой структуры опорных точек, эволюция которых направлена на решение главной задачи: негэнтропийной трансформации самой ФС. Именно там, во внешней среде и происходит наращивание уровня её организации.

Можно сказать, что функциональная система иницирует градуально усиливающийся процесс упорядочения ближайшего к ней окружения, что, в свою очередь, способствует её собственному прогрессивному усложнению, хотя ФС и выступает в роли постоянного разрушителя баланса негэнтропийной стабильности. Истинными источниками последней выступают исключительно внешние реперные структуры, которые выполняют функцию «**реферри**» в отношении все новых и новых Random вбросов – правда, в случае мышей совершенно не понятно каким образом детерминированных.

Ну, да... если маненько поразмыслить, что получается? Возникновение описанной выше последовательности событий становится возможным только в том случае, если новое действие полностью скомпоновалось, последствия его реализации точно определены. Однако никакой двигательной экстериоризации при этом не происходит, поскольку механизм прибавления небольшой числовой добавки к исходнику оказывается каким-то образом заблокирован.

Это как же понимать, товарищи? Что это за странное явление: действие без действия, сумма без сложения чисел?

Мистика какая-то.

Действительно, то, что мы определяем как форму организации системы «ДО» - вполне конкретное местоположение системообразующих элементов в декартовой системе координат. А вот «ПОСЛЕ» - нечто совершенно неопределенное, хотя уже и не равновероятный набор потенциально возможных состояний системы. Это результат некоего реально состоявшегося числового вброса, который почему-то не уходит после момента своего возникновения на стадию своей полноформатной реализации, а некоторое время продолжает сохраняться в латентной форме, вследствие того, что «плохая» с биологической точки зрения микродобавка к исходному положению системообразующего элемента должна привести к ухудшению его температурного статуса.

Как биологически (не математически) это может быть осуществимо? И как происходит сравнение материально выраженного текущего местоположения элементов системы с некоей мифической и в то же время вполне детерминированной формой его нового числового воплощения?

На первый взгляд, теория функциональных систем с её концепцией акцептора результатов действия (АРД) дает определенный ответ и на этот вопрос. Согласно представлениям П.К.Анохина перед началом **каждого** поведенческого акта человека или животных в их ЦНС формируется особый аппарат предвидения последствий реализации данного действия. А после завершения двигательной активности происходит сличение параметров достигнутого результата с прогнозируемыми в АРД [Анохин П.К., 1971, 1978].

С этих позиций констатируемый нами процесс сопоставления двух форм системной организации «ДО-ПОСЛЕ» полностью укладывается в данную схему.

Вполне обоснованным, на наш взгляд, выглядит и принцип квантования рассматриваемой формы поведения животных по критерию односекундных интервалов времени, по истечению каждого из которых мышь, как мы убедились, может оказаться практически в любой точке экспериментальной камеры, размером 62х37см. Это значит, что и производимые LabVIEW системой случайные вбросы координат поля от 0 до 1 и по оси «X» и по оси «Y» тоже вполне оправданы.

Полная неопределенность сохраняется лишь в том, что касается нейрофизиологической конкретики самого аппарата АРД и процесса сличения закодированных в нем параметров будущего результата с реальными его значениями.

Ясно лишь, что без интеллектуально продвинутых нейронов головного мозга тут явно никак не обойтись. Для осуществления подобных деяний нужна серьезная математическая подготовка исполнительных элементов. А клетки мышинной ЦНС, спрашивается, на такое способны?

Одним словом, проблема ревантности LabVIEW моделей своему биологическому прототипу по сути дела сводится к вопросу: способны ли нейронные сети выполнять роль электронных калькуляторов, осуществляющих сложные вычислительные операции? Владеют ли нейроны основами булевой алгебры (алгебры логических доказательств)? Распространяется ли такого рода умение и на клетки периферической нервной системы, в частности, на нейроны ганглиев, расположенных в нижних отделах таза? Можно ли утверждать, что помимо своего основного занятия, связанного, for instant, с обеспечением эректорной функции, они параллельно с этим без конца занимаются сложением, вычитанием и делением различных чисел. Если да, то не мешает ли одно другому (как, мне, например)?

ЧАСТЬ II

ПРОБЛЕМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НЕРВНОЙ КЛЕТКИ

*«Под **нейронными** сетями подразумеваются **вычислительные структуры**, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга» (Круглов В., Борисов В. Искусственные нейронные сети. М.2002).*

Есть такая наука - математика. Каждый, кто учился в школе, знает, что успешное освоение этого предмета требует не только приложения немалых усилий, но и наличие у учащегося некоей «врожденной» предрасположенности к работе с цифрами, числами, функциями. А это, понятное дело, не каждому дано. Тем более, если речь идёт о высшей математике, попытка приобщения к которой в стенах института для многих молодых людей так и остаётся навсегда нереализованной мечтой детства.

В свете этого очевидного факта как-то странно выглядят утверждения современных нейроспециалистов, констатирующих наличие гениальных математических способностей не то что у любого человека, а у каждой нервной клетки каждого обладающего мозгом животного. Например, у нейронов кролика, лягушки или морской свинки. Более того, на полном серьёзе утверждается, что нервным клеткам в отличие от нас, грешных, нет необходимости обучаться правилам сложения, вычитания и умножения чисел. Они сразу же после момента своего появления на свет начинают блестяще справляться с решением подобных задач. Причем, свои вычисления нейроны виртуозно проделывают «в уме». Для этого им не нужны калькуляторы, логарифмические линейки, бухгалтерские счета. Ну а, учитывая гран-

диозные масштабы присутствия на нашей планете мозго-обладателей, выходит, что мы живём в мире, который буквально нашпигован триллионами математически одаренных микроскопических существ.

Так ли это на самом деле?

Как ни странно, но для большинства современных нейрокибернетиков положительный ответ на этот вопрос очевиден. Разработанные ими к настоящему времени нейронные модели и впрямь не оставляют никаких сомнений в наличии неординарных математических способностей у любой нервной клетки.

См. Прил.1 на DVD диске*

Именно это умение ставится во главу угла при создании всевозможных реестров нейронной специализации, где нейрон определяется как триггер, сумматор, интегратор, переключатель, субъект процессор, дифференцирующее устройство и т.д., и т.п. И все это констатируется у нейроморфных элементов даже примитивно устроенных нейронных сетей, например, нервной системы дождевого червя, виноградной улитки или домашнего сверчка.

Ярким подтверждением сказанного является схема, которую можно встретить практически во всех современных учебниках по нейроинформатике, нейробионике, нейрокибернетике. Это модель, так называемого «формального нейрона» - модель, из которой бесноватые нейроспециалисты последние семьдесят с лишним лет конструируют все свои мозгоподобные, как они заявляют, системы, вплоть до самообучающихся многоуровневых перцептронов.

Каждый формальный нейрон (рис.38) обладает набором однонаправленных входных связей (синапсов), а также имеет единственный выход (аксон), через который сигнал от него поступает на синапсы других нейронов или исполнительных элементов. Входной сигнал умножается на определённый вес, соответствующий параметру так называемой «эффективности синапса».

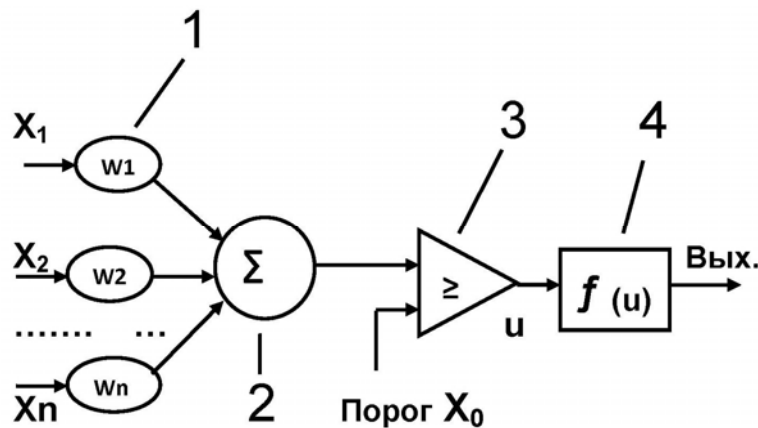


Рис.38. Классическая схема формального нейрона Питса-МакКаллока.

Пояснение – в тексте.

Множество входных сигналов обозначены на рис.38 вектором X . Каждый вес W_i (1) соответствует эффективности одной синаптической связи. Выход сумматора 2 подключён к одному из входов компаратора 3, пороговые характеристики которого задаются сигналом X_0 , подаваемым на другой (управляющий) его вход. Преобразователь 4 определяет терминальные параметры непрерывно идущего процесса генерации нейроном потенциалов действия $[f(u)]$.

«ФОРМАЛЬНЫЙ НЕЙРОН» (MODEL-10-2021.vi)

Теперь, то же самое, но уже в среде объектно-ориентированного моделирования LabVIEW 2010.

Лицевая панель формального нейрона по Питсу-МакКаллоку представлена на рис.39, а блок-диаграмма – на рис.40.

В левой её части расположены десять выходов пресинаптических нейронов, которые продуцируют десять же потоков так называемых «возбуждающих постсинаптических»

ских потенциалов», поступающих на вход сумматора {“Compound-Arithmetic”}. Сигнал с него после деления {Divide} на определенное регулируемое по величине число («порог») идет на компаратор {GreaterOrEqual}, а далее на осциллограф {WaveformChart} и звуковой монитор {SimulateSignal + PlayWaveform}. Все очень просто. Сам формальный нейрон представлен здесь 4-мя находящимися в самом центре блок-диаграммы vi-субсистемами. Всё остальное – внешняя «обвязка» для раскрытия сакральной сущности этого невероятно популярного в наши дни образования.

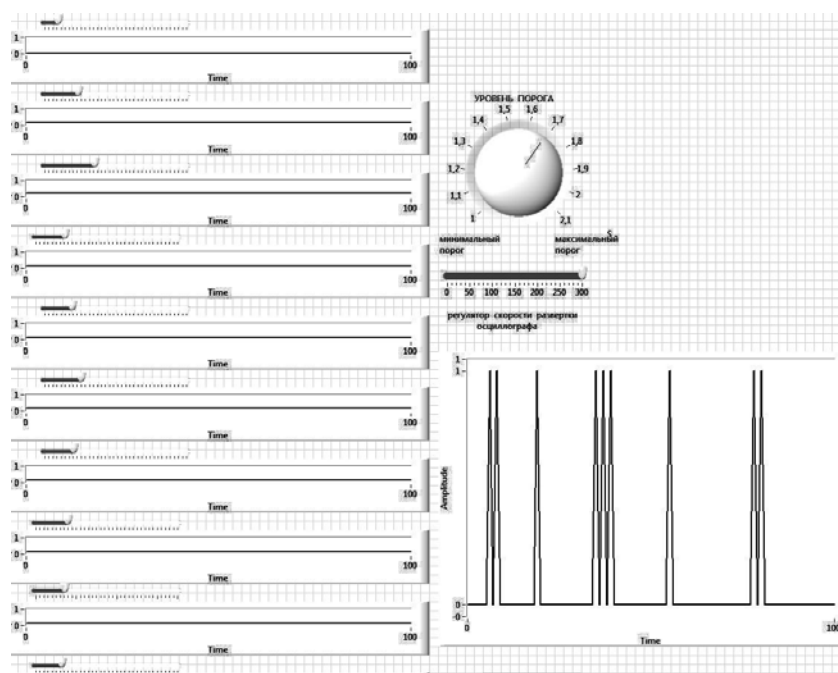


Рис.39. FacePanel MODEL-10-2021.vi

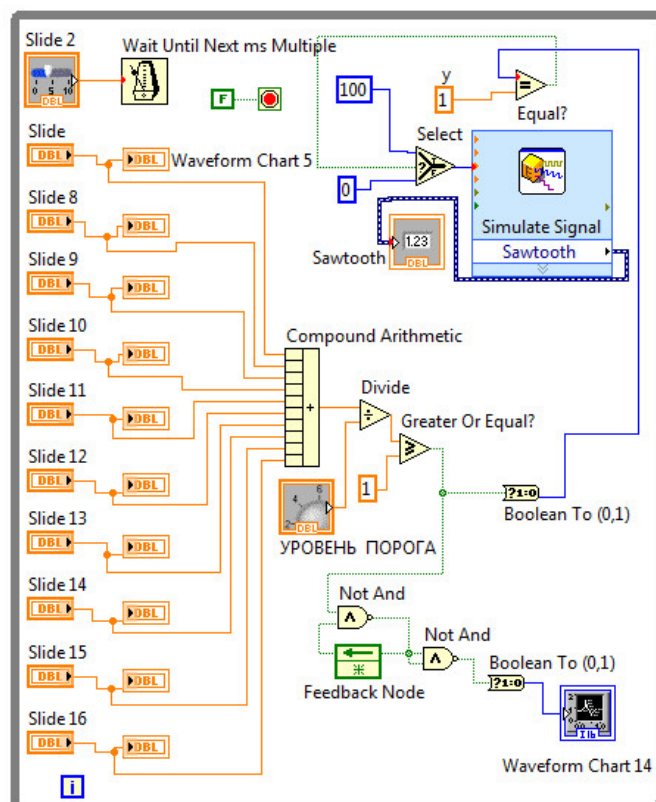


Рис.40. Математический алгоритм, кодирующий процесс формирования биоэлектрической активности нейрона Питса-Мак`Каллока.

Прим. При работе данной схемы во время своего запуска она может выдавать на некоторых компьютерах сигнал «ошибка», что связано с различиями в установке звуковой карты PC по отношению к таковой в LabVIEW. В этом случае достаточно просто стереть командой *Delite* соответствующий *subVI* (“Play Waveform Data”) и анализировать работу данного устройства без звукового сопровождения. Сказанное относится и к другим LV-системам, в которых есть аналогичный блок озвучки нейронной импульсации.

Принцип работы данного прибора достаточно прост. В том случае, когда величина суммарного сдвига трансмембранного потенциала превысит некое пороговое значение (его величина задается регулятором «Уровень порога») у нейрона начинает формироваться последовательность биоэлектрических разрядов (потенциалов действия). Их индикатором является звуковой монитор и осциллограф «WaveChart» (рис.40). Все настолько банально, что у меня нет ни малейшего желания останавливаться на этом более подробно и приводить какие-либо графики, диаграммы и схемы. Для этого достаточно не поленившись и, нажав кнопку {Run Continuosly} главной панели управления LabVIEW, вочию увидеть всё своими глазами. А именно то, что:

- зависимость между активностью пре- и постсинаптических формальных нейронов носит строго детерминированный (не стохастический) характер.

- она, эта зависимость, никак не связана с точкой активации конкретного синаптического контакта. По этой причине трансляция через такой «коммутатор» сигналов различной сенсорной и биологической модальности с сохранением их информационного значения (а это необходимое условие развертывания полноценных процессов афферентного синтеза и принятия решения) оказывается в принципе не возможной [П.К.Анохин, 1973, 1974].

- отсутствие у формального нейрона периодов абсолютной и относительной рефрактерности, ибо если вносить их в его схему, то абсурдность самой идеи создания из подобных элементов каких-либо надежно функционирующих сложных конструкций (типа перцептрона) стала бы для их разработчиков совершенно очевидной. Не говоря уже о механизме замысловато распределенной по узловым точкам нейросети «синаптической задержки», которая в принципе исключает качественное выполнение любым живым **мозговым субстратом вычислительных** функций.

- детерминированный характер нейронных реакций. Это означает не только отсутствие вариативности ответов

постсинаптического нейрона на активацию пресинаптических клеток, но и невозможность появления у него потенциалов действия без направленного изменения входного сигнала. Другими словами, мы имеем здесь классический пример «черного ящика», у которого соотношения параметров вход-выход однозначно определяются его передаточной функцией $\{y=f(x)\}$.

Ну а в более широком контексте, главным недостатком рассмотренной выше схемы, как уже отмечалось, является неполнота моделирования биологического прототипа, то есть, отсутствие у данной модели ряда базовых функциональных свойств реальной нервной клетки.

Особого внимания в этом плане заслуживают: наличие периодов абсолютной и относительной рефрактерности в постспайковый период [ОФНС, 1979], характерные для живого нейрона процессы габитуации и сенситизации [Кэндел Э. Р. 1980], функциональные обратные связи в центральных и периферических синапсах химического типа [Матюшкин Д.П., 1977, 1989]; существование внесинаптических («пейсмекерных») механизмов генерации потенциалов действия [Соколов Е.Н., 1970]; стохастический (вероятностный) характер зависимости импульсной активности от параметров синаптического притока [Бернс Б., 1969]; оперантная детерминированность процесса формирования эндогенных паттернов нейронной активности [Stein L., Belluzzi J.D., 1989]; системообразующая роль суммарного результата деятельности системы в детерминации параметров потока биоэлектрических разрядов отдельных нейронов [Анохин П.К., 1974].

Некоторые из перечисленных выше несоответствий между биологическим нейроном и его формальной моделью достаточно просто устраняются путем внесения незначительных дополнений в исходную схему. Однако есть и такие нестыковки, которые предполагают радикальный пересмотр предложенной Питсом-МакКаллоком схемы.

Итак, по порядку...

ПОСТСПАЙКОВАЯ РЕФРАКТЕРНОСТЬ (MODEL-11-2021.vi)

Утверждение о том, что раздражимость и возбудимость нейронов относятся к числу наиболее выразительных признаков данного вида клеток, ни в коей мере не отрицает факта крайней нестабильности проявления указанных свойств. Особенно в период после генерации каждого очередного потенциала действия. Данный процесс, как было установлено, в завершающей своей фазе всегда сопровождается разворачиванием сложного комплекса быстротекающих метаболических сдвигов, которые исключают возможность последующей генерации аналогичного импульса как минимум на 1 мсек (это у нейронов мозга млекопитающих).

В случае же беспозвоночных животных данный интервал оказывается намного больше, достигая иногда нескольких минут [Пивоваров А.С., Дроздова Е.И., 1997]. В рамках предлагаемых сегодня нейрокибернетических моделей вся эта непростая феноменология так и не получила достойного отклика. Также как и наличие явления, так называемой, **относительной** постспайковой рефрактерности. То есть, не радикального (не полного) блокирования после генерации каждого потенциала действия разрядного процесса, а лишь снижение вероятности его повторной реализации.

На рис.41-42 представлен незамысловатый узловый элемент, который позволяет устранить основное проявление указанного несоответствия. В качестве иллюстрации работы данного элемента в правой части лицевой панели представлены две осциллографические записи: нижняя – это исходник формального нейрона, а сверху – все то же самое, но уже с учетом механизма абсолютной постспайковой рефрактерности.

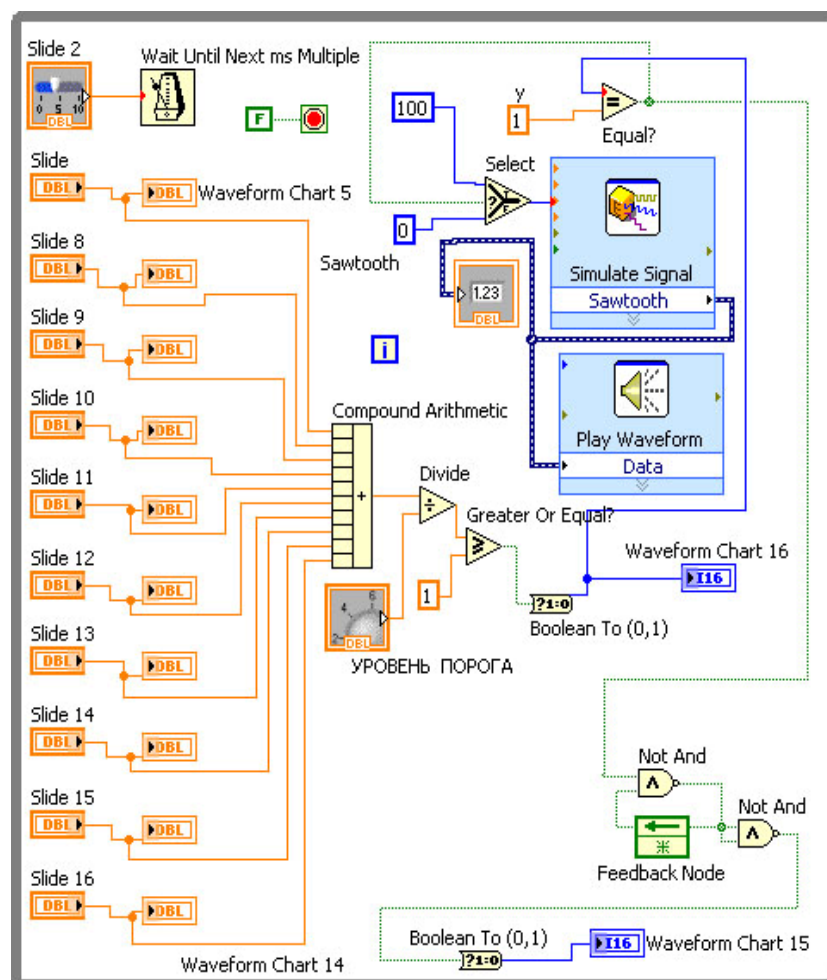


Рис.41. Блок-диаграмма формального нейрона, наделенного свойством абсолютной постспайковой рефрактерности.

Соответствующий дополнительный блок находится в правом нижнем углу схемы.

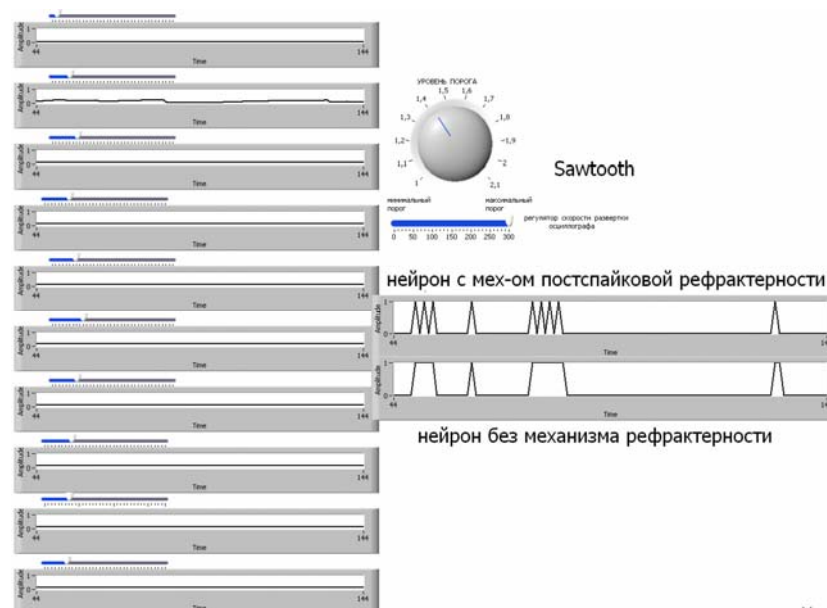


Рис. 42. Лицевая панель MODEL-11-2021.vi

«ГАБИТУАЦИЯ» MODEL-12-2021.vi (+«Simple22.vi»)

За этим красивым, но малопонятным для непосвященных словом стоит хорошо знакомый каждому поведенческий феномен: постепенное снижение интенсивности реакции биологического субстрата на периодически оказываемое на него стандартное внешнее воздействие. В русском языке есть целый ряд выразительных слов, которые очень точно характеризуют суть данного явления. Но, к сожалению, все они относятся к разряду ненормативной лексики. Поэтому приводить их здесь я не буду, а лучше сразу представлю математическую, LabVIEW интерпретацию процесса габитуации, что не меняет смысловой сути данного феномена (рис.43, 44).

Прим. Важнейшим суб. дивайсом здесь является **Simple22.vi**. Доступ к нему при загрузке критически необходим!

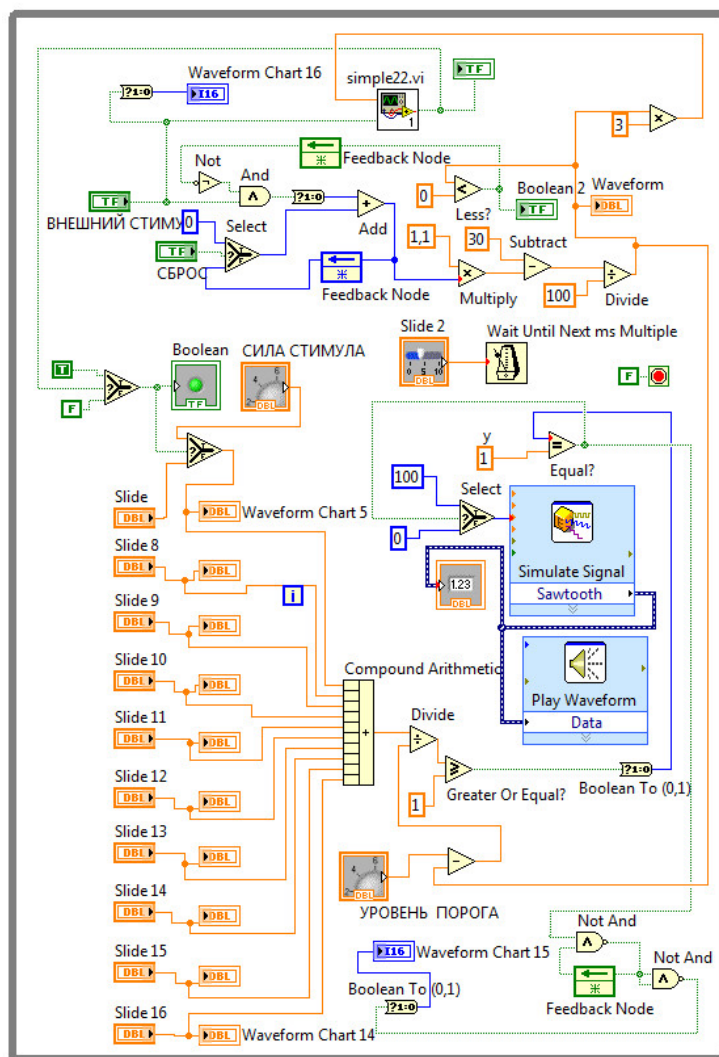


Рис. 43. Математический алгоритм, который в объектно-ориентированной форме воспроизводит процесс габитуации вызванной нейронной активностью.

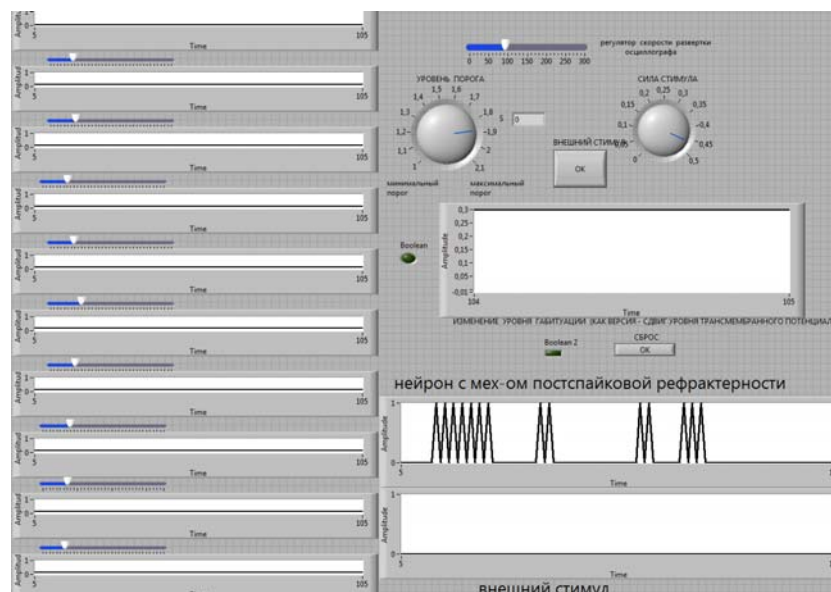


Рис. 44 Лицевая панель MODEL-12-2021.vi

Слева – десять диаграмм, каждая из которых отражает текущую биоэлектрическую активность какого-то одного пре-синаптического нейрона.

Справа – выходная функция постсинаптической нервной клетки. Нажатие на кнопку «Внешний стимул» провоцирует небольшой сдвиг уровня трансмембранного потенциала в одной из зон, что приводит к генерации нейроном ПД.

СЕНСИТИЗАЦИЯ MODEL-13-2021.vi (+Simple22.vi)

Стохастический принцип организации активности отдельного нейрона проявляется не только в форме развития процесса привыкания (габитуации) к внешним стимулам, но и, наоборот, в прогрессивном усилении биоэлектрической реакции в ответ на одно и то же, неизменное по своим физико-химическим параметрам раздражение. Это явление получило название сенситизационного эффекта.

Также как и габитуация, сенситизация в настоящее время рассматривается как характерное проявление про-

цесса простейшего обучения отдельной нервной клетки (Кэндал Э.Р. 1980). Довольно часто в этой связи говорят о свойстве «пластичности» нейронов, косвенно предполагая при этом наличие базового феномена реактивности, который есть всегда, даже тогда, когда его никто в упор не видит. Как и все производные модели формального нейрона, явление сенситизации реконструируется в LabVIEW очень простым способом.

На рис.46 представлена математическая модель, воспроизводящая алгоритм реализации данного явления. Ну а на рис.45 приведена соответствующая лицевая панель данной системы. Здесь все настолько примитивно, что даже что-либо говорить на сей счет не хочется. Всё сводится к тому, что последовательные нажатия Вами на кнопку «Внешний стимул» приводит к постепенному увеличению числа потенциалов действия нейроморфного элемента в рамках его ответа на каждое очередное оказываемое на него воздействие. Запускайте, наблюдайте, делайте выводы о том, что это не похоже на поведение живого нейрона.

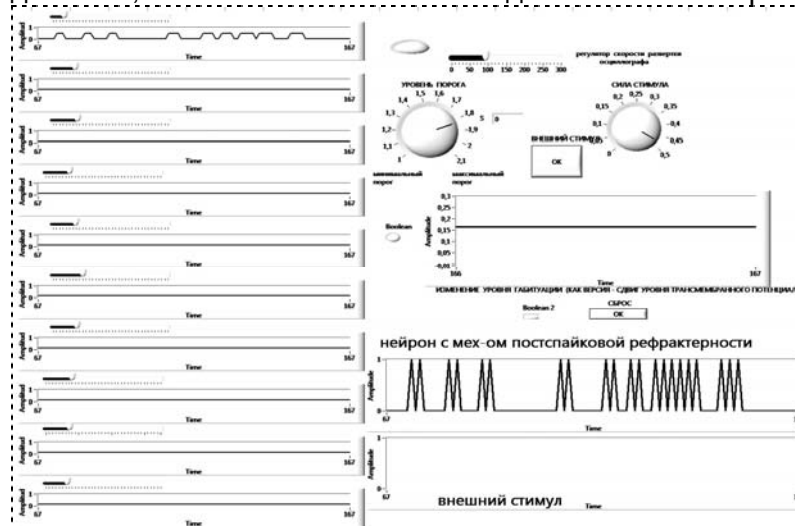


Рис. 45. MODEL-13-2021.vi

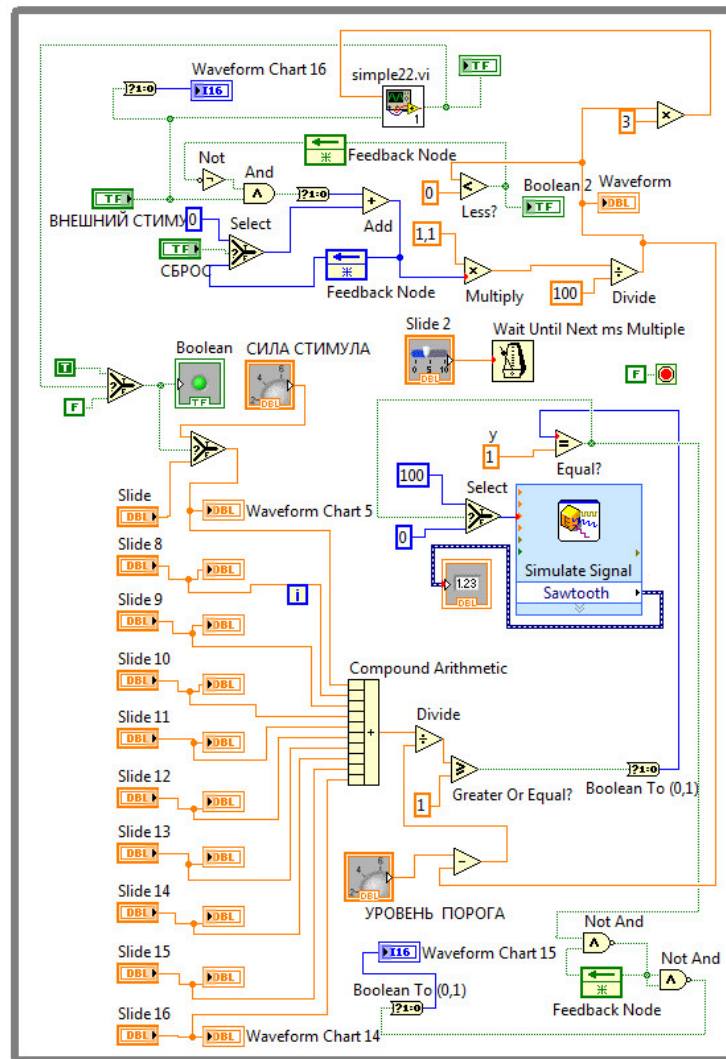


Рис. 46. MODEL-13-2021.vi

Здесь, как в предыдущей модели, для её работы критически важен доступ к суб. прибору Simple 22.vi

ФОРМАЛЬНЫЙ НЕЙРОН с ПЕЙСМЕКЕРОМ

Пейсмекерный потенциал. Открытие данного явления приходится на середину прошлого века. Именно тогда при проведении внутриклеточной микроэлектродной регистрации активности нервных клеток позвоночных и беспозвоночных животных было установлено, что трансмембранный потенциал подвержен ритмическим самопроизвольным изменениям в виде спонтанно возникающих синусоидальных колебаний его амплитуды. Подобные изменения наблюдаются даже в теле одиночного нейрона, полностью изолированного от своего глиального окружения и аксона, а, значит, и от синаптических и электротонических воздействий со стороны других клеток [Chen C. et al., 1971]. При достижении пороговых значений такая форма активности трансформируется в процесс генерации ритмических потенциалов действия. Сам факт их появления, как выяснилось, не зависит от текущих параметров синаптического притока, хотя изменения последнего и способны оказывать существенное модулирующее влияние на работу пейсмекерных механизмов [Соколов Е.Н., 1975]. Рассматриваемое явление носит универсальный характер. Оно установлено для нейронов животных, находящихся на разных уровнях фило- и онтогенетического развития. Однако в ходе биогенеза, по мере совершенствования синаптических связей в новых структурах (кора мозга) пейсмекерный механизм начинает проявляться в меньшей степени, а доминирующим в формировании ритмической активности нервной клетки становятся экзонейрональные факторы [Гусельников В., Супин А., 1968]. LabVI версия вышесказанного представлена на рис.47, 48.

Для объяснения данного феномена предпринимались довольно-таки серьезные попытки, которые в полном объеме так и не увенчались успехом. До сих пор какой-то единой точки зрения по вопросу о природе пейсмекерных форм нейронной активности у нейрофизиологов так и не сформировалось.

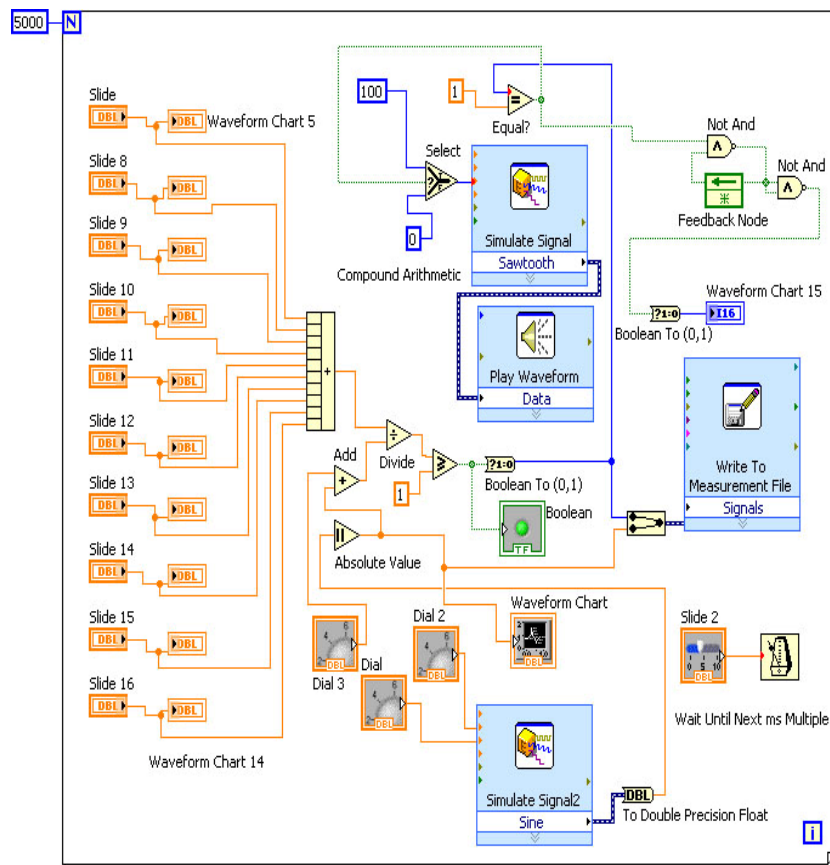


Рис.47. MODEL-14-2021.vi. Пейсмекерный потенциал нервной клетки (рефлекторная схема реализации). Влияние эндогенной синусоиды на работу порогового элемента нейрона происходит здесь банальным $S \rightarrow R$ способом.

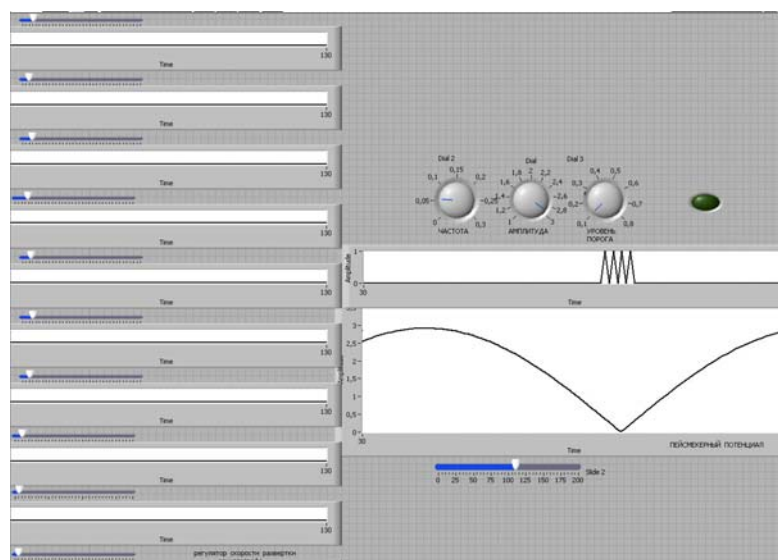


Рис.48. Лицевая панель модели формального нейрона, обладающего пейсмерным механизмом генерации ПД.

По-прежнему открытым остается и вопрос о причинах спонтанного изменения амплитуды и частоты пейсмерного потенциала, следствием чего становится формирование стохастически организованного потока «фоновых» биоэлектрических разрядов.

СИНАПТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ (MODEL-15-2021.vi)

Картина рассмотренных выше процессов становится ещё более запутанной в свете многочисленных фактов, свидетельствующих о существовании не только прямых, но и обратных (антидромных) влияний в центральных и периферических синапсах химического типа [Schmitt F.,1982; Матюшкин Д.,1975]. Теоретические расчеты, а также экспериментальные данные показали, что постаивационное возрастание концентрации ионов калия во внеклеточной жидкости в период деполяризации мембраны нервной клет-

ки должны существенным образом менять квантовый состав синаптической передачи. Позднее удалось установить и альтернативные пути реализации механизма функциональных обратных связей (ФОС) на синаптическом уровне [Драбкина Т.М. и др., 1999].

Эти, а также ряд других данных кардинальным образом меняют общепринятые на сегодняшний день нейрофизиологические представления. Действительно, изначально механизм ФОС рассматривался только как заключительное звено в реализации процесса передачи нервного импульса, точнее говоря, как фактор его нейромедиаторной оптимизации [Матюшкин Д.П. и др., 1977, 1995]. И это ещё, куда ни шло. Однако нетрудно понять, что наличие «фоновой» синаптической активности означает и другое. А именно то, что на уровне нейронов, обладающих инструментом ФОС, существует контур постоянного самоуправления не только параметрами поступающего к ним притока нейромедиаторов, но и **немедиаторной компоненты** синаптических выделений [Бобровников Л., 1998].

С этих позиций генерацию нейроном потенциалов действия приходится рассматривать уже не в качестве заключительного звена процесса передачи «возбуждения», а как весьма эффективный инструмент управления параметрами доставки к нейрону различных метаболически ценных субстратов, поступающих от других клеток.

Важно подчеркнуть, что это влияние находится под постоянным контролем со стороны пресинаптических образований, которые своим суммарным биоэлектрическим влиянием санкционируют работу указанного контура нейронного самообеспечения, усиливая или, наоборот, подавляя (даже полностью блокируя) его реализацию. В том числе и на уровне процесса, так называемой, «синаптической утечки» - процесса спонтанного, не связанного с импульсной биоэлектрической активностью, выделения в синаптическую цель **везикулярного матрикса**. В формате LabVIEW это выглядит следующим образом (рис.49, 50).

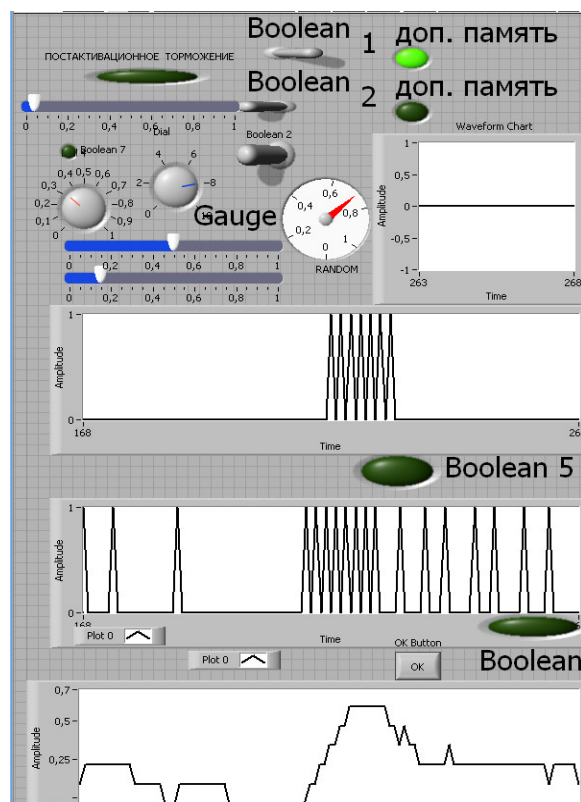


Рис.49. Лицевая панель **MODEL-15-2021.vi**.
Пояснение в тексте.

В результате, как отмечал в этой связи П.К.Анохин, «поступающее извне возбуждение не всегда приходит к одному и тому же состоянию нейрона, которое зависит, кроме того, от тех метаболических и прочих перемен, которые непрерывно переживаются нейроном. Именно эти внутренние переменные состояний нейрона и были когда-то названы Буллоком «степенями свободы» [Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина. 1975. С.430].

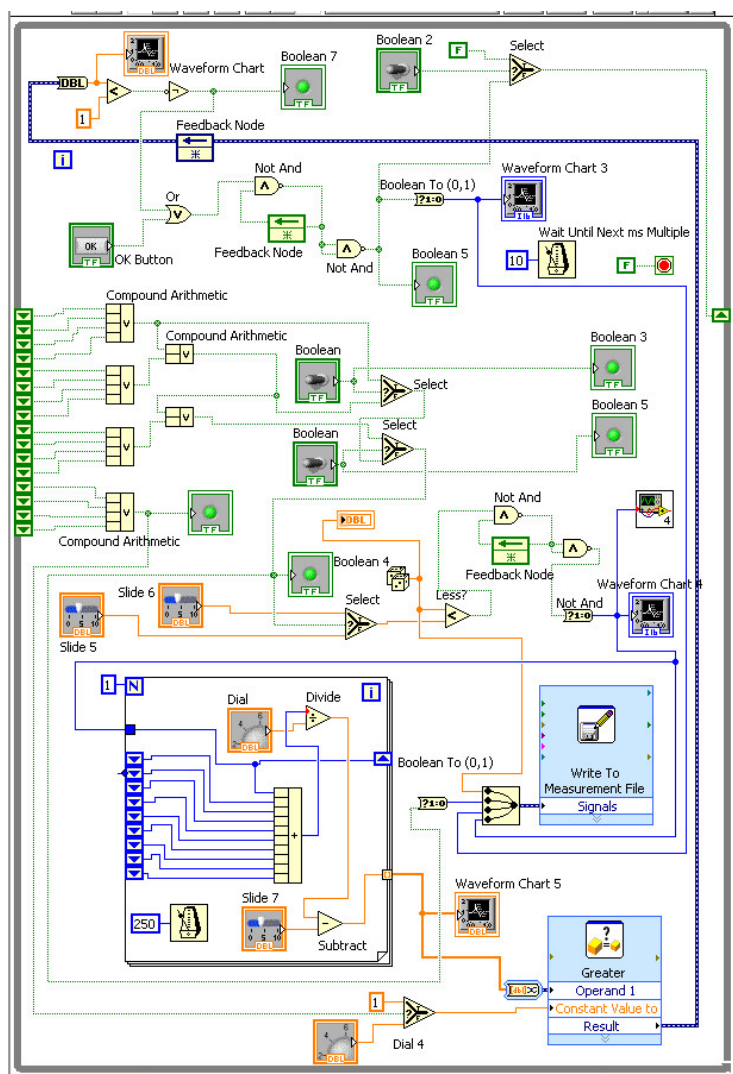


Рис.50. Математический алгоритм работы нейрона с учетом механизма ФОС. Как следствие возникает особая форма влияния активности данной клетки на так называемый «квантовый состав синаптической передачи».

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ

*«Истинная логика нашего мира – это
подсчет вероятностей» (Дж.К. Максвелл)*

Нетрудно заметить, что все рассмотренные выше модификации модели **формального нейрона** никак не затрагивают базового принципа построения процессов синаптического межнейронного взаимодействия. То есть, в неизменном виде сохраняется декларируемый современной наукой о мозге закон суммации возбуждающих и тормозных потенциалов на плазматической мембране постсинаптической нервной клетки.

Между тем, как раз именно этот момент давно уже вызывает наибольшие сомнения у специалистов, занимающихся изучением нейронной активности в условиях, максимально приближенных к естественным. И не только у них (вернее – у нас). Как известно, детальному рассмотрению этого круга вопросов была посвящена и последняя прижизненная публикация П.К.Анохина «Системный анализ интегративной деятельности нейрона» [Успехи физиологических наук. 1974. Т.5. №2. С.5-92]. По результатам проведенного автором анализа делается ряд выводов, которые до сих пор не только не утратили свою актуальность, но и благодаря ярким достижениям современной нейроинформационной мысли приобрели ещё большую остроту:

- *«Имеющееся в современной нейрофизиологии представление о главной функции целого нейрона совершенно не удовлетворяет основному требованию работы мозга - сохранению информационного эквивалента на всем пути преобразования первичной информации. Характерно, что ни один из сторонников решающей роли трансмембранных потенциалов не сопоставляет своих допущений **о примате электрической суммации** на поверхности нейрона с обязательными требованиями принципов информации»* [Анохин П.К. 1974. С.38].

- «По сути дела **ни одно из допущений** о распространении возбуждательного и тормозного влияний на поверхности нейрона **не может быть принято** ни с биофизической, ни с физиологической точки зрения» (там же, С.37) (выд. мной, Л.Б.).

Совершенно очевидно, что констатируемая П.К.Анохиным невозможность суммирования на плазматической мембране приходящих к ней электрохимических посылок с элективным сохранением их информационного содержания **полностью исключает возможность адекватного выполнения нейроном своих системных обязанностей «вычислительным способом»**. Это в свою очередь означает, что все построения специалистов-нейроинформатиков XX-XXI веков, вплоть до самообучающихся перцептронов с бесконечным повторением намоленного магического заклинания: «нейро... нейро... нейро», летят в тар-тарары, вместе с непристойно взлелеянной ими моделью Питса-МаКаллока (рис.38).

Другим, не менее важным аспектом проблематики, которая обусловлена реальными свойствами живых (не формальных) нейронов - невозможность построения из таких элементов **устойчивых** по своему компонентному составу функциональных систем. А отсюда и выход на решение психофизиологической проблемы, и на компиляцию так называемых программ исполнительного действия, и на объяснение механизмов аппарата АРД.

Но, как известно: «Критика дело легкое. Честному уму приличествует дать нечто более совершенное» [М.В.Ломоносов].

Так, что же именно предлагает общая теория функциональных систем взамен классическим представлениям о нейроне как куске электропровода (дендрит→аксон) с входным расширением по току (на мембране), работающем под неусыпным присмотром первого закона Кирхгоффа?

Суть сформулированного П.К.Анохиным решения сводится к тому, что биоэлектрическая активность нейрона

детерминирована не синаптическими «возбуждениями», а множеством качественно разнородных, взаимовлияющих друг на друга факторов. Вследствие их сложной взаимосвязанности процесс генерации потенциалов действия всегда носит стохастический, вероятностный характер. Разумеется, то или иное внешнее (синаптически оприходованное) воздействие может трансформировать данный процесс, но результатом этого становится изменение лишь средней частоты разрядов нейрона, но никак не генерация им в ответ на внешний стимул одного или нескольких импульсов. И чем естественнее оказываются условия регистрации нейронной активности, тем отчетливее проявляется данная закономерность.

При внимательном и непредвзятом ознакомлении с содержанием статьи П.К.Анохина, становится ясно, что речь там идет о вполне конкретной альтернативной схеме развертывания процессов нейроорганизации. И ключевым в ней является принцип «устранения избыточного числа степеней свободы» нейрона в ходе формирования определенной функциональной системы, направленной на достижение приспособительного результата. Именно этот результат и становится императивным фактором детерминации активности нервной клетки путем подавления упомянутой выше «избыточности» её свобододействия.

Ну и как можно воспроизвести данный процесс в LabVIEW?

Для этого, с нашей точки зрения, необходимо предпринять определенный ряд шагов, связанных с радикальным пересмотром исходной модели.

Шаг первый. Итак, предположим, что совокупное влияние всех перечисленных выше факторов приводит к тому, что процесс генерации потенциалов действия приобретает стохастический характер. Т.е., любое влияние извне или изнутри может изменять (и то не всегда) лишь среднюю частоту разрядной активности нервной клетки. А конкретный момент генерации отдельного спайка определяется

только по критерию вероятности. На рис.51 представлена LabVIEW интерпретации сего этого.

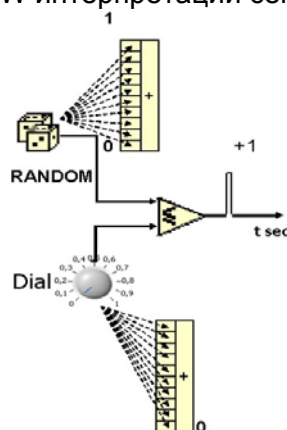


Рис.51. Схема простейшего генератора стохастически организованного потока потенциалов действия.

Чтобы разобраться как она работает, мысленно разобьём весь амплитудный диапазон выхода генератора случайных чисел Random на 10 равных интервалов: 0-0,1; 0,1-0,2...0,9-1. Вероятность того, что генерируемое в рамках любой из итераций число попадёт в один из этих интервалов равна 10% (т.е. $P=0,1$). Аналогичное мысленное разбиение на 10 таких же диапазонов проведём и для управляющего входа компаратора. Что в результате будет наблюдаться на выходе устройства, если на управляющем входе установить, например, уровень сигнала 0,1?

Ответ очевиден. Поскольку в 90% итераций (квантов времени) вбрасываемые генератором случайные числа будут попадать в область от 0,1 до 1, на выходе компаратора, как правило, будет сохраняться логический ноль. Лишь у 10% Random-вбросов числовой сигнал будет находиться в области от 0 до 0,1, и, как следствие, компаратор выдаст на выходе логическую единицу. В рамках какой именно из будущих итераций это произойдет, **заранее**, разумеется, **не известно**. Точно можно сказать лишь то, что

вероятность данного события составит 10%. Увеличение амплитуды управляющего сигнала Dial с 0,1 до 0,3 приведёт к возрастанию этой вероятности до 30%. Увеличение с 0,3 до 0,5 – до 50% и т.д. (рис.52).

Очень важный момент: На первый взгляд подача на управляющий (нижний) вход элемента «Less Or Equal?» сигнала с амплитудой, превышающей «1», ни к каким изменениям на его выходе уже не приводит. Ведь с математической точки зрения совершенно очевидно, что число, которое меньше «1», заведомо меньше «2» или «3». Однако не стоит забывать, что объектом рассмотрения являются нелинейные системы с довольно-таки странными свойствами. И вот для них, как выяснилось, уже небезразлично какой уровень там выставлен: «1» или «3».

Другой важный момент: Dial-регулятор отражает совокупность всех факторов, которые обуславливают стохастический характер генерации нейроном потенциалов действия.

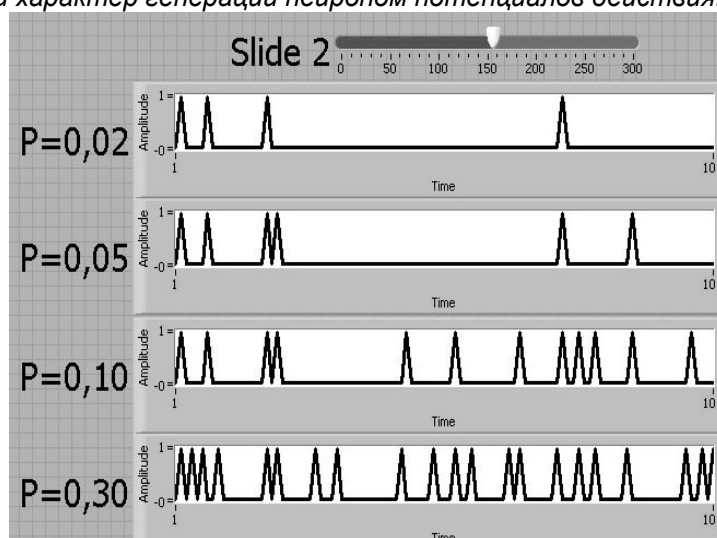


Рис.52. Нейронограммы, которые регистрируются при четырех различных уровнях постоянного сигнала, подаваемого на управляющий вход компаратора (0,02 – 0,3

Представленная выше схема являет собой результат четырехкратного повторения модели, работающей при различных фиксированных уровнях компарации.

Итак, объектом нашего анализа является вероятно-детерминированный процесс формирования последовательности биоэлектрических разрядов нервной клетки. На самом деле ничего экстраординарного в этом утверждении нет. Ведь открытый много десятилетий назад закон относительной рефрактерности с позиций теории вероятности есть не что иное как тщательно скрываемая нейроспециалистами констатация факта стохастичности поведения нейрона. И явление сенситизации тоже никакая не новость. И здесь тоже работает все тот же вероятностный принцип детерминации нейронной активности. Стоит только подчеркнуть, что и то и другое являются не реакцией нейрона на повтор внешних стимулов, а его «ответом» на свою же собственную импульсную активность. Если таковой нет (хотя «стимул» есть), то нет и всего остального.

Кроме того, результаты экспериментов по изучению явления оперантной детерминации разрядной деятельности нервных клеток убедительно свидетельствуют в пользу представлений о существовании быстропротекающих аналогов сенситизационных процессов [Stein L., Belluzzi J.D., 1989]. Речь идет о трактовке данного явления именно с позиций теории вероятности. Ведь открытый Э.Торндайком и детально проанализированный затем Б.Ф.Скиннером механизм есть не что иное, как изменение параметров стохастичности построения поведенческой активности различных представителей мира живой природы.

Небольшое естественно-научное отступление

Трудно себе вообразить что-либо более простое, чем изображенная на рис.51 схема, состоящая всего-навсего из трех элементов. Самый что ни на есть примитивный примитив. Но вот ведь какая интересная штука получается...

Если рассматривать данное устройство как классический пример норберт-виннеровского черного ящика, оказывается, что сигнал на его входе (**Dial**) реализует свою управляющую функцию не по известной ещё с древних времён схеме «стимул→реакция» $\{y=f(x)\}$, а совершенно иным, так сказать, нетривиальным способом - через **воздействие на вероятность** генерации этим самым ящиком его выходных импульсов.

Чтобы проникнуться духом неординарности подобного технического решения, стоит вспомнить, что же это такое вероятность и как она определяется самой естественной из всех известных на сегодняшний день естественных наук - физикой. Вот что говорит об этом выдающийся специалист в области квантовой механики и статистической физики Ричард Фейнман.

«Под вероятностью - пишет он, мы понимаем что-то вроде предположения или догадки. Но почему и когда мы гадаем? Это делается тогда, когда мы хотим вынести какое-то заключение или вывод, но не имеем достаточно информации или знаний, чтобы сделать вполне определенное заключение. Вот и приходится гадать: может быть, так, а может быть, и не так, но больше похоже на то, что именно так». «Мы можем говорить о вероятности исхода только тех наблюдений, которые собираемся проделать в будущем. Под вероятностью данного частного результата наблюдения понимается ожидаемая наиболее правдоподобная доля исходов с данным результатом при некотором числе повторений наблюдения» (ну, прямо как механизм **АРД** в теории П.К.Анохина - Л.Б.). «В своем стремлении узнать о природе вещей как можно больше современная физика обнаружила, что существуют вещи, познать которые точно ей никогда не удастся. Многочему из наших знаний суждено навсегда остаться неопределенным. Нам дано знать только вероятности» [Фейнмановские лекции по физике. Т.1. стр.102] (выд. мной, Л.Б.).

Если в свете этого замечательно сказанного вновь обратиться к рис.51, то получается, что мы имеем здесь дело с неким внутренне активным нейроноподобным устройством, которое иногда демонстрирует на своем выходе электрические импульсы, а иногда нет. Причем, единственный канал внешнего влияния на этот процесс осуществляется путем апелляции к «намерению» данного «черного ящика» сгенерить потенциал действия - к его «склонности» («желанию») сделать это. Однако, никакой уверенности в том, что такого рода призыв сработает, у нас нет и быть не может, поскольку управление работой рассматриваемого устройства происходит исключительно путем деликатного обращения к интимной сфере его «намерений».

Забегая вперед... Все дальнейшие наши LabVIEW системы будут собраны именно из таких неадекватных с технической точки зрения компонентов. Только вот влиять на желания каждого из них будет уже не «дядя с улицы», а соратники по их совместной трудовой деятельности, насобачившиеся использовать для этого другой, не менее настороженно воспринимаемый современной нейронаучной средой принцип – **принцип взаимоСОдействия**.

Прим. С позиций классической нейрофизиологии введение таких переменных как «желание» нервной клеткой производить потенциалы действия, её «преднастроенность» на их генерацию откровенно попахивает лженаучностью, или, в лучшем случае, отсутствием всестороннего знания всей совокупности факторов, обуславливающих возникновение потока биоэлектрических разрядов. То, что в физике такое «прокатывает» - ещё ни о чём не говорит. В нейрофизиологии свои строгие правила. Мол, тщательнее нада, товарищ, опыты свои стаить. Тогда, ни о каких «желаниях» нейронов и говорить не придётся. Но с фактами, как говорится, не поспоришь. В современной науке о мозге, точно также как в квантовой физике сто лет назад, принятие некоего аналога принципа неопределенности, по сути, становится сегодня неизбежным. Но об этом позже. А пока:

**Влияние пейсмекерного потенциала
на вероятность генерации ПД (рис.53, рис.54)
(MODEL-16-2021.vi)**

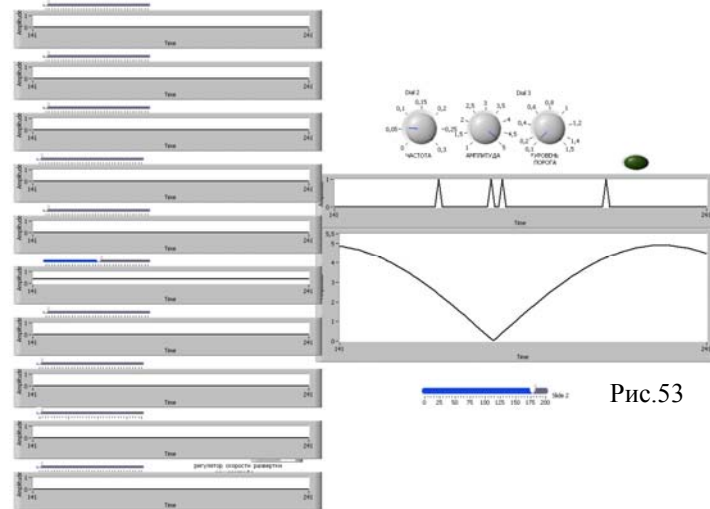


Рис.53

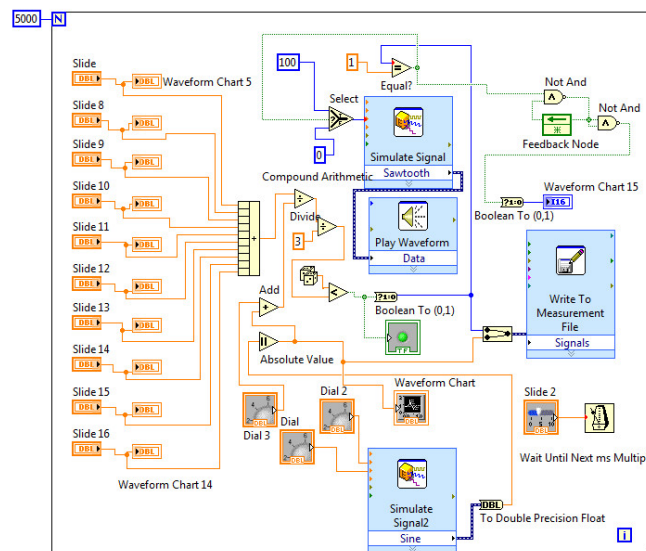


Рис.53, рис.54. MODEL-16-2021.vi

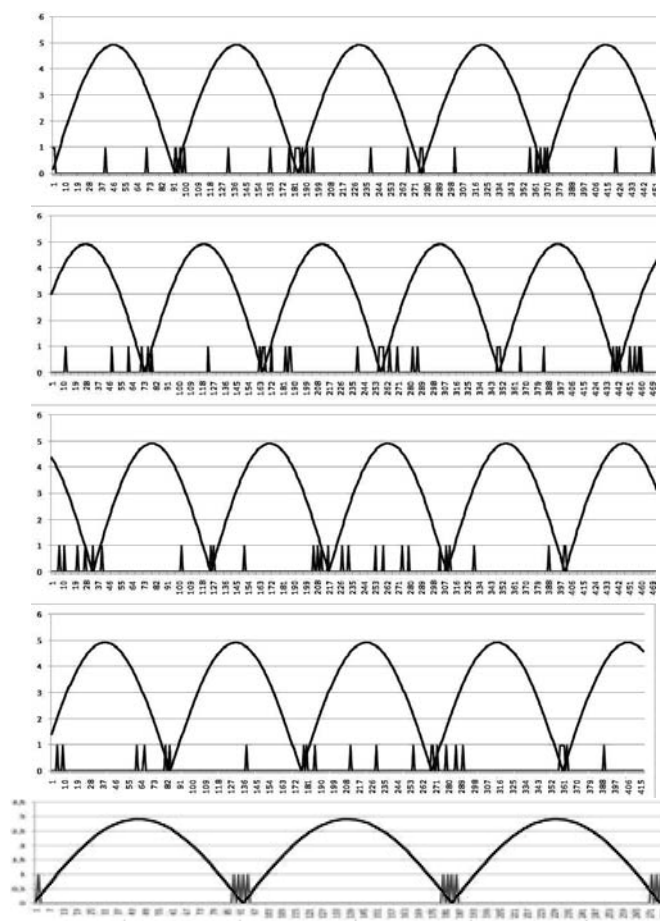


Рис.55. Разрядная активность квазиформального нейрона с пейсмекерным механизмом изменения уровня трансмембранного потенциала (четыре верхних графика). И для сравнения – то же самое, но в случае формального нейрона, представленного на рис.47-48. Это самый нижний рисунок.

Прим. Верхние четыре vi-нейронограммы это «один к одному» то, что мы реально наблюдаем в условиях нейрофизиологического эксперимента, а вот нижняя – плод большого воображения современных нейруинформатиков.

АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНА С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ, РЕАЛИЗУЕМОЙ ЧЕРЕЗ ВЕРОЯТНОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (MODEL-17-2021.vi)

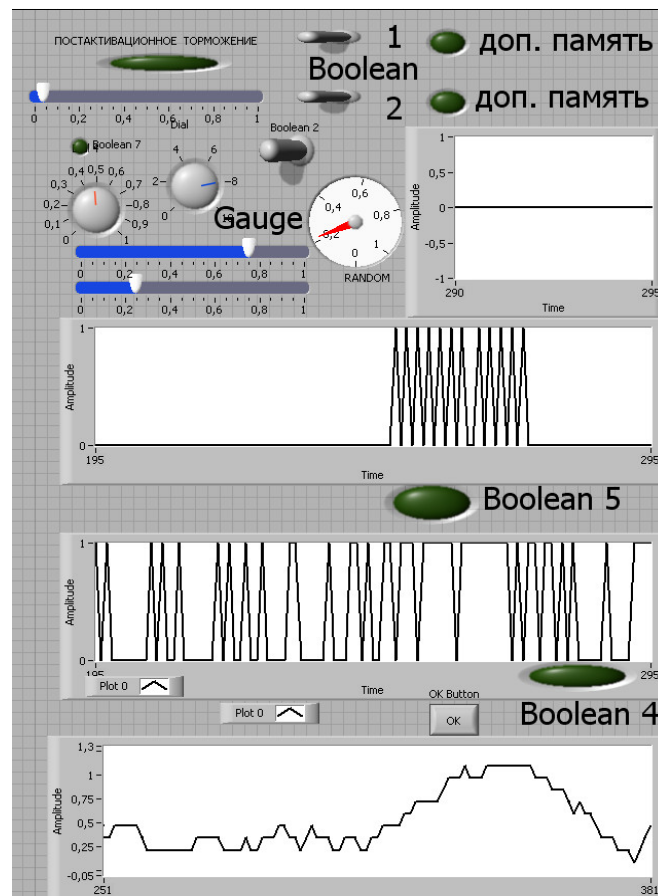


Рис.56. Лицевая панель модели **MODEL-17-2021.vi**

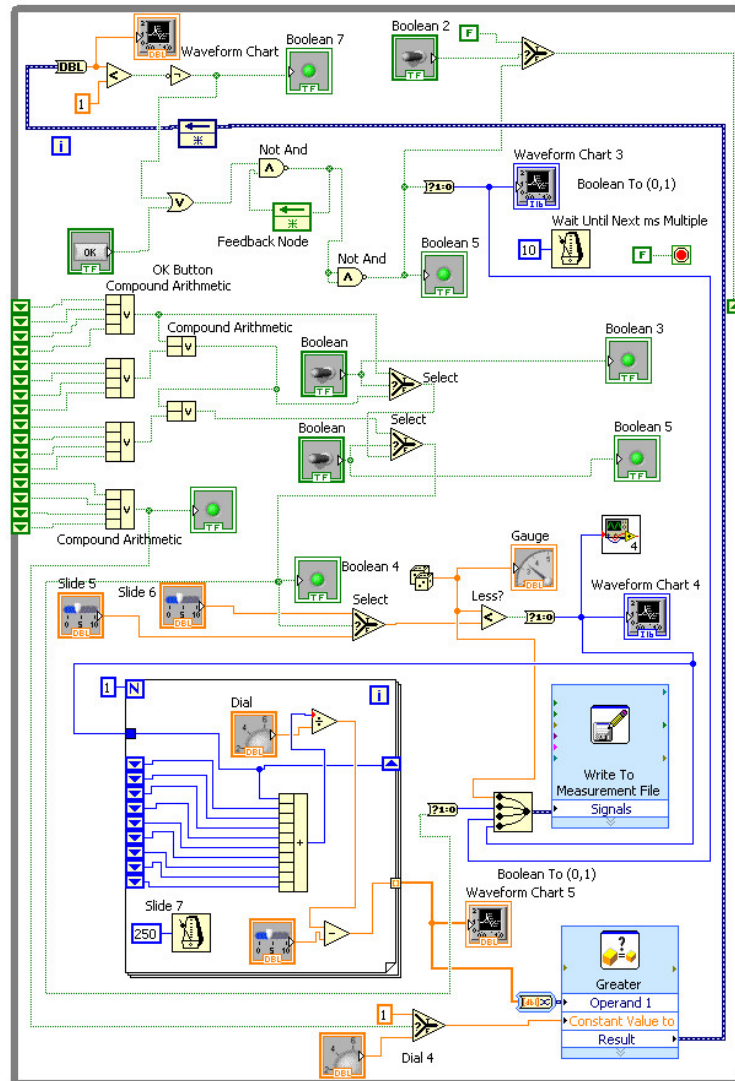


Рис.57. Блок диаграмма **MODEL-17-2021.vi**

LabVIEW формализация процесса устранения избыточного числа степеней свободы

При рассмотрении представленных выше LabVIEW разработок ортодоксально настроенный сторонник рефлекторной теории вполне справедливо может заявить, что никаких радикальных изменений в рамках привычной для него схемы «стимул-реакция» он здесь не видит. Мол, сваленные в одну кучу регулятором **Dial** (рис.51) габитуация, сенситизация, рефрактерность, пейсмерные потенциалы, функциональные обратные связи в синапсах – всё это не более чем **факторы модуляции** процесса синаптической передачи. А передачи чего понятно... Возбуждения, конечно. Просто в какие-то моменты времени передача эта может усиливаться или, наоборот, ослабевать или вообще блокироваться. Но как базовый механизм построения процесса межнейронного взаимодействия она присутствует всегда.

Обращает на себя внимание, что даже те специалисты, которые позиционируют себя в роли апологетов системного направления нейрофизиологических исследований, разделяют в точности такую же точку зрения. Весьма показательна в этом плане обзорная публикация по данной тематике в журнале «Успехи физиологических наук».1997. Т.28. № 1. С.27-46 (авторы: Никитин В.П., Судаков К.В.).

Открываем, смотрим, видим. В первых же предложениях текста 17 раз (!) воспроизводится одно и то же смыслогенерирующее словосочетание: «интеграция возбуждений», «суммация возбуждений», «возбуждений», «возбуждений»... и так до самого конца – установочное втюхивание читателю одной и той же бредовой идеи. То бишь того, что на нейрон синаптическим путем приходит одновременно куча «возбуждений», которые «интегрируются» (математическим способом, естественно) в единый выходной сигнал, содержащий суммарную информацию, поступившую перед этим на вход нервной клетки.

Все. Ничего в плане смыслового наполнения здесь больше нет. Концептуальная планка авторов четко обозначена. А жаль. Ведь в цитируемой работе П.К.Анохина есть ещё много чего другого, о чем авторы статьи считают возможным умалчивать. Например, об уже упомянутом механизме «устранения избыточного числа степеней свободы». О наличии развитого инструментария переноса метаболически ценных субстратов от субсинаптических областей нервной клетки в её центральные структуры. Об особенностях нейронального обеспечения узловых механизмов функциональной системы. И, наконец, о детерминирующей роли результата поведенческого акта в процессах формирования активности отдельной нервной клетки.

Да, согласен. Всё это звучит довольно фантастично. Например, то, что результат, который появляется только на завершающей стадии формирования функциональной системы, играет решающую роль в организации активности каждого системообразующего элемента на всех предрезультатных этапах её построения. Однако именно это всякий раз и происходит. Как конкретно?

Ответ: **результат реализует свою системообразующую миссию фактом своего отсутствия.**

Чтобы разобраться в том, как это происходит, рассмотрим вначале чисто феноменологическую сторону данного явления. На рис. 58 представлена соответствующая блок-диаграмма.

В рамках её структуры наличествуют четыре квазиформальных нейроморфных элемента, изображенных на рис. 51. Отличаются они лишь параметром вероятности генерации своих потенциалов действия. Ну и как следствие этого – характерным рисунком биоэлектрических разрядов на выходе. С каждым нажатием на кнопку ОК`Button удельный вес паттернов биоэлектрических разрядов, не соответствующих таковому у элемента №2 градуально уменьшается. В результате после ряда такого рода сдвигов происхо-

дит автосогласование параметров вероятности генерационного процесса у рассматриваемой группы элементов.

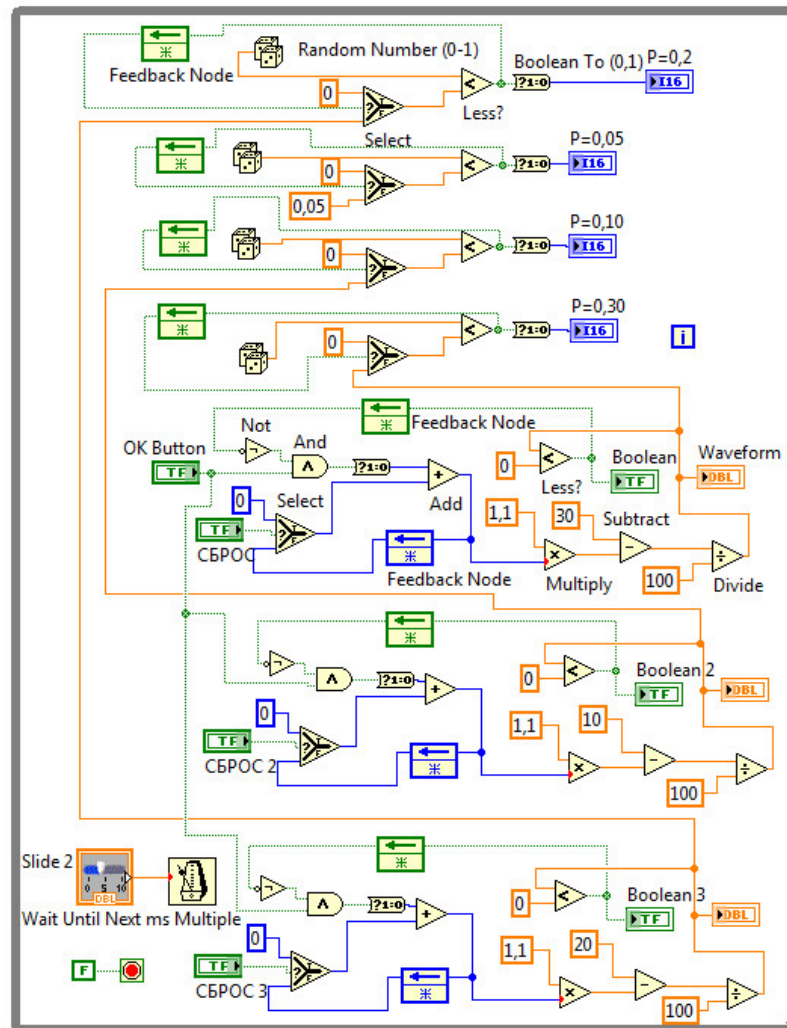


Рис.58. Блок диаграмма модели MODEL-18-2021vi

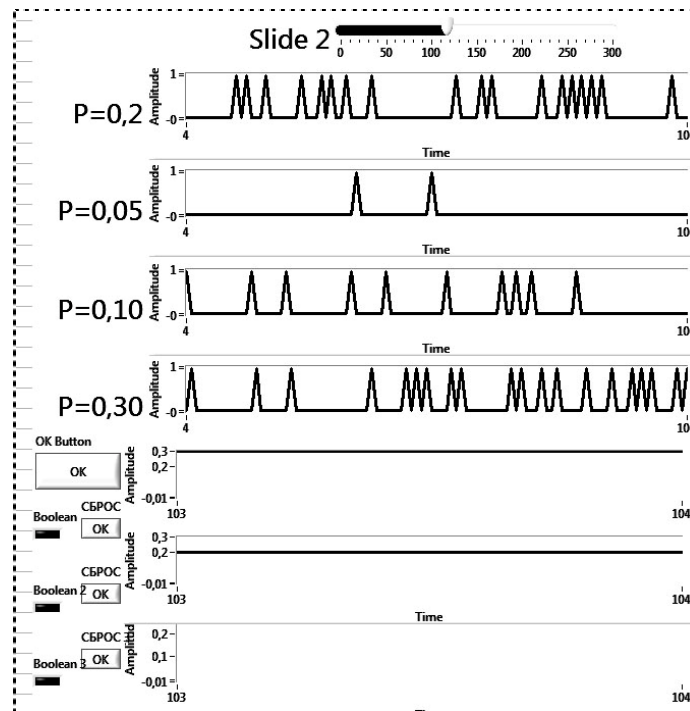


Рис.59. Face Panel модели, демонстрирующей процесс градуального устранения у нейрона «избыточного числа его степеней свободы» по П.К.Анохину (для начала - безотносительно к детерминирующей роли чего бы то ни было в этом процессе). В отличие от рассмотренных выше моделей здесь регулятор Dial, объединяющий весь набор детерминант нейронной активности уже отсутствует.

То, о чем выше шла речь – это пока всего лишь чистая феноменология. Описывая внешнюю сторону рассматриваемого явления, она не дает ответа на главный вопрос: кто и как периодически нажимает на эту самую кнопку **Ok-Button**, инициируя процесс градуально нарастающего устранения избыточного числа свободы нейроморфного элемента. Детальному разбору этого вопроса и будет посвящен следующий раздел монографии.

Заключение. Можно ли научить мыслить логарифмическую линейку?

«Попытки сделать машины, которые бы думали как люди, дали лишь поддержку теоретизированию о том, что люди якобы думают, как машины» [Б.Скиннер, 1977]

Можно ли научить логарифмическую линейку мыслить?

Для большинства психически здоровых людей (а таких среди нас ещё немало – некоторые даже помнят, что такое логарифмическая линейка) ответ на этот вопрос очевиден: конечно же, нет! Между тем специалисты, занимающиеся сегодня разработкой систем искусственного интеллекта и прочими подобными делами, похоже, так не считают. Вернее, если судить по тому, что они выкладывают на обозрение «почтеннейший публику», над такими вопросами никто из них просто не задумывается. А, зачем? Зарплаты, премии, гранты разные под это дело выдают и О`Кей. Что ещё современному ученому надо?

Впрочем, несмотря на очевидную абсурдность идеи реинкарнации простейшего вычислительного приспособления в носителя искусственного разума, некий резон в этом всё же есть. Действительно, ведь в ряду исключительных способностей Homo Sapiens (нескромно именующего себя «человеком разумным»), одно из первых мест занимает его умение производить точные математические расчеты. Ни один зверь на такое не способен. Только человек. А поскольку теперь уже не только он, но и сэволюционировавшее до уровня компьютера нехитрое деревянное приспособление, значит и оно после небольшой доработки в своем новом реинкарнационном воплощении потенциально тоже способно на нечто разумное. Да и вообще... Вот ежели взять, к примеру, не одну логарифмическую линейку, а миллион и добавить к ним ещё сложно организованную систему сервоприводов, приводящих по определенной программе в движение их шкалы – ведь это же какой навороченный свинтопрульный мозгопёр получиться может!

Но и это ещё не все. Первоначально задуманный как ЭВМ (в переводе с английского - «считалка») компьютер научили теперь ещё и интеллектуально извращенным способом («попиксельно») зрительные образы распознавать, писать музыку, стихи, картины, играть в шахматы, управлять автомобилем и делать ещё много чего другого из области проявления человеческого разума. Так, значит, триумф в достижении вершин искусственного интеллекта уже состоялся? Ну, или если пока ещё нет, то для решения поставленной задачи осталось совсем немного?

Нет! Подлинная правда заключается в следующем.

Сегодня мы стали свидетелями повторения грандиозного свершения, осуществленного людьми несколько тысячелетий назад – изобретения ими колеса. Да, действительно, человек создал, а потом широко растиражировал великолепный способ быстрого перемещения. В Природе ничего подобного нет, и никогда не было, ибо такой способ организации движения оказывается не эффективным практически в любых естественных условиях. Колесо бесполезно в ледяных торосах Арктики, в зыбучих песках пустыни, в буреломе тайги, в бесконечных болотах тундры, в горах, на просторах мирового океана. Ведь, колесу для реализации его уникальных скоростных возможностей нужна ещё и совершенно особая созданная людьми глобальная инфраструктура – искусственная среда, где есть рельсы, асфальтированные дороги, тунели метро, трамвайные пути, автозаправочные станции и т.д., и т.п. Только в этом случае колесо может начать эффективно работать.

То же самое и компьютеры. Идея инженеринга из логарифмической линейки разумного создания – вот, в сущности, чем занимаются в настоящее время разработчики подобных систем. И создадут. Не сомневаюсь. Только это будет не выход на сотворение машины, умеющей думать (технического аналога интеллекта человека), а нечто абсолютно оригинальное, ни на что не похожее: вроде радикально переустроенного «под колесо» мира для передви-

жения по искусственно проложенным в нём цифровым трассам. Те, кто считает возможным выделять сегодня на подобные проекты огромные деньги, изъяты ими из карманов честных налогоплательщиков, почему-то не задумываются над простым вопросом: а из чего, собственно говоря, наши инженеры так упорно пытаются построить этот самый искусственный разум? Из каких таких элементов?

Разработчики утверждают, что из нейроноподобных. Но ведь ещё сами авторы базовой модели «формального нейрона» неоднократно подчеркивали, что их логико-математическая конструкция к живой нервной клетке имеет, мягко говоря, весьма отдаленное отношение. Отсюда, кстати говоря, и название. А последующие нейрофизиологические исследования не просто подтвердили вердикт радикальной «формальности», но и убедительно показали: почему это действительно так и есть.

В результате, сегодня сложилась парадоксальная ситуация. По сути, мы получили два кардинально различных направления разработки мозгоподобных технических систем. С первым все ясно. Исходное утверждение о наличии у всех системообразующих элементов способности к решению задач логико-математической направленности. Ну а дальше на этой основе создаются многоуровневые самообучающиеся устройства, системы распознавания образов и т.п. Проще говоря, из миниатюрных вычислительных устройств создаются всё более и более сложные вычислительные же системы, которым абсолютно волюнтаристским способом присваивается статус «нейро».

А вот с действительным нейронаправлением такой ясности уже нет. Понятно только, что исходными здесь являются представления о системной специализации нервных клеток, как своего рода нейрогломкулусах. Т.е. о наличии в мозге большого числа нейронов, каждый из которых озадачен и озабочен решением задач организменного уровня, не обладая при этом ни малейшими математическими способностями.

Крайнее своё выражение такая точка зрения получила в представлениях о целедетерминированном характере активности нервных клеток [В.Б.Швырков, Ю.И.Александров, 1995]. Все проблемы сваливаются здесь именно на наличие в мозге микроносителей различных полноформатных интеллектуальных функций, организуемых не вычислительным способом, а в готовом, так сказать «под ключ», виде. Прямо как самые настоящие гомункулы, над схоластически возвеличенными домыслами о существовании которых народ вовсю напотешался ещё в средние века.

В общем, это тоже тупик. Как показывают результаты проведенных в последние годы исследований, заявляемая авторами целенаправленность работы нервных клеток на самом деле является эпифеноменом. Т.е. такого рода целенаправленность формально в ходе проведения нейрофизиологического эксперимента вроде-бы наблюдается, но в действительности никаких «нейронов цели» нет.

Причина возникновения данного явления заключается вовсе не в детерминации активности системоспецифичных нейронов извлекаемыми из памяти субъективными образами объективного мира. Решающая роль принадлежит здесь механизму взаимосодействия нервных клеток на получение ими общего полезного приспособительного результата. Именно процесс взаимосодействия является истинным материальным носителем психики во всех формах её проявления, включая и сам акт целеполагания.

О том, как на самом деле возникают предрезультатные (целедетерминированные) паттерны нейронной активности пойдёт речь в заключительном разделе монографии. Там же будет представлен и «детский конструктор», позволяющий любому желающему, так сказать, «в домашних условиях» заниматься воспроизведением и всесторонним изучением данного уникального явления живой Природы, не залезая при этом микроэлектродами в мозг человека и животных.

ЧАСТЬ III

КОНЦЕПЦИЯ НЕЙРОСИНЕРГИЗМА

«Любое открытие нового закона полезно лишь тогда, когда из него можно извлечь больше того, что в него было вложено» [Ричард Фейнман]

Итак, согласно общей теории функциональных систем, базовым механизмом формирования разрядной активности отдельного нейрона в естественных условиях является процесс устранения избыточного числа его степеней свободы будущим результатом. На сегодняшний день это уже не предположение, не научная гипотеза, а экспериментально доказанный факт.

Но вот ведь какой занятный отсюда следует вывод...

Согласно представлениям П.К.Анохина, появление в поведенческом континууме человека и животных любого полезного приспособительного результата объективно свидетельствует о наличии полноценной функциональной системы, которая, собственно говоря, и обеспечила его достижение. Никаким иным способом (т.е. вне развертывания полноформатных системных процессов) результат возникнуть не может. А раз такая система есть, значит, «по определению», в соответствующий период времени наличествует и процесс взаимодействия определенного комплекса центрально-периферических компонентов – абсолютно синергетическое в своей базовой интерпретации явление.

Таким образом, констатация процесса устранения избыточного числа степеней свободы полезным приспособительным результатом равносильна заключению о непрерывном возникновении в тех же временных рамках синергетической формы взаимоотношений между системообразующими элементами.

Чтобы проиллюстрировать, как именно это происходит, несколько лет назад была предложена очень простая

электромеханическая модель, имитирующая работу двигательных единиц мышечной группы (рис.60).

На рисунке представлена схема гипотетической конструкции, состоящей 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 электроимпульса от генератора 10 приводит к втягиванию сердечника 2 в катушку 1.

В результате, шток 4 сдвигается внутрь втулки 5.

Соответственно, пружина 6, прикрепленная к стене камеры 7, растягивается, и вся система перемещается на небольшое расстояние (ΔX) 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 микроинтервалах времени, соответствующих сигналам, поступающим только от индивидуального генератора данного соленоида.

Графически регистрируемый датчиком 14 сигнал будет начинаться с нулевого уровня, независимо от текущего состояния всей системы в целом (длина ее общего растя-

жения 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.

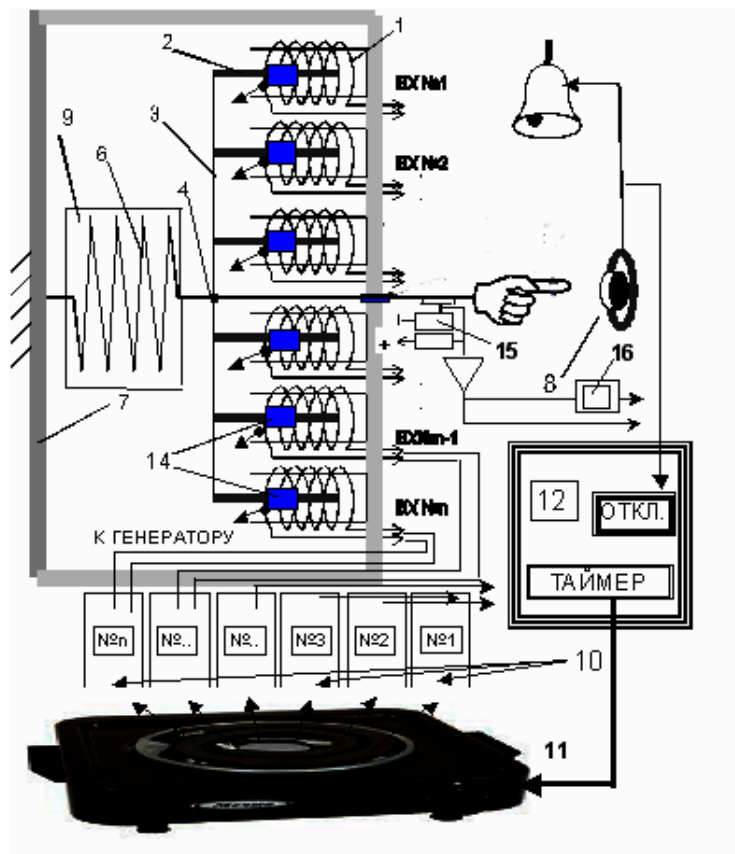


Рис.60.

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 высокоамплитудных 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 высокоамплитудных реакций.

При дальнейшем нарастании 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 периодом число вовлекаемых в этот процесс исполнительных элементов будет неуклонно возрастать, вызывая более-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. Процесс само-

организации системы инициируется здесь «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 избирательное пространственно-структурированное тепловое воздействие.

Теперь, то же самое, но уже применительно к работе биологических нейронов.

Фантастическое, но вполне научное допущение

В плане развития представлений П.К.Анохина о детерминирующей роли результата в процессах формирования нейронной активности, его учениками был обоснован и другой, значительно более выразительный по уровню своей радикальности вывод. А именно, заключение о том, что *«**каждый** импульс нейрона в целостном поведении детерминирован системными процессами всего поведенческого акта и в конечном итоге предметным отражением среды»* [Швырков В.Б. «Проблемы нейрофизиологии поведения». В сб.: Системные аспекты нейрофизиологии поведения.1979а. С.17].

Или вот другой вариант коннотации того же самого источника: *«**каждый** импульс **каждого** нейрона в целостном поведении оказывается детерминированным системными процессами всего поведенческого акта и в конечном итоге субъективными образами объективного мира»* [Швырков В.Б. О единстве физиологического и психического в поведении. Психологический журнал.1981. Т.2. №2. С.28] (выд. мною Л.Б.).

Нетрудно понять, что принятие такой нетривиальной трактовки основного положения теории П.К.Анохина существенным образом расширяет методические рамки анализа нейронной активности. Помимо традиционных способов

нейрофизиологического исследования, становится возможным применение классического метода общей психологии – так называемого метода «эмпатии». Проще говоря, специалист-нейрофизиолог, не теряя остатков своего научного достоинства, может ненадолго представить себя в роли системоспецифичного нейрона и, как бы, «влезая в шкуру» этого удивительного творения живой Природы, посмотреть на окружающий мир его «глазами».

Для системоспецифичных нейронов (так называемых, «нейрогомункулусов»), которые предположительно работают на том же уровне озадаченности, что и организм в целом, такое допущение ни в коей мере не является спекулятивным. Однако начинать подобный акт реинкарнации в системоспецифичную нервную клетку лучше всего с её предтечи – с нейрона двигательной единицы.

Ну и что в результате такой метаморфозы человек-нейрон может узреть?

А вот что...

Итак, ты идентифицировал себя в качестве мото-нейрона. В итоге обнаруживается, что у тебя есть спонтанная импульсная активность. Причем, каждый непроизвольно исторгаемый тобой импульс (как своего рода «вздох», «тик», «ик», «чих» или ещё того хуже) вызывает небольшую реакцию у иннервируемой мышцы. Об этом тебя информирует её проприорецепторный аппарат. Он вроде бы сообщает о двигательном эффекте исключительно твоей индивидуальной импульсной деятельности, но на самом деле, это всегда оказывается информацией о сокращении всей мышцы в целом после каждого непроизвольно сгенерированного тобою одиночного потенциала действия.

Здесь возможна и другая интерпретация того же самого. А именно, генерируемый потенциал действия вызывает микронапряжение целевого субстрата – напряжение, которое почти всегда «тонет» в «вязком болоте» противодействия массы неактивных на данный момент мышечных волокон. Однако уровень такого рода вязкости не является

константным. В какие-то (поначалу случайные) моменты времени сила указанного противодействия неожиданно резко падает, в результате двигательный эффект твоего вроде бы стандартного биоэлектрического импульса оказывается вдруг аномально большим. Обращает на себя внимание, что весь этот нескончаемый коллективный «push-pull» разворачивается на уровне нейроподобного объекта, не обладающего специальными рецепторами системного уровня. То есть, **непрерывно текущее функциональное состояние всего исполнительного органа в целом никак не отслеживается**. Методом «стробирования» целевого субстрата детектируются исключительно микровременные последствия твоей собственной индивидуальной импульсной активности. И все! Но что при этом происходит?

Оказывается, что континуум спонтанно генерируемых тобою абсолютно стандартных по своим параметрам биоэлектрических импульсов характеризуется совершенно разными двигательными последствиями. В одних случаях почти ничего вслед за этим не случается, а в других, на первый взгляд точно таких же, ты получаешь информацию об аномально большом результате.

Ещё раз: почему? Да просто в силу того, что твой потенциал действия (ПД) случайным образом совпал по времени с процессом генерации аналогичных ПД другими мотонейронами, которые иннервируют ту же самую мышцу. Ну и шо?

Шо-шо... А дальше в строгом соответствии с «законом эффекта» Торндайка-Скиннера у тебя возникает большое желание закрепить неожиданно свалившееся тебе на голову счастье: повторить успех, постараться незамедлительно выдать после аномального по своим последствиям потенциала действия новый в точности такой же или как минимум повысить вероятность его спонтанной генерации. Другими словами, возникает «стремление» повлиять на свою фоновую импульсную активность в сторону её

временной интенсификации. Тем более, если ты твердо решил позиционировать себя в этом мире именно в роли неформального (системоспецифичного) нейрона.

Нечто подобное происходит и у других человеко-нейронов, случайно сработавших с тобою «в такт». В результате, не имея никаких прямых (синаптических) контактов, вы все начинаете ощущать присутствие друг друга. Причем, не персонифицировано, а как некую довольно странную интегральную (наиндивидуальную) реальность, наделенную особыми психофизическими свойствами. В реализационном же плане, возникает феномен взаимосодействия на достижение общего, единого для всех результата, коим поначалу является всего лишь перевод исполнительного органа в рабочий режим - в режим «функционального органа индивида» по А.Н. Леонтьеву (1975).

А почему, собственно говоря, для нервной клетки критически важным является установление факта своей сопричастности процессу системообразования? С какой стати нейрон начинает вдруг интересоваться последствиями своей **индивидуальной** активности на системном (**надиндивидуальном**) уровне? И насколько стабильным является такого рода интерес? Последний вопрос, как это станет понятным из последующего изложения, имеет исключительно важное (прямо таки, наиважнейшее!) значение.

Обойти вниманием перечисленный выше ряд проблем, действительно, ну никак нельзя. Ведь, не стоит забывать, что с биологической точки зрения процесс генерации потенциалов действия это смертельно опасная работа, которая требует колоссальных затрат энергии. Неслучайно, мозг потребляют несоразмерно своему живому весу кислорода и глюкозы. И неслучайно нервная клетка довольно быстро погибает, когда её принуждают работать в режиме повышенной активности.

Так почему же, несмотря на это, нейроны не боятся заниматься подобными делами? Где, спрашивается их ин-

стинкт самосохранения? Ведь, ежели они не на словах, а на деле являют собой «организмы в организме» [Шеррингтон, 1969], проблема эта никак не является надуманной.

Первая версия ответа. К изнурительной работе их просто-напросто принуждают безжалостные нейроны-соседи, которые банальным стимул-реакционным способом «выбивают» у несчастной нервной клетки биоэлектрические разряды. Однако остается не ясным, почему при этом перестает работать имеющийся у неё в распоряжении механизм габитуации (механизм посылания любых раздражителей себя, любимой, куда подальше)?

***Прим.** Здесь принцип уподобления нейрогломункулусу уже работает «в обратную сторону», т.е. от системоспецифичного нейрона к его исследователям, о которых кто-то когда-то правильно сказал: «Странные люди – эти нейрофизиологи. Да и можно ли вообще называть людьми этих садистов? Ведь у каждого из них руки по локоть в крови бедных, ни в чём не повинных беззащитных живых существ» (это в порядке самокритики).*

Версия вторая. Любой нейрон и его подельники образуют некую синергетически сплочённую группу системообразующих элементов, работающих на основе принципа метаболической межклеточной кооперации. Только по этой причине каждый из них, выдавая очередной потенциал действия, «интересуется» результатом содеянного им на системном уровне. Связано это с тем, что сразу после генерации нервной клеткой очередного потенциала действия всякий раз резко увеличивается проницаемость её плазматической мембраны к различным органическим соединениям [Balear V., Jonston G., 1972; Hopfer V., Groseclose R., 1980; Keller K. et al., 1981; Mata M. et al., 1980; Yarowsky P. et al., 1980]. Именно этим объясняется факт радикального возрастания так называемой химической чувствительности нейрона в условиях подведения к нему определенных веществ в режиме оперантной детерминации [Бобровников Л.В., 1985, 2003].

Наличие у нервной клетки особого типа метаболизма – метаболизма действия – проявляется и в другой форме. А именно в том, что в рассматриваемый период времени возникает огромный приток к ней метаболически ценных субстратов в составе немедиаторной компоненты синаптических выделений.

О существовании специальной транспортной системы переноса подобных веществ от субсинаптических областей нервной клетки в её центральные структуры («сборочные цеха» пептидов и белков) подробно рассказал П.К.Анохин в своей обзорной публикации 1974г. (рис.61).

Учитывая наличие быстро появляющихся и стремительно исчезающих микрообластей метаболического изобилия, карта головного мозга приобретает новое содержание. Тем более, как уже отмечалось, указанные биохимические изменения помимо всего прочего выступают и в роли важнейших детерминант биоэлектрической активности. Если вернуться к приведенной выше ссылке П.К.Анохина на предложенное Буллоком определение «степени свободы нейрона» (см. стр.99 настоящей книги), то предлагаемая нами схема как раз и отражает основной закон динамики этих самых внутренних состояний. Это к поставленному выше вопросу о том, кто нажимает кнопку “OkButton” (см. стр.116: рис.59).

Здесь само-собой напрашивается сравнение происходящего с тем, что наблюдается в поведении животных в процессе формирования теплопродуктивной группы в условиях резкого похолодания. Т.е., когда каждый соучастник данного процесса, привнося своей микровклад в образовании локального источника коллективного обогрева, одновременно получает необходимую для сохранения своей жизни порцию тепла. Происходит это в результате синхронизации индивидуальной двигательной активности во времени и пространстве. Проще говоря, все мышцы должны **одновременно** оказаться **в одном и том же месте** экспериментальной камеры.

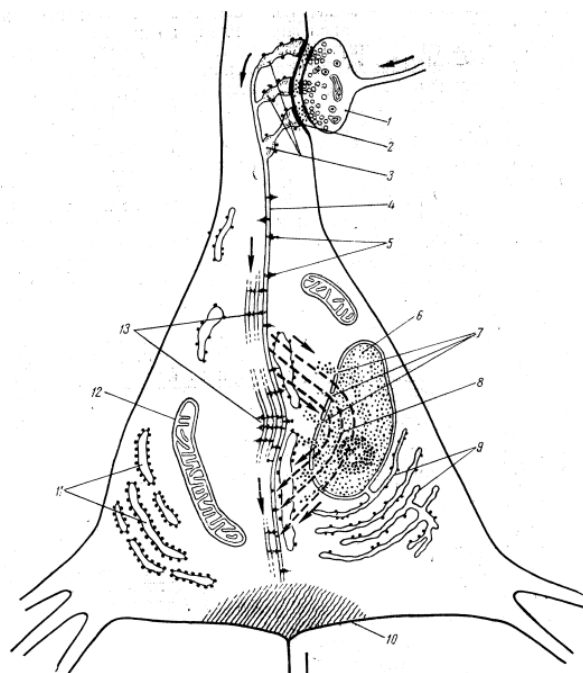


Рис.61. Обобщающая схема, которая, по мнению П.К.Анохина, наиболее точно отражает последовательные этапы реализации процесса синаптического межнейронного взаимодействия. "Как видно, от синаптосомы и через субсинаптическую мембрану идут процессы, которые на субсинаптической стороне формируют химию, способную провести метаболический взрыв в субсинаптической мембране, продолжающийся до области ядра и до аксонного холмика. 1- синаптосома; 2- субсинаптическая мембрана; 3- субсинаптические цистерны; 4- дендритная микротрубочка; 5- шипиковое образование; 6- ядро с рибосомами; 7- поры ядерной мембраны; 8- область химических процессов с участием ядерной РНК и эндоплазматического ретикулума; 9- эндоплазматический ретикулум; 10- аксонный холмик; 11- эндоплазматический ретикулум; 12- митохондрия; 13- область тесного контакта между химическими процессами в трубочках." [Анохин П.К., 1974. С.71].

В случае же нейронов действует значительно более простая и вместе с тем более сложная схема. Нервные клетки объективизируют свое присутствие в составе группы исключительно своими потенциалами действия. Именно временная синхронизация последних и создает для каждого из нейронов появление огромного вброса метаболической благодати в составе немедиаторной компоненты синаптических выделений. Мыши получают тепло, а нейроны – необходимые им для жизни метаболически ценные субстраты, не забывая при этом одаривать таковыми и своих подельников. Речь, так сказать, идет о коллективном доступе в супермаркет со всякими разными необходимыми для жизни продуктами. И чем согласованнее такие нейроны работают, тем выставляемая им «корзина метаболитов» оказывается солиднее.

Возможны и другие трактовки происходящего. Но в любом случае главным является то, что особенности организации любых подобных контуров обратной связи обеспечивают нейрону градуальный характер оценки последствий его спайковой активности. Не: да-нет, а **больше-меньше**. Такого рода градуальность может быть следствием как мультисинаптичности функциональной связи с набором мышечных проприорецепторов, так и результатом повышения длительности пачки импульсов от одного проприорецептора. Это не важно, кто и как именно обуславливает вброс в синаптическую щель кучи везикулярного матрикса.

В качестве утешения нейрофизиологов старой рефлекторно ориентированной школы рассмотренную аналогию можно немного изменить. Предположим, что биологический нейрон это простая микрореакционная машина, а процесс взаимодействия группы нервных клеток в действительности приводит всего лишь к повышению уровня сенситизации («предрасположенности») каждой из них к банальному реагированию на внешнюю стимуляцию.

Ну, допустим... Однако артефактом сего неизбежно становится не только повышение нейрочувствительности к различным синаптическим влияниям, но и к сдвигу уровня пейсмекерного потенциала, к ФОС модификации квантового состава синаптической передачи, и к ещё бог знает чему. В результате сугубо рефлекторно преднастроенный микро-дивайс приобретает свойства, выходящие за рамки простого реагирования на наносимые ему раздражители. И это, по сути, новое измерение нейронной активности, неизбежно накладывается на общую схему биоэлектрических процессов, протекающих в объеме целого мозга.

Вышесказанное в полной мере относится не только к нейронам, проявляющим свойство системоспецифичности, но и к другим клеткам такого типа.

Для иллюстрации сказанного на рис.62 изображено несколько нейронов, находящихся в разных чашках Петри, наполненных раствором для их культивирования.

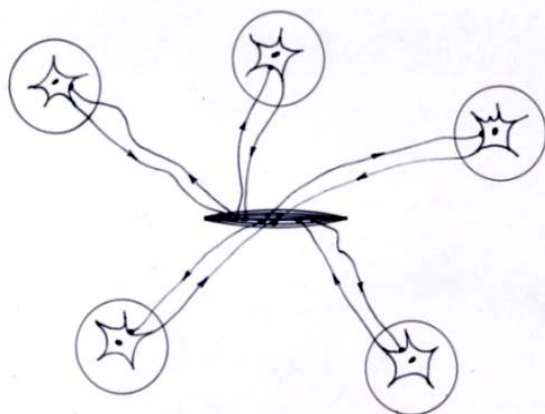


Рис.62. Мышца – субстрат, посредством которого синаптически несвязанные между собой нейроны получают возможность обмениваться биологически значимой для них информацией, не обладая при этом прямыми синаптическими связями друг с другом.

По нейрофизиологической классике изолированные таким способом клетки в принципе не могут воспринимать биоэлектрические разряды друг друга, а, значит, и обмениваться синаптическими «возбуждениями», «торможениями», «информацией» (нужное подчеркнуть). Как следствие никакими математическими способностями для совместного решения общих задач им обладать тоже не надо.

Однако эти клетки, как видно из рисунка, иннервируют сократительные волокна одной и той же мышцы. Причем, генерация мотонейроном каждого потенциала действия с тройным запасом надежности вызывает появление аналогичного потенциала действия у соответствующего миоцита и, как следствие, генерацию им элементарного «мышечного» микронапряжения.

Регистрация двигательных последствий одного по этой причине равнозначна восприятию сгенерированного нейроном в данный момент времени биоэлектрического разряда.

Почему это так важно?

Дело в том, что согласно современным нейрофизиологическим представлениям каждый мотонейрон является микрообразованием, специализированная функция которого состоит в сокращении всей мышцы. Только это создает глобальный приспособительный эффект, обеспечивающий выживание как организма в целом, так и самого нейрона. Пример: дыхательная функция. Её прекращение означает скорейшую смерть организма со всеми его клеточными компонентами. Но один мотонейрон не может решать подобные задачи (по сути, проблему своего собственного выживания). Одно-единственного **потенциала действия** (гениальное словосочетание, придуманное нашими мудрыми предками! Именно потенциала, а не самого его...) индивидуальной активности для этого не хватит. Желаемый результат может быть получен только благодаря согласованной деятельности множества иннервирующих данный орган клеток. Отсюда вопрос: а как это достигается?

Две принципиально разные схемы мультинейронной конвергенции: на плазматическую мембрану одной постсинаптической клетки и на мышечный субстрат, состоящий из завязанных в единый блок миоцитов. В первом случае – пресинаптические нейроны не имеют возможности влиять на параметры разрядной деятельности друг друга. Они пребывают, так сказать, в функционально разобщенном состоянии. А вот во втором случае уже нет. Непременное наличие контура проприоцепторной сенсорики приводит к тому, что иннервирующие одну и ту же мышцу нервные клетки оказываются вовлечены в совершенно особую форму функциональной взаимосвязи. Активность каждой из них уже детерминирована процессом генерации потенциалов действия других нейронов. И реализуется такого рода влияние только через изменения вероятности. Никакую суммарную синаптически оприходованную информацию с последующей её сложной математической обработкой производить теперь уже нет необходимости.

Прим. Когда какая-либо группа нейронов конвергируют своими потенциалами действия на одну и ту же нервную клетку, они, эти нейроны, не получают никакой информации о поведении друг друга (если, конечно, между ними нет прямых синаптических контактов). А вот в случае в точности такой же конвергенции на общий для них мышечный субстрат, те же самые нейроны такую информацию уже получают. Пусть, и не в совсем обычной форме.

LabVIEW ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МОДЕЛИ «ПАЛЕЦ-КНОПКА» (MODEL-19-2021.vi)

В среде объектно-ориентированного моделирования поведение отображенной на рис.60 электромеханической системы можно воспроизвести следующим образом.

Блок диаграмма соответствующего устройства приведена на рис.63, а лицевая панель – на рис.64.

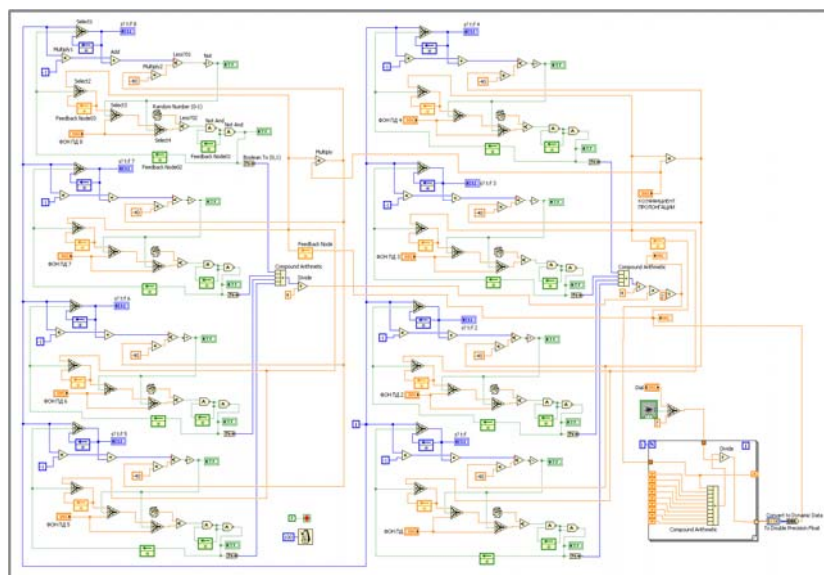


Рис.63. Математический алгоритм, кодирующий работу **MODEL-19-2021.vi**, которая воспроизводит процесс возникновения синергорезонанса у простейшей восьмиэлементной функциональной системы.

Рассматриваемая система включает в себя 8-мь неформальных нейронов, обладающих способностью самопроизвольно переходить в состояние синергорезонанса, в точности так же, как это происходит с элементами представленной выше модели (рис.60).

Начинается сей процесс в тот момент, когда один из нейроморфов случайно обнаруживает, что генерируемый им в случайном порядке потенциал действия неожиданно получил на системном уровне аномально большой по величине «отклик» («никогда такого не было – и вот опять...»).

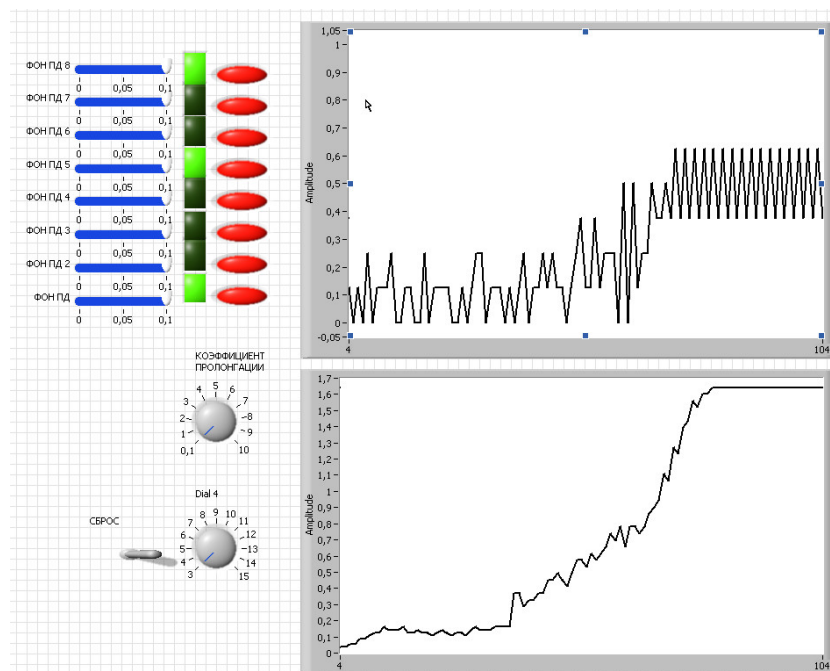


Рис.64. Лицевая панель **MODEL-19-2021.vi**

Данная разработка состоит из восьми довольно простых блоков, последовательные этапы созидания которых осуществлялись следующим образом.

Шаг первый. Берем базовую схему (рис.51) формирователя стохастической последовательности стандартных по своей амплитуде и продолжительности импульсов.

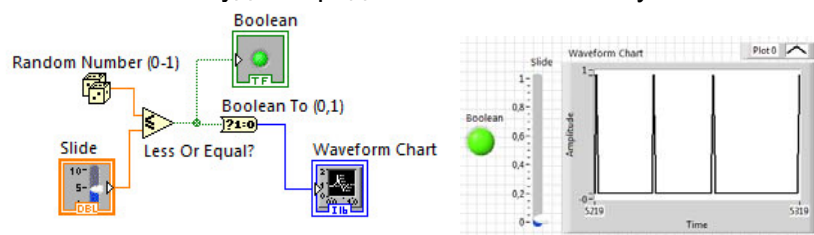


Рис. 51 → 65.

Шаг второй. Добавляем микроблочок абсолютной рефрактерности (2 шт. Not And + Feedback Node). В результате на выходе данного устройства в любом режиме его работы исключается возможность возникновения потенциалов действия в смежных итерациях, точно так же, как это происходит и у живого нейрона (рис.66).

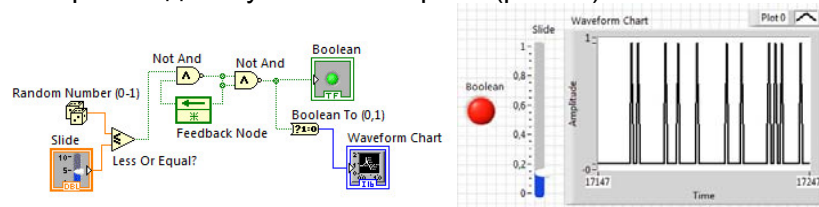


Рис.66

Шаг третий. Создаем информационный канал постспайкового запроса на системный уровень (цепочка **Feedback Node 02 – Select**). В итоге после каждого сгенерированного данным нейроморфным элементом импульса он на одну итерацию переключает линию «ФОН ПД» на линию «СИСТЕМА» (рис.67). Соответственно в этот квант времени уровень вероятности генерации очередного ПД будет определяться не его внутренним регулятором, а текущим состоянием суммарного выхода всей системы в целом.

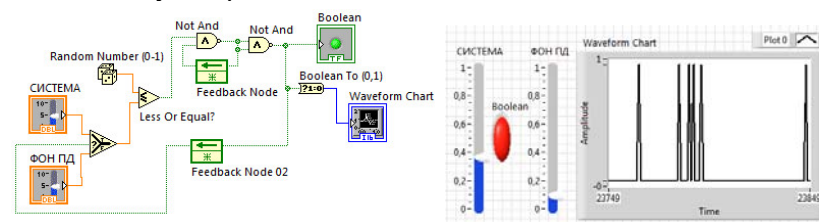


Рис.67

Если рассматриваемый элемент окажется при этом «в гордом одиночестве», то такое переключение ровным счётом ничего не изменит. Но если его ПД совпадет по времени с аналогичным ПД другого элемента, то для них

обоих (и только для них!!!) генерция следующего ПД будет облегчена в 2 раза. Например, с микроскопического уровня 3% до не менее микроскопических 6%. Но этого, как выяснилось, вполне достаточно для начала развития цепной реакции перехода всей системы в целом в качественно новое (высокоорганизованное) состояние.

Шаг четвертый. Рассмотренный выше сценарий на самом деле является нереализуемым, поскольку каждый элемент системы, подобно живому нейрону, наделен механизмом абсолютной рефрактерности. В результате, воспользоваться полученным в ходе взаимодействия облегчением в реализации генерационного процесса он в принципе не может. Кратковременная сенситизация в период рефрактерности - все равно, что брачная ночь без невесты. Поэтому (как и в случае своего биологического прототипа) мы вводим блок пролонгации на несколько микроквантов времени достигнутого путем автосинхронизации повышения вероятности генерации ПД (рис.68).

Здесь **Feedback Node 02** и **Select 02** ненадолго удерживают сигнал с выхода системного сумматора, а расположенный в верхней части диаграммы контур **Feedback Node 01** и **Select 1** → **Less?** → **Not** пролонгируют эту величину на интервал времени, длительность которого прямо пропорциональна амплитуде сигнала на выходе системного сумматора (рис.68). Лицевая панель данного устройства, а также характерные кривые, наблюдаемые в ходе её работы на экранах осциллографов, представлены на рис.69.

Action. В целом, функционирует эта схема следующим образом. Генератор последовательности случайных чисел двойной точности («**Random Number**») формирует на выходе элемента «**Less?**» короткий одноитерационный импульс ТТЛ-логики (рис.70). Пройдя через преобразователь **Boolean To (0,1)**, он трансформируется в стандартный по длительности и амплитуде числовой сигнал («потенциал действия»=ПД). Единственным отличием таких ПД друг от друга является вероятность их генерации в рамках непре-

рывного потока стандартных импульсов. Определяется эта вероятность уровнем сигнала на нижнем коннекторе элемента «Less?».

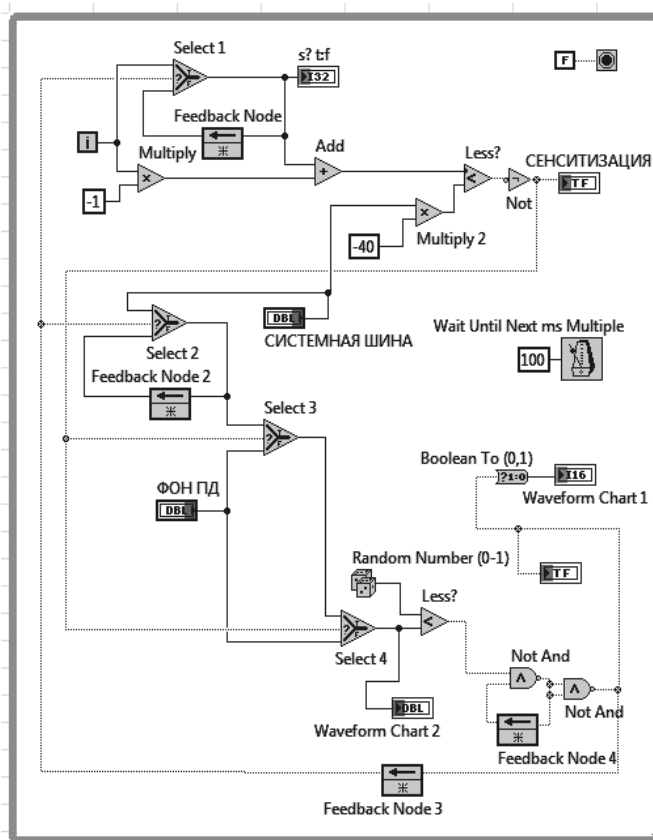


Рис.68. Блок-диаграмма MODEL-20-2021.vi

В исходном состоянии в рамках каждого из 10-ти каналов системы (на рис.70 представлены только два из них) функционирует исключительно контур: «**Slide 5—Select02—Select01—Less?**», который аperiodически формирует на соответствующем входе **Compound Arithmetic** потенциалы действия. В силу низкой частоты их следования на выходе

сумматора почти всегда наблюдается простейший поток числовых единиц.

Однако особенность работы рассматриваемой системы состоит в том, что иногда в рамках какой-то заранее непредсказуемой итерации (кванта времени) совершенно случайным образом происходит наложение стандартных по амплитуде и продолжительности потенциалов действия.

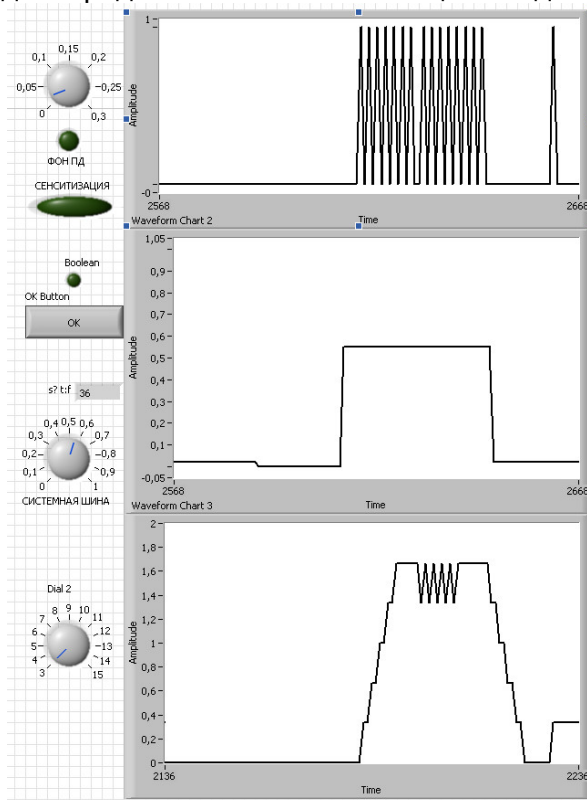


Рис.69. Лицевая панель MODEL-20-2021.vi

В результате, вместо банальной единицы на выходе неожиданно появляется число «2» (два). Это, в свою очередь, приводит к тому, что через контур обратной связи

данная числовая величина транслируется на нижний pin элемента **«Multiply?»**, который умножает «фоновую» **величину вероятности** генерации ПД на число «два», в два раза облегчая тем самым процесс появления следующего спайка. Причем, только тем двум нейронам, которые обеспечили аномально большой сигнал на выходе системы (**исключительно им!**)

Почему можно уверенно утверждать, что нейроморфные элементы, которые не участвовали в процессе образования аномального по величине выходного сигнала, не могли получить указанного облегчения своей работе?

Да, очень просто. Дело в том, что «прозванивание» через контур **Feedback Node 01** (рис.70) состояния этого самого выхода каждым из нейронов происходит в строго индивидуальном порядке и только в тот момент времени, когда осуществляется генерация «своего» потенциала действия. Это тот самый случай экологически валидного осенсоривания моторики, о котором говорили ещё великие физиологи прошлого как об универсальном принципе построения любого эффекторного органа (в нашем случае – отдельной двигательной единицы).

Прим.1. Если указанное совпадение случится одновременно не в двух, а в трех каналах – аналогичный эффект облегчения (сенситизации) объявится через механизм обратной связи в каждом из них. Причем, увеличится не в два, а сразу в три раза. Но для первого синхронного попадания «в такт» это большая редкость. Как правило, сначала все ограничивается банальным «дуплетом».

Прим.2. То, что поступающий по каналу ОС постспайковый сигнал о результатах содеянного этим ПД на мышечном субстрате отражает интегральную (так сказать, наделённую инерционной составляющей) реакцию последнего, моделирует представленный на рис.71 блок.

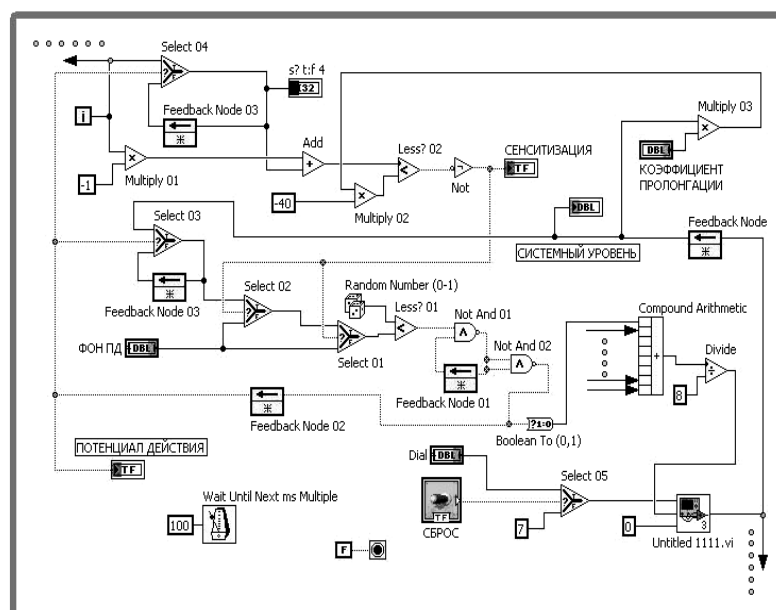


Рис.70. Блок-диаграмма рассматриваемой модели.

Прим.3 Механизм обратной связи. Хорошо видно, что в рассматриваемом нами случае он реализуется не в форме стимул-реакционных отношений между конкретными системообразующими элементами. Каждый раз всё осуществляется исключительно через изменение вероятности (предрасположенности, «преднастроя») их включения в решение общей задачи. Правда, касается это только тех элементов, которые, повторяю, в данный момент обеспечили получение аномального суммарного эффекта на выходе системы. «Промолчавшие» нейроны никакой информации о возникновении более благоприятных условий для выполнения ими их специализированной функции не получают. Для этого они должны были сами своевременно проявить активность в форме ПД, результат которой, собственно говоря, для каждого из них всё и объективизирует. В общем, здесь главенствует известный принцип: «Кто не работает –

тот не ест», поскольку не получает важную для обеспечения собственного метаболического благополучия информацию о том, что кормушка была подана и для него.

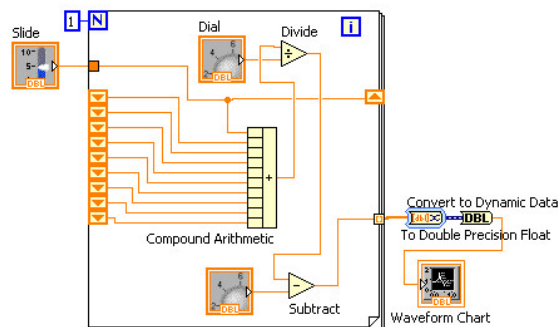


Рис.71.

Особенности поведенческой активности рассматриваемой нами объектно-ориентированной компьютерной модели можно представить следующим рядом тезисов:

- Апериодичность и стохастичность моментов возникновения движений исполнительного звена системы к цели («кнопке»).
- Нестабильность «времени поведенческого акта».
- Наличие стохастически же возникающих неэффективных (нерезультативных) интеграций.
- Работающий в постоянном режиме механизм взаимодействия всех без исключения элементов системы в рамках всего периода её самоорганизации.
- Никаких реакций нейроморфного элемента на синхронное воздействие синергосвязанных с ним подельников здесь нет. Только генерируя собственный ПД, он способен посылать информационный запрос на системный уровень о результатах своей работы («чиф ли я?»).
- Отсутствие процесса совершенствования параметров действия (отсутствие процесса обучения) в ходе последовательного построения рассматриваемой функциональной системы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

«Общая теория функциональных систем». Именно так Петр Кузьмич Анохин определил созданное им новое научное направление. И, не случайно. По задумке автора зона действия разработанной им концепции не ограничивается описанием только той сферы психофизиологических явлений, которые доступны узкому кругу «шибко продвинутых» представителей мира живой Природы. Т.е. тем, кто обладает способностью к «принятию решений», формированию целей будущих действий, «афферентному и эфферентному синтезу», «сличению параметров достигнутого результата с прогнозируемыми в аппарате акцептора результатов действия» и т.п. (Анохин П.К., 1971).

На самом деле, феномен функциональной системы относится к числу очень простых явлений, которые широко представлены в окружающем нас мире. Более того, полноценная реконструкция открытых П.К.Анохиным системных процессов, как выяснилось, вполне возможна при помощи не очень сложных по сравнению с работой их биологического прототипа инструментов компьютерного моделирования. Впрочем, и моделированием-то это назвать уже язык не поворачивается, поскольку «на выходе» получается не имитационная модель рассматриваемого явления, а полноценная функциональная система (ФС), соответствующая абсолютно всем критериям своего классического определения. Суть этих критериев в развёрнутой форме раскрывается следующим рядом базовых положений:

- Выращивание любой ФС из её же собственных спонтанных низкоэнтропийных флуктуаций.

- Невероятная простота и динамичность вхождения системообразующих элементов в состав ФС. Так сказать, заявительный принцип их вовлечения в оную. Никаких новых межкомпонентных связей для этого «проторять» не требуется. Достаточно просто начать взаимодействовать с другими такими же элементами на достижение общего с ними результата. Т.е., объявить не кому-то там «на

стороне», а себе самому: «этот результат системного уровня я начинаю теперь расценивать как свой собственный». Последствия каждого своего микровклада в его получение я ныне рассматриваю исключительно в контексте макроэффекта, достигаемого всей системой в целом.

- Соответственно, когда этот общий результат будет получен, я «выхожу из игры», меня уже перестают интересовать какие-либо события, происходящие на системном уровне. Возникает временный переход данного элемента в состояние полного «пофигизма» (по англ.: «**SHRUG OFF**»).

- Такого рода выход для разных системообразующих компонентов происходит одновременно (гетерохронно), поскольку чаще всего, результат связан с развертыванием некой последовательности взаимозависимых событий. Достигнув одно из них, система некоторое время вынуждена ещё пребывать в состоянии своей частичной дезорганизации. Отсюда и явление гомеостатирования автоорганизационных процессов на определенном уровне и механизм «сличения» параметров достигнутого результата с прогнозируемыми в АД (сличение одной организации с другой, хотя и неполной, но всё-таки тоже организацией).

- Реализация указанного гомеостатирования происходит благодаря модификации процесса вовлечения отдельных элементов в состав функциональной системы путем градуального снижения числа их степеней свободы. Причем, происходит это, отнюдь не стимул-реакционным способом, а воздействием на параметр вероятности генерации системообразующими элементами предрезультатных паттернов активности.

- Совершенно очевидно, что перечисленные выше принципы построения функциональных систем (и простейших, и самых сложных из них) являются альтернативой анонсируемым в рамках «системной психофизиологии» представлениям об императиве глобальной целенаправленности и целедетерминированности всего на свете [Швырков В.Б., Александров Ю.И. 1995]. Более того, пред-

лагаемый авторами подход явно не соответствует и основным положениям теории П.К.Анохина. Убедиться в этом нетрудно, обратившись к оригиналу разработанной им схемы внутренней операциональной архитектоники функциональной системы (рис.72).

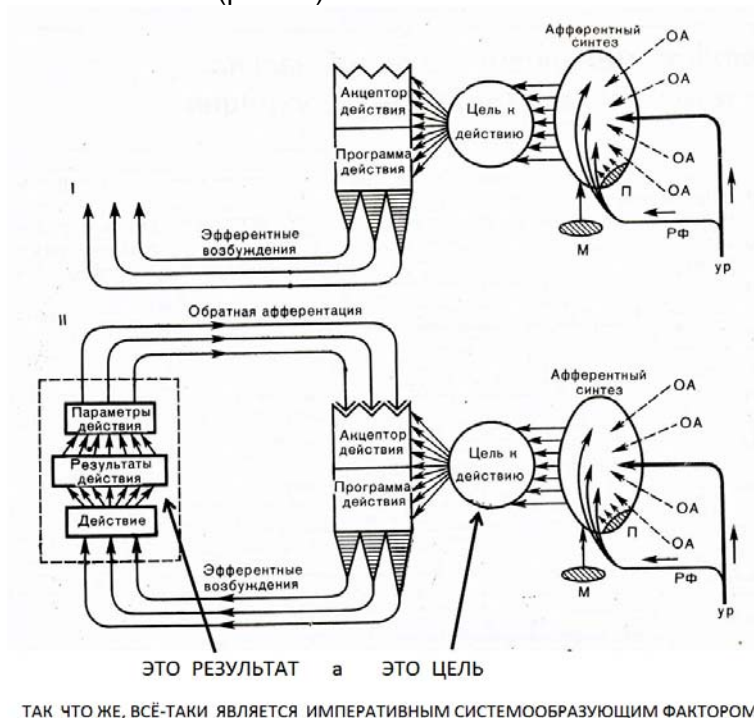


Рис. 72. Схема внутренней операциональной архитектоники функциональной системы, которая представлена в монографии П.К.Анохина «Очерки по физиологии функциональных систем» М. 1975. С.308. Из этой схемы совершенно очевидно, что ни о каком отождествлении «цели» и «результата» не может быть и речи. Это абсолютно разные узловые механизмы, которые, помимо всего прочего, возникают в разные моменты времени построения функциональной системы (см. верхнюю часть рисунка).

Как будущее событие (результат) организует процессы, «направляемые из прошлого» на его получение

Из представленной выше схемы даже неспециалисту понятно, что позиционирование цели в качестве системообразующего фактора и рассмотрение результата в роли такового ну никак не стыкуются. Однако это не снимает главного вопроса, а именно, как результат выполняет возложенную на него миссию системообразования? Например, как это происходит в рассмотренном на рис.63 случае? Напомню, что в представленной выше LabVIEW-разработке нажатие на кнопку всегда достигается как итог согласованной деятельности **всего комплекса системообразующих элементов**: система должна вовлечь всех их без исключения, перейдя в итоге в своё максимально организованное состояние. А реально ли сделать так, чтобы системе была предоставлена возможность самой определять текущий объем своего компонентного состава?

То же самое, другими словами...

Характерная особенность рассмотренной выше модели состоит в том, что расстояние от её рабочей точки до кнопки подобрано так, чтобы для нажатия на неё все без исключения системообразующие элементы должны синхронно перейти в состояние синергорезонанса. Но как быть, если перед системой возникает необходимость для получения результата решать задачу избирательной мобилизации своих элементов. Например, в случае, когда расстояние между пальцем и кнопкой уже становится не фиксированным, а переменным?

Актуальность постановки данного вопроса вполне понятна. Ведь, как уже отмечалось, рассмотренная выше модель являет собой яркий пример информационно закрытых систем. У неё просто-напросто нет никаких «входов», через которые какие-либо внешние сигналы могли бы влиять на её работу стимул-реакционным способом. В этом заключается главное отличие подобных ФС от тех, которые

были рассмотрены в первом разделе монографии. Там внешняя среда для системообразующих элементов - это «жизненно необходимое» пространство формирования реперных точек, относительно которых решается задача по градуальному наращиванию уровня системной самоорганизации или, наоборот, его снижению в случае реверсного перемещения цели.

Здесь же ничего подобного нет. Устройство переходит в своё максимально организованное состояние при полном исключении из этого процесса фактора внешних влияний. Выходит, оказывать какое-либо управляющее воздействие на подобные образования никак не получится? В том числе и через так называемый «результат», который по определению является событием, происходящим именно во внешней среде. Вроде бы очевидное заключение.

На рис.73-75 представлены математические алгоритмы, которые ломают сложившиеся стереотипы и демонстрируют возможность управления процессами самоорганизации систем, начисто лишенных свойства какой бы то ни было реактивности. Действительно, никаких «входов», через которые внешние сигналы стимул-реакционным способом могли бы влиять на её работу здесь нет. Соответственно, и системообразующие элементы тоже не способны раздражаться/возбуждаться. Вместо этого у формируемой с их помощью системы есть другое, более важное для построения подобных образований качество. Заключается оно в том, что после достижения результата любая такая система всегда переходит в состояние своей полной дезинтеграции, а её последующее построение всякий раз начинается с уровня «негэнтропийного шума». Более того, нечто подобное происходит и в рамках каждого микроинтервала времени её прогрессивного («штатного») усложнения.

Это предполагает, что и механизм информационного запроса отдельных элементов на системный уровень в такие моменты времени также трансформируется в состояние полной дезорганизации. Т.е., в ходе следующего периода

системоформирования контур обратной связи: «потенциал действия → информация о последствиях его вложения «в общее дело» претерпевает процедуру негэнтропийной **ЭВОЛЮЦИИ** именно с низкого уровня своей организации: всегда градуально из него вырастая, но не всегда до возможного максимума. Ну и как это может быть реализовано при помощи LabVIEW технологий? А вот как...

Для наглядности возьмем не один системообразующий элемент, а аж целых 16 штук (рис.73).

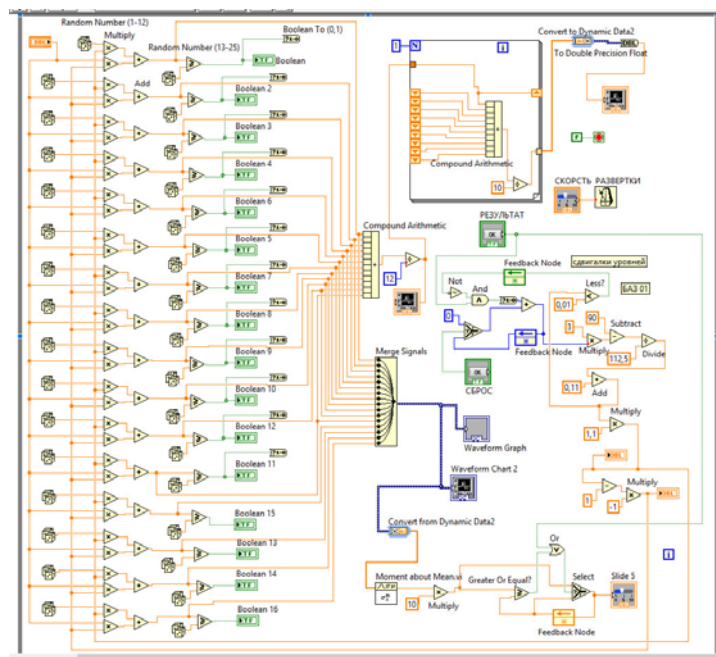


Рис.73. Блок-диаграмма MODEL-21-2021.vi, которая воспроизводит алгоритм формирования в процессе последовательного достижения одного и того же результата динамической структуры “Shrug off”, которая модулирует процесс вовлечения элементов в функциональную систему.

В итоге мы получаем 16-ти канальный дивайс, на всех выходах которого наличествует поток ТТЛ сигналов, направляемых затем на реализацию функции включения/выключения (в стохастическом режиме) каналов пост-спайкового запроса системообразующих элементов на уровень системной шины.

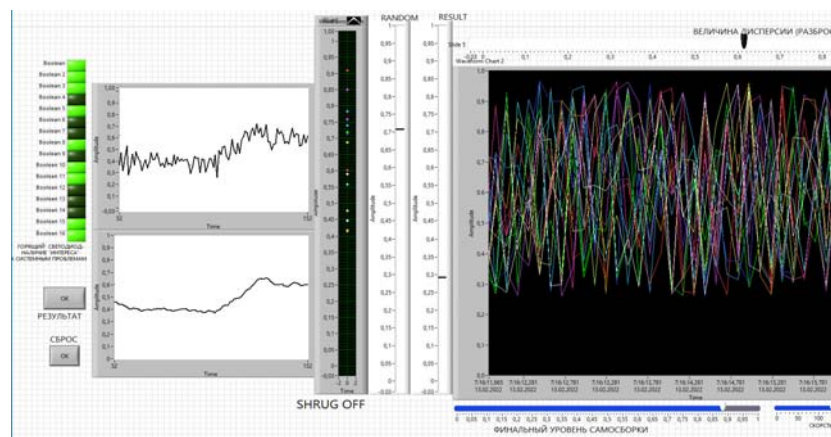


Рис.74. Лицевая панель MODEL-21-2021.vi
(БЛОК ГЕНЕРАЦИИ «SHRUG OFF» структуры).

Как уже говорилось, рассмотренный выше суб. прибор (**MODEL-21-2021.vi**) является составной частью более сложной конструкции под названием MODEL-22-2021.vi. Фрагмент её блок-диаграммы представлена на рис.76, а лицевая панель отражена, соответственно, на рис.75.

Базовый нейронеформальный элемент с модулятором уровня его вовлеченности в систему

Его математический алгоритм представлен на рис.75

Что здесь интересного? Да, в общем, ничего такого. Пожалуй, только выводы, которые следуют из его работы.

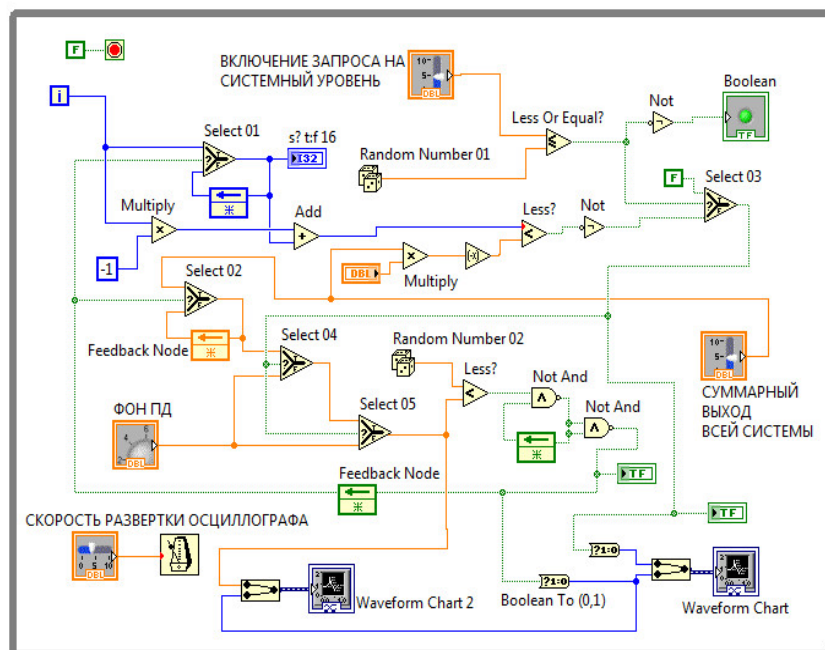


Рис.75. Блок-диаграмма LabVIEW MODEL-22-2021.vi

Наиважнейший вывод, который можно сделать на основе анализа работы данного устройства состоит в том, что введение контура «*SHRUG OFF*» приводит к автономизации (разделению) процессов генерации ПД и динамики уровня сенситизационной активности.

Последняя (синяя линия на рис.76) приобретает как бы самостоятельный, не зависящий от биогенерационного механизма характер. Для сравнения на рис.76 представлен график при «1» запроса нейроморфного элемента на системную шину о результатах его ПД вложения «в общее дело» (1 ПД = 1 запрос).

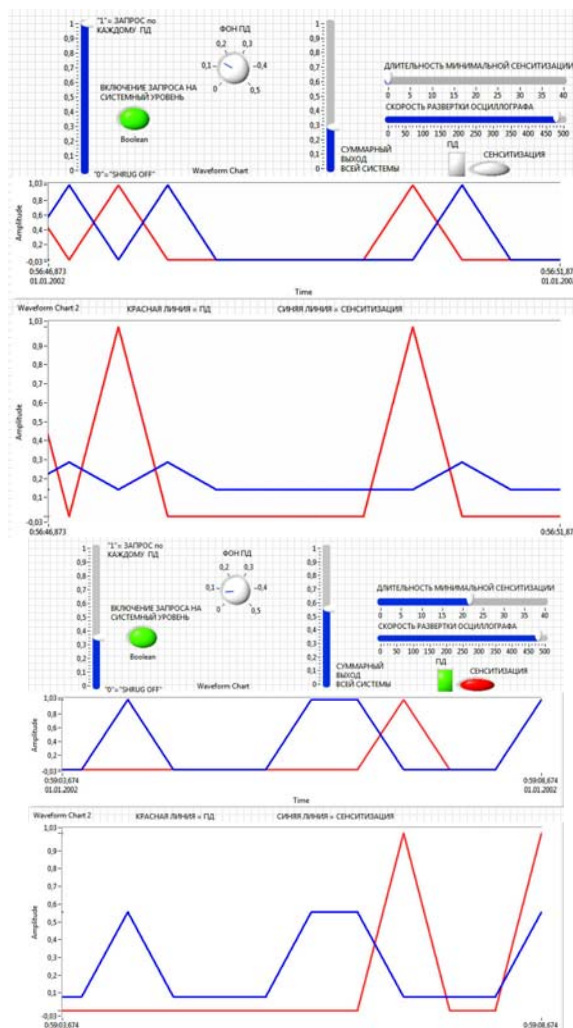


Рис.76.Базовая модель MODEL-22-2021.vi неформального нейрона, работающего в условиях постоянного включения канала запроса на системный уровень о последствиях своей спайкогенерации (верхняя лицевая панель) и в режиме *Random* функционирования этого же контура (нижняя часть рисунка).

Блок-диаграмма MODEL-23-2021.vi.

Здесь все до крайности просто. Произведено банальное удвоение всех системообразующих элементов рассмотренной выше системы **MODEL-19-2021.vi** плюс к этому – добавлен блок «**SHRUG OFF**». И всё!

Action. Запуск данной системы кнопкой “**Run Continuously**” главной панели управления (рис.77) приводит к появлению «фоновой» стохастически организованной активности 16-ти системообразующих элементов. Конкретные параметры этого процесса задаются положением вертикального «синего» регулятора чуть-чуть выше «0». При этом наблюдаются редкие вспышки светодиодных индикаторов (потенциалов действия разных элементов) и связанным с каждым ПД включением индикаторов индивидуальной пролонгации уровня вероятности генерации последующих спайков на низком опять же «фоновом» уровне.

Что касается 16-ти индикаторов уровня «**SHRUG OFF**» (в переводе с англ. «не обращать внимания», а по русски – «пофигизм»), то они не светятся в постоянном режиме и наличествуют в вертикальной и в горизонтальной форме. Это значит, что все без исключения системообразующие элементы не проявляют в этом состоянии ни малейшего «интереса» к последствиям вложения своих пусть и редких, но вполне реальных ПД «в общее дело». Ну, выскочил у меня невзначай какой-то там биоэлектрический импульс, ну, да и бог с ним. С кем не бывает.

Соответственно, на экранах осциллографов, отражающих поведение всей системы в целом, наблюдается кривая, слабо флуктуирующая в зоне нуля. Однако такое положение дел сохраняется только до тех пор, пока вертикальный регулятор стохастического управления контуром обратной связи (потенциал действия → запрос на системный уровень о его последствиях для всей системы в целом) находится рядом с нулевой точкой. Стоит немного сдвинуть его вверх, как всё радикальным образом изменяется. Не резко, разумеется, а постепенно, плавно нарастая.

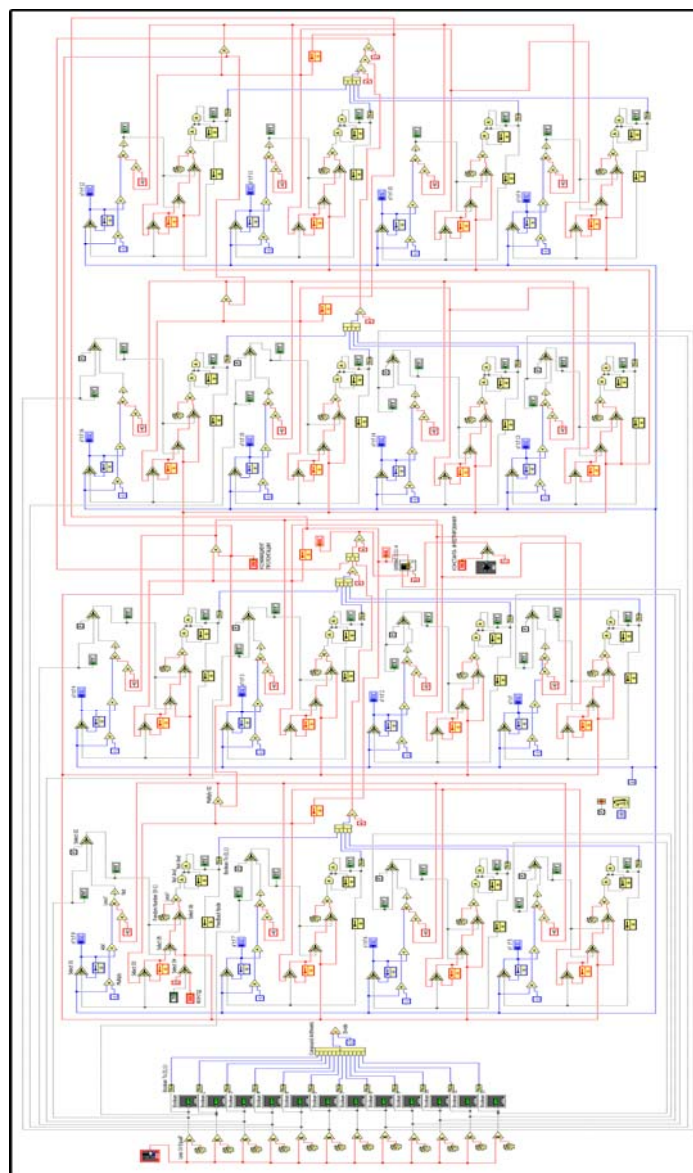


Рис.78. Блок-диаграмма системы MODEL-23-2021.vi

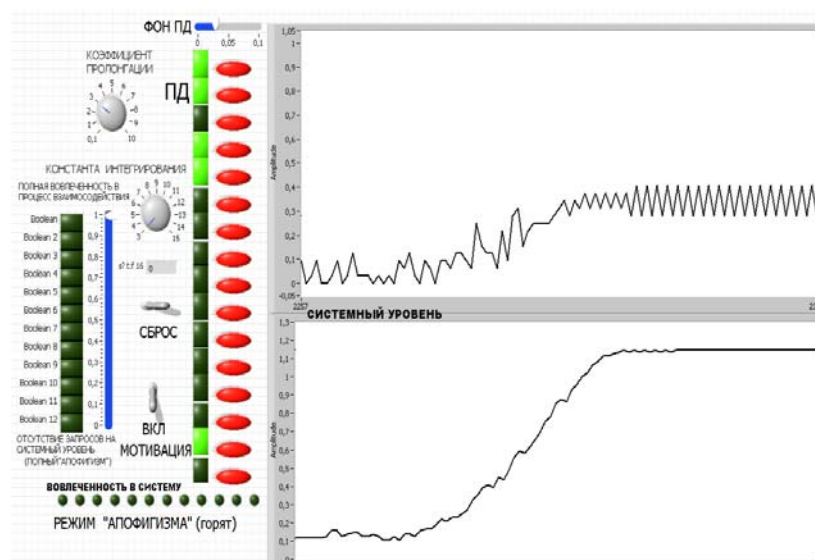


Рис.77. MODEL-23-2021.vi Здесь результат управляет процессами самоорганизации системы, используя для этого инструмент градуального, стохастически детерминированного отключения канала информационного запроса системообразующих элементов о последствиях для системы в целом индивидуально генерируемых ими потенциалов действия. Именно таким способом реализуется гомеостатирование процесса самоорганизации на определенном уровне. Остается только задаться вопросом: кто, когда и как курирует работу данного контура обратной связи внутри самой системы?

После запуска системы в рамках всего массива потенциалов действий, «сваливаемых в общий котел» из разных каналов системы, с вероятностью 30% (но заранее не известно где именно) после генерации отдельного ПД будет включаться контур обратной связи, информирующий соответствующий элемент о результатах его «спайковложения»

на системном уровне. И у этого, и только у этого элемента откроется возможность посоучаствовать в реализации схемы синергетического резонанса – схеме, демонстрируемой **MODEL-19-2021.vi**. На экранах осциллографов это отразится в виде плавно нарастающего подъема уровня кривой в сторону «1».

Особого внимания здесь заслуживает тот факт, что и процесс генерации потенциалов действия разными элементами системы, и периоды пролонгации повышенного уровня генерации ПД, и каналы «**SHRUG OFF**» - все это реализуется в абсолютно стохастической, вероятностной форме. Никакой жесткой морфологической привязки к чему-либо здесь нет.

Максимальное значение (предельный уровень самоорганизации системы) получается в положении «1» вертикального слайдера. Все индикаторы уровня «**SHRUG OFF**» при этом оказываются включенными (пребывают в «светящемся» состоянии), поскольку в данном режиме каждый потенциал действия тестируется каждым элементом на предмет производимым этим спайком эффекта на системном уровне. И чем солиднее уровень синергорезонанса, тем больше становится сенситизационный эффект генерации последующих ПД.

В этом заключается главное отличие подобных образований от тех, которые были рассмотрены в первом разделе монографии. Там внешняя среда для системообразующих элементов - это поле формирования структуры (организации) реперных точек, относительно которых решается задача по градуальному наращиванию уровня системной самоорганизации или, наоборот, его снижению в случае реверсного перемещения цели. Каждый элемент в рамках каждой итерации вынужден при этом прямо или косвенно (через $\pm \Delta T^{\circ}C$) анализировать местоположение всех без исключения своих подельников. Здесь же ничего подобного нет. Устройство переходит в точку максимальной

своей организации при полном исключении из этого процесса фактора внешней среды.

Прим. *Возможна и другая трактовка того же самого. Никакого управления каналом запроса на системный уровень после генерации ПД на самом деле нет. Такой запрос происходит всегда. Просто осуществляется блокирование механизма изменения вероятности генерации последующих ПД (ингибирование сенситизационной составляющей предпусковой интеграции) на уровне отдельного нейрона. Но такая интерпретация мне нравится гораздо меньше, хотя и она тоже будет использоваться в дальнейшем наряду с первой.*

Action. Нажатие на кнопку “Run Continuously” главной панели управления приводит к тому, что на экране осциллографа возникает сигнал, отображающий динамику текущего состояния системы. Изначально на протяжении непредсказуемого по длительности периода наблюдается всего лишь низкоамплитудный флуктуационный процесс. Однако через какое-то время из абсолютно «рядовой» флуктуации неожиданно начинается неуклонный рост амплитуды выходного сигнала системы.

Как показывает кадровый анализ видеозаписи, первопричиной такого роста является не только случайное совпадение во времени нескольких потенциалов действия на входах элемента **Compound Arithmetic**, но и развитие определенной поитерационной динамики такого рода совпадений. Это в свою очередь приводит к повышению вероятности вовлечения других нейронов в данный процесс, который в итоге приобретает лавинообразный характер. И если его не регулировать (а на это способен только будущий результат), то цепная реакция автоорганизации распространится затем на все без исключения системообразующие элементы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже отмечалось, базовая модель «формального нейрона» имеет мало общего со свойствами реальной («живой») нервной клетки. Но это нисколько не умаляет значения содеянного Питс-ом и Мак`Каллоком в 40-х годах прошлого века. Популярность предложенной ими модели сегодня просто зашкаливает. Значит, так тоже можно? То есть, можно, не заморачиваясь проблемой биорелевантности своего исходного построения, оценивать уровень его соответствия живому прототипу исключительно по результатам анализа функциональных свойств создаваемых на его основе более сложных конструкций?! Мол, раз они демонстрируют какие ни на есть интеллектуальные способности, значит, и прародитель их был выбран правильно.

В сущности, нечто подобное было проделано и нами. При назначении базовых свойств своих разработок, мы руководствовались следующим рядом довольно далёких от общепринятых в современной нейронауке представлений:

1. Все исходные подсистемы и создаваемые на их базе устройства обязаны уметь самостоятельно, безо всяких там внешних или внутренних негэнтропийных влияний переходить из полностью дезорганизованного состояния в стабильную высокоорганизованную форму.

2. Происходит это по сценарию развития «цепной реакции», вырастающей из спонтанной низкоэнтропийной флуктуации, которая аperiодически неожиданно появляется «в фоне» по аналогии с приходом четырех тузов в покере (у меня такое иногда случалось) или выпадением двух шестёрок при игре в нарды (тоже не раз бывало).

Прим. В зале с большим числом игровых столов или в нейросети, состоящей из 10-ти миллиардов нервных клеток, это становится уже вполне рядовым, регулярно происходящим событием, хотя и в заранее непредсказуемой точке «игрового поля» (сценарий экспериментов K.Lashley). Последнее обстоятельство не является критичным для процессов, развивающихся по алгоритму цепной реакции, которая в итоге охватывает весь субстрат.

3. Любой автономно развивающийся автоорганизационный процесс не детерминируется ни моделью будущего результата, ни им самим. Результат реализует свою системообразующую роль на этом этапе исключительно фактом своего отсутствия. Продвижение же системы к вершине самоорганизации всегда (и до её обучения, и после) происходит как ничем и никем не управляемый ряд никогда не повторяющихся, взаимосвязанных трансформаций.

4. Результат появляется только в момент своего достижения в форме некоего системно значимого события во внешней или внутренней среде. Единственная его роль – остановка автоорганизационных процессов, которые на самом деле не были направлены на его достижение. Они изначально вообще не обладают никаким свойством направленности на что бы то ни было.

В свете этих представлений общепринятое ныне определение результата как «события, которое прекращает действия, направленные на его достижение...», требует серьезного уточнения, скорее даже, принципиально иной формулировки. А именно, результат - это событие, которое останавливает процессы самоорганизации, обеспечившие его достижение. Правильнее сказать: «приводящие к его достижению».

5. Происходить такого рода остановка может по двум кардинально различным сценариям. Согласно первому – один из системообразующих элементов в какой-то момент времени резко утрачивает свой исходный Random статус (по терминологии П.К.Анохина «утрачивает избыточное число степеней свободы»).

Как следствие, именно вокруг этого элемента и начинается автоматически осуществляться вся последующая самосборка оказавшейся в таком частично иммобилизованном состоянии системы.

6. Второй сценарий предполагает наличие у системообразующих элементов особых свойств, в соответствии с которыми после каждого генерируемого ими потенциала

действия они могут посылать (или не посылать) информационный запрос на «системную шину» о результатах содеянного, самостоятельно позиционируя себя тем самым как «компонента & не компонента» функциональной системы. В этом случае детерминация определенного уровня негэнтропийных процессов реализуется путем влияния некоего внешнего по отношению к системе события («результата») исключительно на общий (не персонифицированный) уровень «заинтересованности» в информации о последствиях для всей группы системообразующих элементов в целом их индивидуальной активности.

7. Сценарии разные. Элементы систем первого типа – разновидность формальных нейронов, которые обязаны обладать способностью к решению достаточно сложных задач логико-математической направленности. Системообразующие же элементы второго типа – нет. Главным для них является исключительно умение строго следовать «закону эффекта» Торндайка-Скиннера, проявляя при этом гибкость в решении текущих задач «шалая-валяйного профиля». Однако ни в том, ни в другом случае, ни о каких извлекаемых из памяти целях, программах предстоящего действия и т.п. речь не идёт. Хотя это и не означает отрицания самого феномена целенаправленной деятельности человека и животных. Как же она тогда возникает?

8. В случае математических (повторяю, далёких от условия биорелевантности) моделей первого типа все более-менее ясно. Там феномен квази-цели обусловлен параметрами конкретной точки Random иммобилизации одного или нескольких системообразующих элементов.

Что же касается разработок текущего раздела монографии, то у них, как и у первых все также основывается на механизме иммобилизации отдельных компонентов функциональной системы, но уже не конкретных, не персонифицированных, а динамически изменчивых, вариативных по критерию их вхождения в состав функциональной системы, и происходит это весьма необычным образом.

Откуда появляется цель и как она выполняет свою направляющую функцию (MODEL-24-2021.vi)

Понять, как именно возникает феномен целенаправленности проще всего на примере незначительно модифицированной уже рассмотренной выше модели, в ходе построения которой будущее событие (результат) демонстрирует свою способность исполнять роль императивного фактора системообразования (MODEL-19-2021.vi). Причем, делает это довольно-таки необычным способом, а именно, фактом своего отсутствия.

Особенно удивительным является то, как это происходит в LabVIEW системах, когда некий наиндивидуальный регулятор (Slide) управляет работой отдельных системообразующих элементов, а заодно и процессом согласования их активности. И осуществляется это даже не путем влияния на вероятность (намерение, предрасположенность) к генерации отдельных ПД, а воздействием на вероятность включения механизма оценки последствий своих индивидуальных ПД на системном уровне. Можно сказать, что вероятность генерации биоэлектрических импульсов оказывается здесь в подчинении именно этому стохастически же организованному, абсолютно информационному по своей сути постспайковому процессу.

Неслучайно во всех подобных моделях «интерес» каждого системообразующего элемента к результатам своего вложения «в общее дело» реализуется в рамках того же самого LabVIEW контура, что и «мотивация» (фоновый уровень вероятности генерации ПД).

Реально получается, что повышение уровня «заинтересованности» в информации о последствиях своей активности на системном уровне равносильно временному повышению уровня мотивации к коллективному труду, который реализуется исключительно в форме взаимодействия системообразующих элементов на получение общего для всех них результата.

Итак, мы имеем две функциональные системы, которые обладают способностью самостоятельно, безо всякой поддержки из вне или изнутри (имеется в виду целевая детерминация орг. процессов) переходить в максимально возможное для них высокоорганизованное состояние (**MODEL-24-2021.vi**). Как они это делают?

Как и любые другие ФС, они вырастают из своих же собственных низкоэнтропийных флуктуаций, преобразуя последние в цепную реакцию вовлечения все новых и новых системообразующих элементов. Происходит это на основе развертывания полномасштабного процесса оперантной детерминации активности отдельных компонентов системы, но не её самой в целом. Другими словами, «закон эффекта» Торндайка реализуется на уровне нейроморфных элементов, которые, пребывая в статусе «организмов в организме», обладают тем самым возможностью сопровождать исторгаемые ими потенциалы действия информационным постспайковым запросом на системный уровень о результатах содеянного. Однако происходит это не всегда. Есть ПД информационно оприходованные, а есть и обделённые такого рода постреализационной озабоченностью. Причем, каких когда больше – решает случай.

Точка=цель отображает работу механизма блокирования двух параллельно развертывающих неуправляемых автоорганизационных процессов ФС_у и ФС_х в моменты достижения ими определенных уровней самоорганизации. И определяются эти уровни именно «заранее», ведь сначала мы всегда видим позиционирование (рукой экспериментатора-программиста) точки=цели в рабочем поле, и лишь затем продвижение к ней самой системы. Как раз последнее обстоятельство – стабильность работы данного информационного контура и играет определяющую роль в возникновении явления квазицеленаправленности поведения комплекса двух ФС в рамках модели **MODEL-24-2021.vi**. Каждый акт её движения (в виде крестика на рабо-

чем поле) внешне начинает выглядеть **всегда целенаправленно**.

Ещё раз, поскольку это очень важно. Стохастический характер носит не только «предрасположенность» нейроморфного элемента сгенерить потенциал действия, но и его «желание» оценить последствия своего ПД-вброса на системном уровне. Причем эти два вероятностно детерминированных процесса являются, строго говоря, независимыми друг от друга.

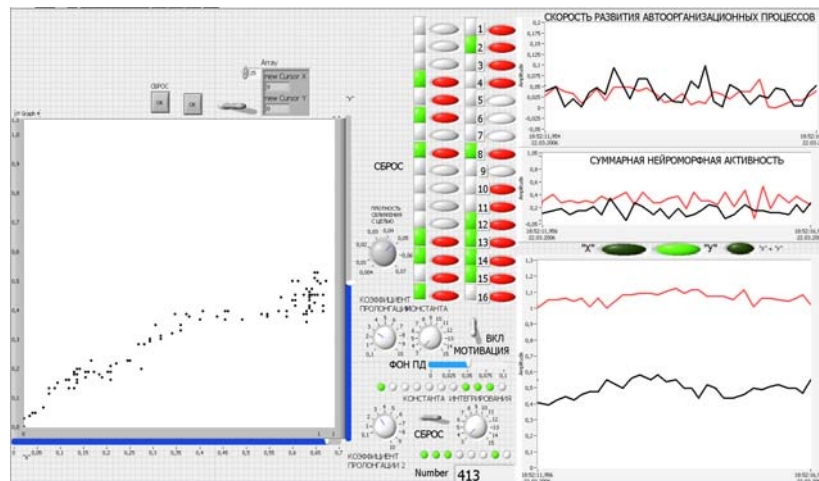


Рис.79. Лицевая панель модели **MODEL-24-2021.vi**. Верхняя диаграмма справа – соотношение скоростей разворачивания автоорганизационных процессов в двух директориях («X» и «Y»). Именно их различие и приводит к возникновению феномена целенаправленной эволюции суперсистемы. По сути, цель здесь есть не что иное, как априорно задаваемые **темпы** разворачивания автоорганизационных процессов двух независимых функциональных subsystem $ФС_y$ и $ФС_x$, представленных в рабочем поле одной общей точкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Поведенческие акты могут храниться в памяти организма только в форме целенаправленно отобранных следов интеграций различных уровней сложности» [Швырков В.Б. 1979а. С.15]

Возвращаясь к уже упомянутой на первых страницах монографии статье под названием: «Цель как системообразующий фактор в поведении и обучении»... То, что это не случайно оброненная в запале научной полемики неудачно построенная фраза, нетрудно убедиться, ознакомившись с рядом других аналогичных высказываний автора, которые были сделаны им в разные годы, в разных научных публикациях:

«Вне процессов обучения приспособительное поведение может черпаться только из фонда памяти. В силу этого приспособительные поведенческие акты принципиально не могут быть не целенаправленными [Швырков В.Б. 1978б. С.88] (здесь и далее выд. мной, Л.Б.).

«Одна цель, выбранная в процессе афферентного синтеза и принятия решения, обозначается как «акцептор результатов действия. Модель этой цели, существующая как извлеченная из памяти определенная организация элементов, в свою очередь определяет организацию физических воздействий организма на среду. Эта организация исполнительных механизмов обозначается термином «программа действия», а сами организованные воздействия на среду – термином «действие». «...действие полностью детерминировано моделью будущего события» [Швырков В., 1979а. С.9].

«Таким образом, в отдельном элементарном поведенческом акте с момента начала функционирования исполнительных механизмов, интеграция, извлекаемая из памяти, оказывается однозначно определена имеющимся в памяти будущим результатом». [Швырков В.Б. «Механизмы включения нейрона в функциональную систему целенаправленного поведенческого акта». В сб.: М. Наука. 1979. С.24].

«Нам представляется, что действительное понимание единства физиологического и психического возможно только при признании целенаправленности поведения и **детерминации всех процессов в поведении образами будущих событий, т.е. целей**. В этом случае психика, как система субъективных образов внешнего мира, не может быть исключена из анализа детерминации активности отдельных нейронов» [Швырков В., 1981. С.28].

«Системная категория «память» представляет собой совокупность специфических организаций элементов организма, соответствовавших в прошлом каким-либо поведенческим актам, приводившим в каких-либо условиях к выживанию» [Швырков В.Б. 1979а. С.8].

Ну, что обо всем этом можно сказать?

Наивный глобальный психодетерминизм всего сущего, не иначе...

Хотя не исключено, что приведенные выше утверждения в чём-то и соответствуют истине. Возможно, память каких-то живых существ действительно являет собой склад целей, которые они когда-то стремились достичь. Чего только не случается в последние годы на нашей планете и в иных мирах... Кто-то коллекционирует марки, кто-то этикетки от спичечных коробок. Ну, а для кого-то важнее собирать и хранить те цели, которые он ставил перед собой на протяжении всей своей жизни, ничего путного в итоге так и не свершив, поскольку потратил всё отпущенное ему время на процесс безудержного целенакопительства.

Впрочем, бог с ним. Главное другое. Главное, что в построении результативных высокоэффективных действий, как теперь выяснилось, вполне реально обойтись и без всей этой целевой нахлобучки на поведенческую активность, как это успешно делают, например, умные пчёлы или рассмотренные выше примитивные 16-ти элементные Lab-VI-системы. И те, и другие своим поведением убедительно доказывают, что к тем же самым вершинам системообразования и квазицеленаправленности можно приблизиться, не набивая свою память «моделями потребного будущего»,

целями и программами действия (своего рода, несводимыми татуировками, наносимыми на «тело» ЦНС после достижения результата). Существует значительно более простая схема решения комплекса задач приспособительной направленности. В основе её лежит явление самоорганизации многокомпонентных образований на основе механизма синергетического резонанса – в самом что ни на есть прямом смысле этого слова, т.е. как абсолютно самодостаточного явления взаимного совместного действия системообразующих элементов.

В плане дальнейшего развития общей теории функциональных систем (ФС) это заключение, несомненно, имеет важное значение, поскольку затрагивает ряд базовых её принципов. Действительно, как следует из приведенных выше высказываний В.Б.Швыркова, согласно разработанной им концепции, организация ФС всегда является следствием наличия в памяти любого живого существа низкоэнтропийного слежка данной ФС – её фрактальной «зачатки на будущее» в виде энграммы «замороженных» системных процессов. Именно они и используются затем в качестве инструмента реализации директивного сценария: орг. стимул→реакция организации.

Однако, проведенный нами анализ, показывает, что альтернатива этому всё-таки есть, и она очень даже неплохо работает в естественных условиях свободного поведения. Функциональные системы, как до обучения, так и после способны вырастать из спонтанной, энграммно не детерминированной энтропийной флуктуации.

В ходе обучения действительно происходит формирование некоего особого целеподобного образования (аналога предложенного П.К.Анохиным моноблока «АРД-Программа действия»), который способен направлять процесс прогрессивного усложнения комплекса ФС в строго определенной директории: делать этот процесс непрерывно управляемым из прошлого. Но реализуется это путем воздействия не на механизмы самоорганизации, а лишь на

скорость развертывания одной ФС по отношению к аналогичной динамике другой, параллельно формирующейся с нею ФС. **Феномен цели возникает при этом исключительно на уровне межсистемных отношений.**

В какой мере данный аппарат, который не детерминирует, а лишь гармонизирует построение комплекса функциональных систем, начиная с самых ранних этапов их развертывания вплоть до момента достижения конечного результата, можно определить как одну из простейших форм проявления психической (нематериальной) реальности?

Здесь, по сути, возникает тот же самый неразрешимый круг вопросов, на который постоянно вынуждены обращать внимание зоопсихологи. А именно: базовый метод изучения сферы идеального – интроспекция – не может быть применим при анализе поведенческой активности животных. И никаких словесных отчетов экспериментатору о том, что происходит в их «душе», они тоже давать не могут.

С нечто подобным приходится сталкиваться и создателям современных интеллектуально продвинутых технических систем. Дело в том, что в активности некоторых устройств, сотворённых в последние годы в области новейших, чрезвычайно опасных для жизни простых людей разработок, уже присутствуют такие поведенческие детерминанты как «предрасположенность» системообразующих элементов к генерации потенциалов действия; изменение уровня их «внимания» к последствиям своего вложения в суммарный выход; ощущение наличия партнеров, взаимодействующих с ними на получение общего результата. Но, повторяю, также как и в случае с животными, вопрос о том, можно ли все это считать простейшими признаками проявления именно психической, а не какой-то иной, более материально выраженной на индивидуальной реальности остается открытым.

Другое дело сама поведенческая активность. Как показывают результаты проведенного анализа та же самая феноменология, неотличимая даже в мельчайших деталях

от классического экспрессионизма «живого движения», достигается очень простым путем. Ключ решения: предоставление «закону эффекта» Торндайка-Скиннера возможности реализоваться на уровне отдельных системообразующих элементов («организмов в организме») плюс построение на такой основе процессов их взаимодействия на получение общего результата без привлечения для этого каких-либо негэнтропийных влияний в виде извлекаемых из памяти «целей», «программ действия», «субъективных образов объективного мира» и т.п.

Несомненно, всё это идет вразрез с представлениями практически всех современных интерпретаторов теории П.К.Анохина, несмотря на широкий спектр выдвигаемых сегодня её трактовок (строгое следование идеям Великого Учителя нынче не в моде). Поэтому наиболее правильным в сложившейся ситуации будет, не вступая в бессмысленную полемику с многочисленными оппонентами, просто продолжить начатую нами работу в качестве «автономного» направления системных исследований, пребывая, между тем, в полной уверенности, что речь идет именно о наиболее близком к оригиналу прочтении теории функциональных систем в её, так сказать, авторском видении.

Ну и, руководствуясь этим оптимистическим настроением, в данном месте текста правильнее всего будет поставить точку, перейдя затем к рассмотрению следующего актуального вопроса – вопроса о том, как именно формируется стабильность отношения скоростей $FC_y/FC_x...$ (**темпов самоорганизации двух и более систем**), что, собственно говоря, и обуславливает возникновение феномена целенаправленности поведения. Понятно, происходит это **в ходе обучения**, т.е. в рамках ряда достижений комплексом функциональных систем в сходных внешних условиях одного и того же по всем основным своим параметрам результата. Но вот как именно? Рассмотрение данного круга вопросов и будет предметом дальнейшего изложения.

ЧАСТЬ IV ЧТО ТАКОЕ ОБУЧЕНИЕ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

***«Все обучение заключается в образовании временных связей, а это есть мысль, мышление, знание. Следовательно, основное – это ассоциация»
(Павловские среды. 1949. Т.2 с.580)***

Приведённое выше высказывание академика Павлова, раскрывающее рефрен большинства его научных трудов, сегодня вряд ли найдет такую же поддержку и понимание широких народных масс, как это было в годы первых советских пятилеток. В современном мире, который буквально заполонили компьютеры, парадигма ассоциативного универсума давно уже утратила свою актуальность. Теперь в умах наших соотечественников и их зарубежных аналогов главенствуют совершенно иные концептуальные приоритеты. На первое место выходит её величество **«операционная система»** как основа реализации любых когнитивных функций не только компьютеров, но и породивших их биологических прототипов. Соответственно, глобальный процесс непрерывного всеобщего обучения в настоящее время рассматривается, прежде всего, в контексте освоения новых способов решения различных задач когнитивной и логической направленности, а вовсе не банального замыкания ассоциативных связей в рамках энграмной структуры памяти.

Между тем, ещё не так давно за попытку усомниться в истинности гениального учения И.П.Павлова человек мог, как минимум, навсегда лишиться возможности заниматься научной работой (см. изобличительные выступления ведущих деятелей нашей академической науки, опубликованные в сборнике их псевдонаучных докладов на «Павловской сессии» АН СССР. 1950) [Научная сессия Академии Наук СССР. Изд-во АН СССР. М. 1950. 734 с.]. **Прил. 2***

Учитывая это обстоятельство, не приходится удивляться, что даже те концепции, которые принято считать альтернативой классической рефлекторной теории, всё равно так и не смогли полностью избавиться от оков идеологии психофизиологического ассоцианизма. Достаточно вспомнить схему рефлекторного кольца Н.А.Бернштейна [1947], теорию доминанты А.А.Ухтомского [1978] или парадигму образной психонервной деятельности животных И.С.Беритова [1947]. Не избежала этой участи и теория функциональных систем (см. покаянную статью П.К.Анохина «О принципиальной сущности моих ошибок в развитии учения И.П.Павлова и о путях их преодоления» Физиол. журнал СССР. 1952. Т.38. №6. С.758-777).

Обращает на себя внимание, что в последних своих работах Пётр Кузьмич радикальным образом пересмотрел многие исходные положения разрабатываемой им концепции. На смену стартовым рефлекторным представлениям об императиве прямых и обратных связей в ЦНС пришел **принцип взаимоСОдействия** центрально-периферических компонентов ФС на достижение ими общего полезного приспособительного результата. Понятно, что в этом случае говорить об универсальности механизма ассоциативного обучения путем модификации указанных связей уже точно не приходится. Однако предложить «полноформатную» альтернативную схему, сопоставимую с исходной по уровню её обобщительного потенциала (рис.80), П.К.Анохин не успел.

Можно ли попытаться сделать это сегодня в рамках новых методических подходов к рассмотрению данного круга явлений и огромного объема экспериментальных данных, полученных за последние годы на основе новейших теоретических разработок?

Вопрос очень даже не простой. И вот почему.

Дело в том, что никакой нейрофизиологически обоснованной замены представлениям И.П.Павлова на самом деле до сих пор не существует.

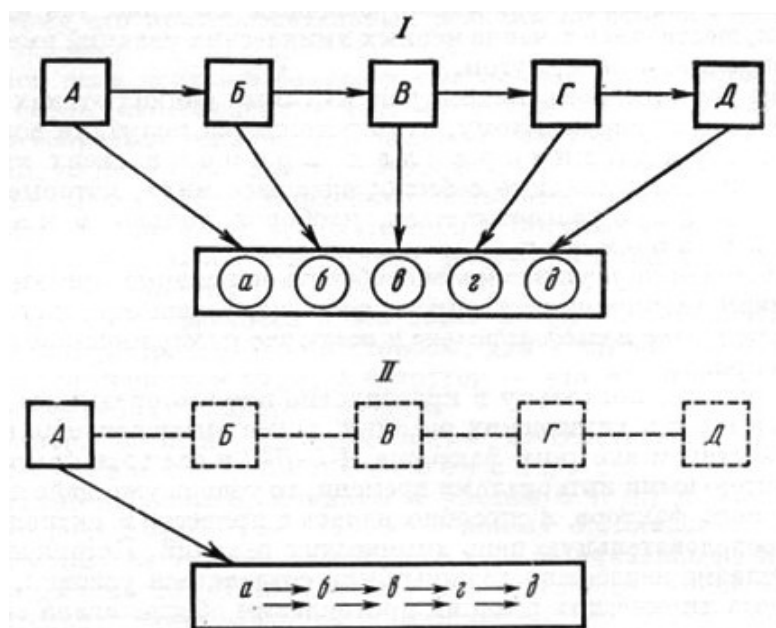


Рис. 80. «Схема последовательных явлений внешнего мира и их отражение в протоплазме. А, Б, В, Г, Д - последовательно развивающиеся внешние события на различных интервалах; а, б, в, г, д – протоплазматические реакции, возникающие от индивидуальных энергетических особенностей каждого отдельного внешнего воздействия. Видно, что после многочисленных повторений последовательного ряда явлений А, Б, В, Г, Д в протоплазме образовалась непрерывная цепь химических превращений, возникающих только в ответ на первое событие (А) во внешнем мире. Процесс отражения в протоплазме хода последовательных событий во внешнем мире. Реакция протоплазмы (д) уже произошла, в то время как событие (Д) наступит ещё только в будущем. Фактор Д делает весь ряд воздействий, много раз предшествовавший ему в истории развития, сигнальным по отношению к нему как к конечному звену этого ряда, а сами цепи последовательных химических реакций предстанут перед нами как временные связи» [П.К.Анохин. 1968. С.24].

Да, навязчиво имплементируемых альтернатив за последние годы было выдвинуто немало. Однако, несмотря на различия предлагаемых сегодня подходов и методологий, согласно любой современной нейрофизиологической теории в процессе обучения совокупность системообразующих элементов после успешного достижения ими общего результата **уже никогда не возвращается к своему исходному энтропийному статусу** (именно «статусу», а не негэнтропийному нулю: см. стр.226). Это по любому: и по Павлову, и по Анохину, и по Бернштейну, и по всем их многочисленным ученикам/последователям.

Соответственно, повторное построение функциональной системы всякий раз будет начинаться уже с «нового» (необратимо модифицированного) её исходного энтропийного состояния. А определить последнее как целевой субстрат будущего действия не составляет большого труда.

Системообразующая миссия этого субстрата трактуется по-разному. Но, если внимательно посмотреть, то, в конечном счете, всё **неизбежно** сводится к избирательному распространению волны нервного возбуждения через так называемые «эффективные синаптические контакты». Т.е. по сути дела происходит раскручивание всё той же телеграфно-телефонной модели И.П.Павлова. Если никаких синапсов нет, как например, в рамках предложенной П.К.Анохиным схемы (рис.80), этот механизм актуализируется в форме стабильной структуры неких маловразумительных внутренних связей $a \rightarrow b \rightarrow v \rightarrow g \dots$

Сегодня, в конце первой четверти XXI века эти представления выглядят довольно-таки наивно. Необходимость отказа от них давно уже назрела. Но, что предлагается взамен? Геномно-селекционная теория научения, в соответствии с которой в памяти отдельных нейронов хранятся аж целые функциональные системы поведенческих актов? Это что, умнее? Или память как склад моделей целенаправленных действий, память как архив программ двига-

тельной активности, как набор эмоционально окрашенных картинок окружающего мира...

При желании список можно продолжить, но это излишне, поскольку **все без исключения** современные концепции обучения, повторяю, основываются на одном и том же ошибочном предположении о формировании в структурах ЦНС устойчивых низкоэнтропийных кластеров. И, хотя субстратные версии при этом предлагаются разные, но суть-то их остается одной и той же. Всё сводится к тому, что в результате обучения происходит отказ от исходного, «флуктуационного» принципа вырастания ФС в пользу нового «фрактально-реакционного» сценария её построения (см. стр.28 наст. монографии). Реальная же альтернатива рефлексорным измышлизмам, с нашей точки зрения, априори должна предполагать, что хотя некие необратимые изменения в ходе научения и происходят, но сама **функциональная** система всякий раз после достижения результата возвращается в состояние своей исходной дезинтеграции. В этом и проявляется отражённое в самом её названии базовое свойство радикальной процессуальности.

Нечто подобное наблюдается и в поведении стаи мышей, которые после прохождения очередного «ледникового периода» продолжают в условиях нормальной температуры вести себя точно также как и до его наступления (как будь-то, ничего не было). И это несмотря на то, что повторные похолодания инициируют появление у них все более и более эффективного способа коллективной теплозащиты (рис.31).

Здесь следует обратить особое внимание на то, что речь идет именно о **функциональных** (т.е. процессуальных) системах. Соответственно, если рассматривать организм как **структурно-функциональное** образование, то после обучения в его недрах, несомненно, формируются некие длительно сохраняющиеся изменения, влияющие на развертывание соответствующих **процессов** (функций) системного уровня. Но эти морфологические изменения не

являются энграммно зафиксированным негэнтропийным «слепок» реализованной перед этим ФС.

Учитывая принципиальную важность данного момента, стоит повторить сказанное ещё раз, но уже в рамках несколько иного логического контекста.

Итак, хорошо известно, что процесс обучения любой биологической системы сопровождается возникновением множества длительно сохраняющихся в её клеточных структурах изменений. Это может быть: реорганизация состава белковых молекул, ультраструктурные перестройки синаптического аппарата нервных клеток, изменения молекул их РНК, ДНК...

То, что всё это действительно происходит и связано именно с процессом обучения не вызывает никаких сомнений. Вопрос в другом. До сих пор любые подобные изменения рассматривались в качестве материальной основы сохранения (после достижения результата) некоего низкоэнтропийного «отпечатка» построенной перед этим функциональной системы: её фрактальной «зачатки на будущее». Именно такие хранящиеся в памяти негэнтропийные микрокластеры и начинают в дальнейшем выступать в качестве орг. стимулов развертывания полноформатных ФС, исполняя одновременно и роль целевого субстрата предстоящего исполнительного действия.

По мнению некоторых продолжателей славного дела П.К.Анохина, всё происходит только так и никак иначе. «Теория функциональной системы, - писал в этой связи В.Б.Швырков - в качестве непосредственной причины действия считает цель – **извлеченную из памяти информационную модель** будущего события. Хотя цель является моделью будущего, однако **в виде определенной нервной активности** она существует уже до действия и, следовательно, обладает основным свойством причины – предшествует своему следствию – действию. Она обладает и другим свойством причины – закономерно вызывает свои следствия – действия, которые в про-

шлом были связаны с ее достижением» [Швырков В.1978б. С.90-91].

Но так ли это на самом деле? Действительно ли в ходе обучения возникает некое устойчивое негэнтропийное образование, которое уже исключительно первым способом, по схеме: «энграммно детерминированный стимул→поведенческая реакция» будет целенаправлять все дальнейшие процессы системоформирования? Или исходная базовая схема вырастания системы из своей же собственной низкоэнтропийной флуктуации сохраняется всегда, независимо от уровня обученности организма? Если да, то, что может предложить новая парадигма взамен внутренних опережающих реакций по П.К.Анохину: $a \rightarrow b \rightarrow v \rightarrow g$?

Получить ответ на этот ряд непростых вопросов, на наш взгляд, можно, если воспользоваться все тем же хорошо зарекомендовавшим себя способом бионического транспонирования законов построения живых прототипов на техническую форму их воплощения.

На сей раз в качестве исходника возьмем процесс формирования инструментального пищедобывательного поведения кроликов.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Методика. В этой серии экспериментов у подопытных животных (кроликов) по методике М.Ф.Поливанной (1961) вырабатывалось циклическое инструментальное пищедобывательное поведение. Как правило, после 4–6 опытов, продолжительностью в среднем по 1,5 часа каждый, действия приобретали автоматизированный характер. Кролик нажимал передними лапами на педаль, подбегал к кормушке, поедая из неё порцию пищи, затем следовало возвращение к педали, очередное нажатие на неё и т.д.

В ходе проведения каждого опыта с помощью магнитофона «Брюль и Къер-7003» (Дания) осуществлялась ре-

гистрация: отметки взятия кроликом пищи из кормушки и актограммы его перемещения по экспериментальной камере. Для этого к ошейнику животного прикрепляли миниатюрные электролампочки, а на противоположных стенах камеры (возле педали и кормушки) были установлены фотоэлектрические пластины. По величине суммарной фото ЭДС можно было точно судить о местоположении кролика в тот или иной момент времени (рис.81).

Аналогичное устройство применялось и для контроля за взятием пищи из кормушки. Отличие заключалось лишь в том, что в качестве фоточувствительного элемента использовался фотодиод марки ФД 3а, а источником света служил светодиод АЛ-103, работающий в инфракрасном диапазоне частот. При опускании животным морды в кормушку световой поток прерывался, резко снижалась освещенность фотодиода и, как следствие, регистрировалось характерное изменение протекающего через него тока.

Параллельно с автоматической регистрацией поведения на диктофон велся подробный протокол опыта. При этом отмечались такие особенности поведенческой активности, которые трудно было контролировать только по актограмме. По той же причине в отдельных случаях осуществлялась запись на видеоманитофон.

После окончания экспериментов магнитная запись воспроизводилась на чернилопишущем приборе. Затем, измерялся ряд показателей каждого инструментального пищедобывательного акта, а также ряда других параметров поведенческой активности. В итоге строились сводные графики, отражающие по дням динамику изменения совокупности всех рассматриваемых показателей.

При определении основных параметров пищедобывательной деятельности по записям чернилопишущего прибора измеряли: "время поведенческого акта" (интервал от момента вынимания кроликом морды из кормушки после взятия из неё пищи до следующего опускания в кормушку за новой порцией еды); продолжительность периода вре-

мени между двумя последовательными нажатиями на педаль; длительность "активных действий" [Швыркова Н.А., Бобровников Л.В., 1979].

Полученные данные обрабатывались на основе статистических методов анализа. Оценка достоверности проводилась на основе критериев Стьюдента и Фишера.

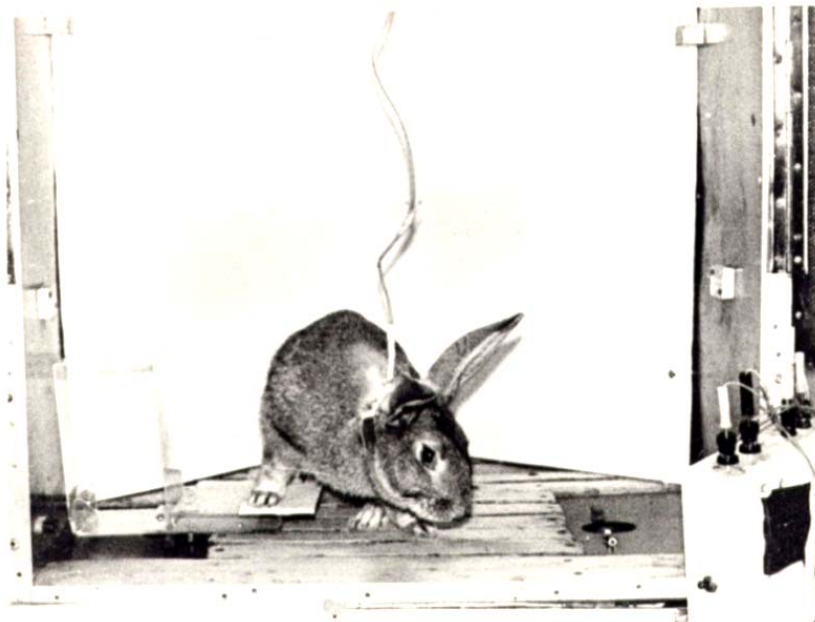


Рис.81. Общий вид экспериментальной камеры, в верхней части которой располагаются вращающиеся контакты для подключения через них к усилительной аппаратуре биологических сигналов, поступающих с выхода предварительных усилителей, а также миниатюрной лампочки для регистрации актограммы.

Слева расположена педаль, справа – автоматическая кормушка. На фото зафиксирован момент пищедобывательного поведения, когда кролик нажимает на площадку педали, замыкание контактов которой приводит к появлению очередной порции пищи в кормушке.

Результаты исследования

Опыты проводили на кроликах-самцах после их суточной пищевой депривации.

В первый день обучения как нажатия на педаль, так и обнаружение животным факта появления в кормушке порции пищи, происходили в случайном порядке, по сути дела в ходе обследования им экспериментальной камеры. Однако уже на этой стадии обучения прослеживалась тенденция к сокращению интервала времени между моментом нажатия и моментом достижения кормушки. Типичная динамика изменения показателей, характеризующих реализацию этапов инструментального акта, отражена на рис.80.

Становление автоматизированной формы пищедобывательного инструментального поведения завершалось в 3 – 5 опыте. Начиная с этого времени, кролик сразу же после поедания порции пищи из кормушки целенаправленно бежал к педали, нажимал на неё передними лапами, после чего без задержки возвращался к вновь наполненной кормушке. После выполнения 40-50 таких стереотипных инструментальных актов исходная пищедобывательная деятельность сменялась комфортным, территориальным, ориентировочно-исследовательским поведением, копрофагией. Затем, инструментальная пищедобывательная активность вновь возобновлялась на 10-15 мин., хотя носила теперь уже не столь регулярный характер.

Выводы. В рассматриваемых условиях нахождение животного в экспериментальной камере приводит к развитию процесса его обучения самостоятельному добыванию пищи. Объективным проявлением этого является постепенное снижение интервалов времени между последовательными актами, к уменьшению продолжительности нажатий на педаль, к снижению затрат времени от момента завершения поедания порции пищи до очередного нажатия на педаль, сокращение времени побежки от педали (после её нажатия) до кормушки.

Однако у разных особей наблюдается существенно различная динамика реализации указанных процессов. Какие-то кролики проявляют большую сообразительность в плане решения стоящей перед ними поведенческой задачи, а какие-то демонстрируют меньшие способности к обучению. Но, в конечном счете, все без исключения здоровые животные приобретают навык инструментального пищедобывательного поведения. Решающим фактором развития процесса обучения является периодическое достижение подопытным животным полезного приспособительного результата: получение пищи после каждого эффективного нажатия на педаль.

Первые нажатия осуществляются подопытным животным абсолютно случайно, в ходе хаотических перемещений по камере в рамках реализации ориентировочно-исследовательской деятельности. Последующие нажатия – то же самое. Однако происходит все это на фоне градуально нарастающего снижения зоны «разброса» местонахождения животного внутри бокса.

Область его ориентировочных движений постепенно все больше и больше ограничивается зоной нахождения педали. Но никакого намека на «импринтинг», на внезапное понимание того, что сама педаль и есть та самая заветная цель, достижение которой решает все насущные проблемы – нет.

Движения в районе педаленахождения продолжают оставаться беспорядочными, не целенаправленными. Несколько утрируя, можно предположить, что имеет место «концентрация внимания» животного на определенной зоне экспериментальной камеры. Именно в силу этого и происходит (как своего рода побочный эффект) устранение длинных и неэффективных действий путем их «вытеснения» из поведенческого репертуара более совершенными актами, и, как следствие, реорганизация всего поведенческого репертуара.

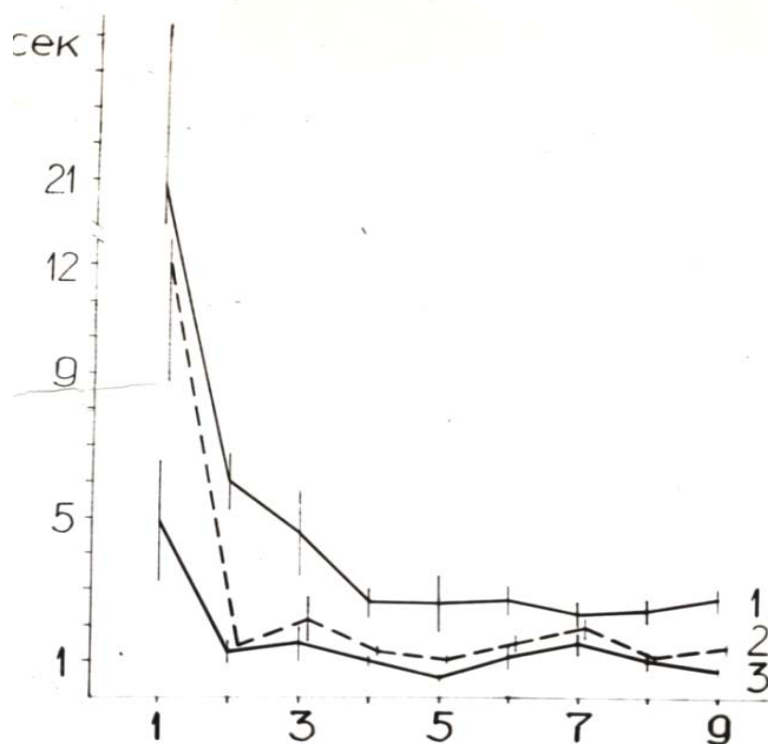


Рис.82. Динамика изменения основных параметров инструментального пищедобывательного поведения в ходе обучения животных. По оси абсцисс – дни. По оси ординат: 1 – средняя продолжительность периода от начала движения к педали до момента нажатия на неё; 2 – интервал времени от момента нажатия на педаль до опускания кроликом морды в кормушку; 3 – средняя продолжительность нажатия на педаль в инструментальном акте.

LABVIEW ВЕРСИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПИЩЕДОБЫВАТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ (MODEL-25-2021.vi)

Чтобы оценить реальную сложность разработки LABVIEW аналога рассмотренной выше поведенческой модели, достаточно просто перечислить некоторые вводные условия, характеризующие объект моделирования.

Во-первых, двигательная активность животного никогда не носит строго детерминированного характера. Хотя мы и говорим о становлении в ходе обучения автоматизированной формы инструментального поведения, на самом деле все траектории перемещения кролика по экспериментальной камере и их циклограммы никогда не повторяются. Движение даже хорошо обученного животного в отличие от двигательной активности технического устройства (автомата) в принципе не может быть детерминировано программным способом, и всякий раз неизбежно выстраивается заново (так же как и у человека) [Бернштейн Н., 1990].

Но главное даже не это. Наиболее сложные из стоящих здесь проблем проистекают от полного неведения относительно происходящего в центральной нервной системе в процессе выработки любых оперантно детерминированных форм биоактивности. Описывающий данное явление «закон эффекта» [Э.Торндайк., 1999] констатирует лишь то, что наблюдается на поведенческом уровне, никак не затрагивая соответствующую нейрофизиологическую подоплёку сего этого. **«Закон эффекта не является теорией. Это просто правило, объясняющее усиление поведения».** [Скиннер Б.Ф. 1953. С.14].

Напротив, что касается нейрональных механизмов условного рефлекса (концептуальной альтернативы «закону эффекта»), то здесь все предельно ясно. В любом учебнике по физиологии можно прочитать, что нервные клетки генерируют «импульсы возбуждения», которые избирательно распространяются по аксонам от рецепторных зон к исполнительным структурам ЦНС.

Из учебников можно узнать также и то, что молекулярно-биологические трансляторы такого возбуждения («нейромедиаторы») на самом деле бывают не только возбуждающими, но и тормозными. Суммация же иницируемых ими на уровне постсинаптической мембраны ВПСП и ТПСП реализуется путем банального наложения этих потенциалов друг на друга. Соответственно, замыкание временных связей осуществляется на основе механизма повышения эффективности синаптической передачи.

Предложить нечто столь же вызывающе убедительное в рамках концепции оперантной детерминации поведения пока ещё не представляется возможным. Реально лишь в очередной раз предпринять попытку сделать это без большой надежды на успех.

Итак, три базовых положения будущей бионической LabVIEW модели, которые, на наш взгляд, должны отражать наиболее важные характеристики поведения животного и его нейронов в процессе его обучения по методике Э.Торндайка:

- Исходно (в самом начале обучения) двигательная активность подопытного объекта строится по «Random» сценарию, предполагающему, что животное может в любой момент времени равновероятно оказаться в любом месте экспериментальной камеры. Недоступных её зон для него самого и производимых им «меток» не существует.

- Абсолютно случайные (поначалу) нажатия на педаль, и, как следствие, получение пищи приводят к тому, что указанное условие равновероятности постепенно нарушается. Возникает неуклонно уменьшающаяся по своей площади область пребывания животного рядом с педалью.

- Именно в результате этого и повышается вероятность повторных нажатий, а не потому, что животное охватывает маниакальное стремление к овладению педалью с последующим свершением над нею некоего ритуально-манипуляционного акта. Никакой «целевой» детерминации поведения в рамках такой схемы на самом деле нет. Всё

сводится к процессу рекартирования вероятностной структуры рабочего поля. Как нейроны решают эту задачу?

Версия первая. Работает так называемый механизм «внутреннего торможения», который в случае положительного неподкрепления тех или иных внешних стимулов формирует у животного особый тип условно рефлекторной активности, нечто вроде внутреннего голоса, который тихо нащёпывает: «Ты туда не ходи...». Другими словами, после того, как животное случайно пару раз забегает в шибко отдаленное от биологически значимых объектов место (педаль & кормушка), возникает условно рефлекторный конститутив, блокирующий у него в дальнейшем возникновение подобных двигательных поползновений.

Непонятно только кем этот процесс управляется. Вот в известном советском фильме «Джентельмены удачи» всё ясно. Там стоящий «на шухере» татарин, пока его подельники грабят квартиру, отпугивает проходящих мимо дома людей такими словами: «Эй, гражданина. Ты туда не ходи – ты сюда ходи. А то снег башка попадёт. Совсем мёртвый будешь». В кино это выглядит весьма правдоподобно, в отличие от торможения двигательной активности животных. С ними-то как быть? Кто их наставляет на путь истинный? Наука о мозге об этом умалчивает.

Версия вторая, более современная. В ходе обучения в ЦНС животного постепенно формируется некий образ педали – мысленно воспроизводимый актуал особого инструмента, манипуляции с которым приводят к достижению полезного для организма приспособительного результата. Вдохновленный притягательной силой этого образа кролик начинает постоянно стремиться к нему, как «усталый путник к прохладным струям вождельного ручья».

Антропоморфизм? Несомненно... Но это всё таки лучше, чем «...снег башка попадет». Непонятно только, когда именно постепенно возникает «из ничего» этот самый светлый «образ»? Почему никакого резкого педально-импринтингового конкретно-предметного позиционирования

при этом не случается? Почему вероятность нахождения животного вне этой зоны даже после обучения всё равно остается отличной от нуля. Вот если бы здесь фигурировал **дискретный набор** возможных в рассматриваемых условиях действий, с помощью одного из которых достигался бы полезный приспособительный результат, повышающий до единицы вероятность повтора эффективного акта – всё было бы ясно. Здесь же налицо непрерывный спектр проявления двигательного потенциала животного. О повышении вероятности чего можно в этом случае говорить?

Это тем более не понятно, поскольку набор элементов движения кролика («двигательных квантов») в ходе его обучения не меняется. Мы наблюдаем в точности такие же дискретные (квантованные) их фрагменты и в начале, и в конце опыта. Меняется лишь зона их реализации в экспериментальной камере. Тогда выходит, что фактором указанных изменений должна выступать именно сенсорика, которая несет непрерывно меняющуюся «холлическую» информацию о всем рабочем поле в целом. Так, что ли?

И ещё. В какой форме образ педали, который становится целью, сохраняется в памяти, извлекается из неё и направляет затем развертывание поведения?

Вопросы, вопросы, вопросы... Полной уверенности, что получить исчерпывающий ответ на них нам удастся в рамках анализа соответствующих VI-моделей, повторяю, нет. Но попробовать всё-таки стоит.

Итак, LabVIEW интерпретация процесса обучения. Точнее говоря, **имитационная** модель, которая воспроизводит внешнюю (чисто феноменологическую) картину того, что происходит во время выработки инструментального поведения на основе процедуры оперантного обусловливания. Никаких нейроморфных элементов, никакого механизма их взаимодействия на общий результат, никакого нейросинергизма здесь пока нет. Речь идет о математическом пародировании инструментального поведения на основе методологии Монте Карло.

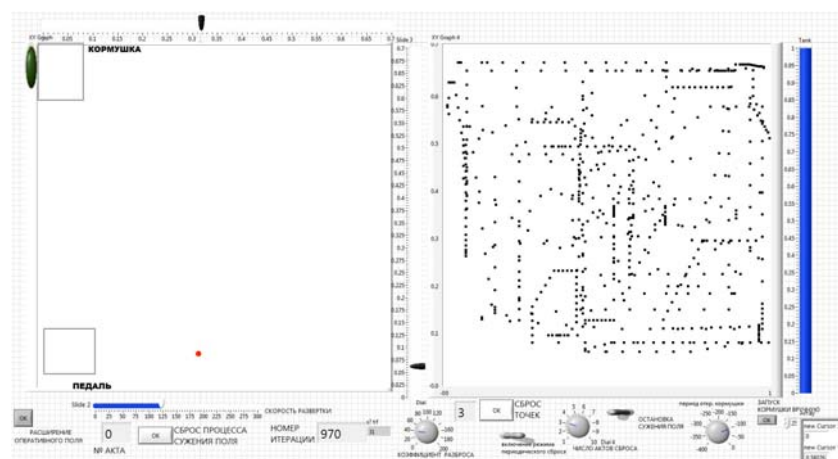


Рис.83. Control Panel MODEL-25-2021.vi. Слева - рабочее поле. Справа – индикатор последовательных перемещений системы в этом поле. Каждая точка отражает текущее её местоположение.

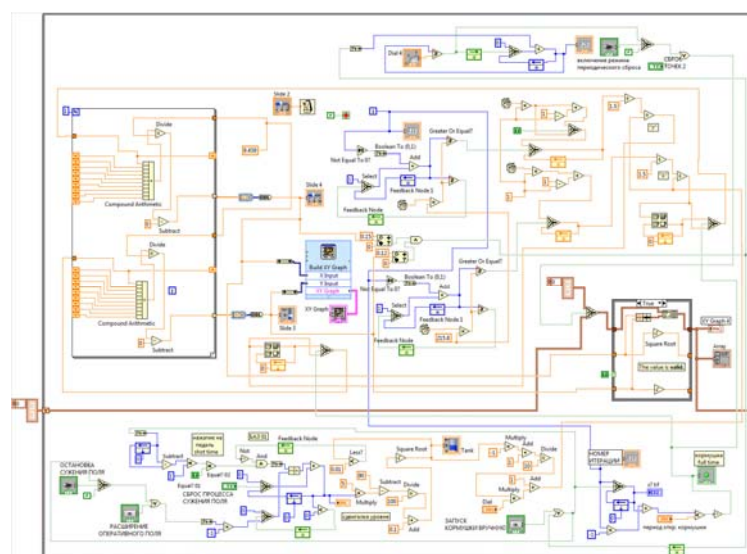


Рис.84. Блок-диаграмма модели MODEL-25-2021.vi

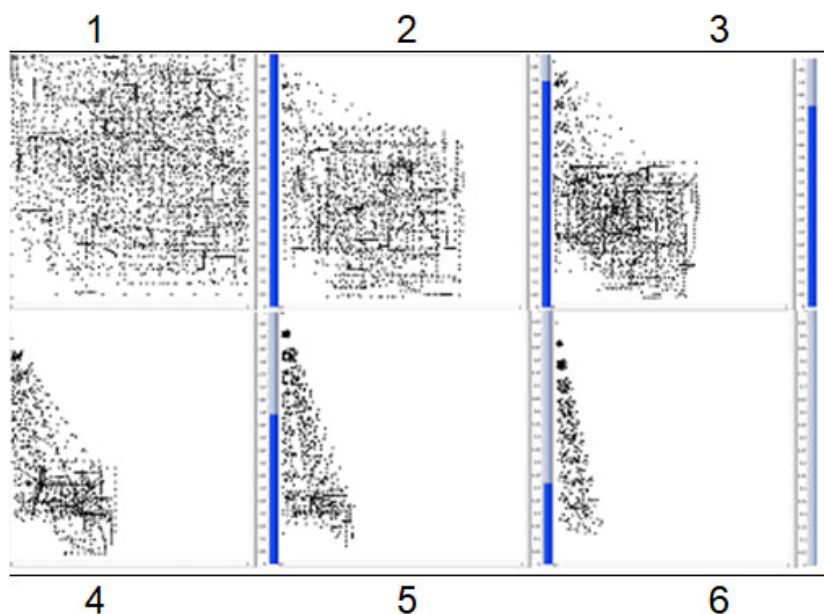


Рис.85. Постепенное сужение в сторону педали зоны реализации двигательной активности системы по мере развертывания последовательности результативных инструментальных действий MODEL-25-2021.vi. На растрах 1-6 отражены состояния плоттера на разных стадиях (вертикальный синий слайдер справа) выработки инструментального «пищедобывательного» поведения. Каждая отдельная точка соответствует текущему положению системы (математического аватара кролика) в определенный момент времени.

Феномен постепенного сужения зоны двигательной активности системы по мере её самообучения. Это очень важно. Речь в данном случае не идет о так называемой «поисковой активности». «Поиск» по определению это попытка нахождения чего-то заранее предполагаемого. Наша же система ничего не ищет. Она просто исключает из своего поведенческого репертуара те зоны своей двигательной активности, которые наверняка (гарантированно) не приводят к позитивным последствиям.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ ТОГО ЖЕ САМОГО (MODEL-26-2021.vi)

«Законы, управляющие поведением, не похожи ни на распоряжения, навязываемые начальством, ни на приказы, отдаваемые командиром» [Дж. Гибсон. 1988].

Рассмотренная выше модель воспроизводит самый что ни на есть простейший случай, когда постепенное сужение зоны активных действий в рамках процедуры оперантного обусловливания происходит относительно априори задаваемой экспериментатором точки с координатами {0,0}.

При этом возникает вполне резонный вопрос: а что будет, если педаль установить в другом месте экспериментальной камеры. Станет ли и в этом случае наблюдаться столь же ярко соответствующая скинеровским опытам феноменология? Ответ можно дать сразу: будет и не менее выразительно!

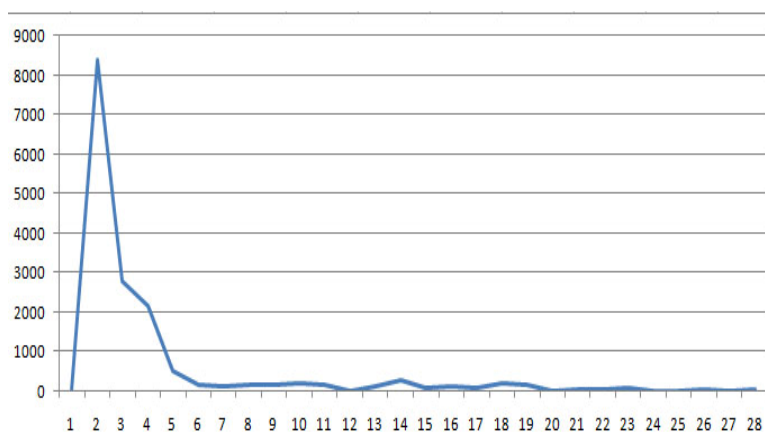


Рис.86. Динамика изменения времени поведенческого акта (период от момента закрытия кормушки до следующего за этим очередного нажатия на педаль).

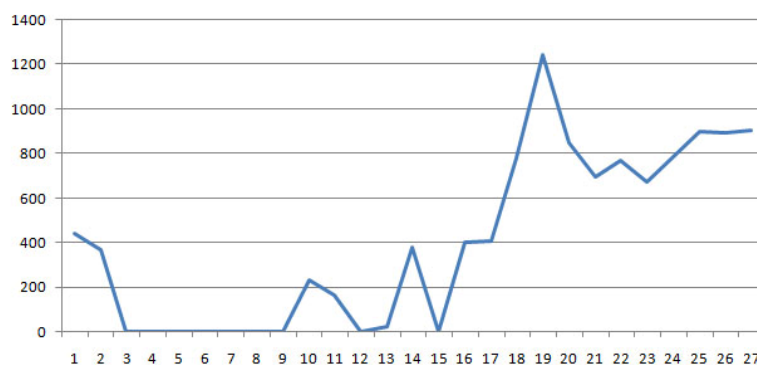


Рис.87. Возраставание продолжительности периода пребывания кормушки в открытом состоянии по мере обучения системы. По оси абсцисс – номер итерации $\times 1000$ шт.

По оси ординат продолжительность пребывания кормушки в открытом состоянии на протяжении соответствующего «тысяча итерационного» интервала времени.

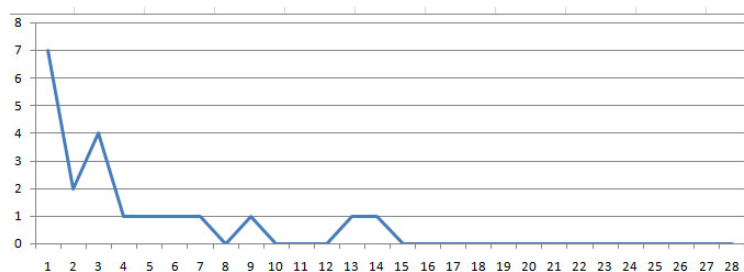


Рис.88. Снижение числа неэффективных нажатий на педаль по мере обучения системы.

Однако, несмотря на всё это, при более внимательном анализе происходящего с использованием методологии контрольного эксперимента, оказывается, что рассматриваемая модель на самом деле не вполне соответствует реальному поведению своего биологического прототипа. Особого внимания заслуживает тот факт, что **после обучения** данной LabVIEW-системы экстренное изменение местоположения эффективной педали уже не требует выра-

ботки инструментальной формы активности в новых условиях. Нечто подобное, на первый взгляд, можно наблюдать и в экспериментах на животных. Имеется в виду феномен междоминантного переноса инструментального навыка у кроликов с выработанным и закрепленным пищедобывательно-оборонительным поведением (см. Бобровников Л., ЖВНД 1982. №6). Полученные в этих опытах результаты вроде бы свидетельствуют в пользу вывода о формировании у подопытного животного в ходе его поумнения некоего более-менее определенного образа педали (безотносительно к текущему её местоположению) как инструмента для удовлетворения любой актуальной на данный момент потребности организма. Но, как позднее выяснилось, всё на самом деле обстоит совершенно иначе.

**МЕТОДИКА «СЮРПРИЗА» КАК ИНСТРУМЕНТ
ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ
(ЭКСТРЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПЕДАЛИ)**

Основная идея экспериментов, о которых пойдет речь, заключалась в том, чтобы повторить разработанную П.К.Анохиным методику «сюрприза» применительно к рассматриваемому нами случаю. Напомню, что основоположник общей теории функциональных систем использовал этот способ для того, чтобы экспериментально доказать наличие мысленно воспроизводимого животным «образа» конкретной пищи (сухарей в кормушке). Последние, будучи постоянно применяемой в эксперименте едой, неожиданно для животного заменялись значительно более привлекательным кормом - мясом. При этом оказалось, что голодная собака вместо того, чтобы наброситься на неожиданно свалившееся ей на голову лакомство, вообще отказывалась от приема пищи, демонстрируя ярко выраженную ориентировочно-исследовательскую реакцию («реакцию рассогласования», «рефлекс что такое?»).

Впрочем, аналогичная ОИР возникала не только у животного, но и у производившего подмену пищи экспери-

ментатора, который как не старался, не мог в рамках привычной для него схемы замыкания условнорефлекторной связи объяснить суть происходящего.

Нечто подобное было сделано и в наших опытах. Отличие заключалось лишь в том, что неожиданно изменялось местоположение педали, которую либо просто убирали из камеры, либо перемещали в другое место, как правило, сменив при этом и зону расположения эффективной кормушки. Нетрудно понять, что когда все это происходит во время развертывания автоматизированного инструментального поведения, возникает в точности такая же ситуация «сюрприза», которую П.К.Анохин использовал для активизации параметров психической («целевой») составляющей приспособительной деятельности животных - для выяснения того, что именно они мысленно предвосхищают на том или ином этапе своей поведенческой активности. Если бы у кролика в качестве такового был бы «образ» педали, то её отсутствие на привычном месте по аналогии с голодной собакой вызвало бы у него чётко выраженную ОИР (ОИД). Если же возникновение ОИР не происходит, значит, никакого образа цели-педали в голове нашего животного в ходе его обучения не формируется, а системообразующим фактором на самом деле является нечто совершенно иное. Остаётся лишь выяснить: что именно...

Методика и результаты

Итак, эта серия экспериментов проводилась на животных, у которых предварительно была выработана автоматизированная форма стереотипного инструментального пищедобывательного поведения. Как следствие, после помещения в экспериментальную камеру обученный кролик подбегал к кормушке и, убедившись в отсутствии там пищи, сразу же направлялся в противоположную сторону клетки – к педали. Затем следовало нажатие на неё, возвращение к кормушке, поедание порции пищи, повторное движение к педали...

После реализации ряда таких действий, экспериментатор производил смену местоположения педали и кормушки. Как следствие, у всех животных хотя и **не сразу (!)**, но возникало ориентировочно-исследовательское поведение, в ходе реализации которого они активно обследовали экспериментальную камеру. При этом резко возрастала частота появлений так называемой "вертикальной активности" (вставание на задние лапы).

Параллельно с этим происходило повышение интенсивности и других типов поведения, а именно: комфортного, территориального, копрофагии, груминга, и т.п., в ходе реализации которых кролик случайно наступал на педаль, запуская тем самым новую кормушку. После 4-8 таких случайных нажатий, у животных постепенно начинало формироваться уже более-менее устойчивое циклическое инструментальное поведение.

Однако, как показывают результаты актографического анализа, на этом этапе даже после очередного эффективного нажатия на педаль побежка к кормушке происходила не сразу, а с определенной задержкой во времени, в ходе которой очень часто наблюдались не пищедобывательные формы поведения. То же самое регистрировалось и в период после поедания пищи. Лишь постепенно в результате неоднократных повторных изменений местоположения педали и кормушки инструментальное поведение становилось сходным со своей изначальной формой.

В целом, формирование инструментального пищедобывательного поведения в новой ситуации повторяет этапы его становления в исходной ситуации, когда все начинается с ориентировочно-исследовательской деятельности, чередующейся с другими типами целенаправленного поведения (комфортным, оборонительным, территориальным). Пищедобывательное же поведение из эпизодического трансформируется в циклическое лишь после выполнения ряда случайных нажатий.

Важно отметить, что повышенная пищедобывательная активность кролика в такие периоды времени содержит только фрагменты прошлого поведения: подходы к педали и кормушке, "проверочные" опускания морды в кормушку. Наряду с этим резко возрастает интенсивность других типов двигательной активности (комфортной, ориентировочно-исследовательской и т. п.), в ходе реализации которых животные случайно наступали на педаль, включая тем самым левую (новую) кормушку. После 4-8 таких случайных нажатий у кроликов формируется устойчивое циклическое инструментальное поведение.

И все же на этом этапе даже после очередного эффективного нажатия на педаль побежка к кормушке происходила не сразу, а с определенной задержкой во времени, в ходе которой проявлялись не пищедобывательные формы поведения. Аналогичная закономерность наблюдалась и в период после поедания очередной порции пищи. Лишь постепенно после неоднократных повторных изменений местоположения педали и кормушки инструментальное поведение становилось сходным со своей исходной формой (ситуация №1). Проведенный актографический анализ позволяет выделить две общие стадии реорганизации поведенческого континуума в ходе обучения кролика:

- 1) период "поискового" поведения, связанного с достижением первых результатов;

- 2) стадию результативного циклического инструментального пищедобывательного поведения.

В наших условиях средняя величина ВПА (время получения одной порции пищи) в ситуации №2 после 100-200 повторений значительно превышало аналогичный показатель поведения в ситуации №1 (соответственно, 445 мс и 2360 мс ($p < 0,05$). Возрастала также и средняя продолжительность периода активных действий (ситуации №1 - 300 мс, ситуация №2 - 700 мс, ($p < 0,05$).

При невозможности достижения результата в рамках сформированной ранее функциональной системы, измене-

ния, приводящие к становлению нового способа решения данной поведенческой задачи, начинаются с процесса реорганизации всего поведенческого континуума. Вместо пищедобывательной деятельности наблюдаются: ориентировочно-исследовательское, комфортное, оборонительное и другие виды поведения.

Как известно, эта закономерность детально описана в работах этологов и была определена ими как феномен смещенной активности. Функциональные системы разных типов поведения, реализуемые на этой стадии обучения, образуют "поисковое" поведение, направляемое разными мотивациями, а не только мотивацией голода.

Возможность выбора поведения с мотивацией, отличной от той, на основе которой идет обучение, обуславливает использование индивидуального опыта животного вне зависимости от истории его приобретения. Реальность этого доказывают работы по изучению переноса навыка, а также экспериментальные данные по формированию оборонительного поведения на основе пищедобывательной функциональной системы [Бобровников Л., 1982].

А теперь самое главное...

Так получилось, что в публикациях, сделанных по результатам рассмотренных выше опытов, почти нет упоминаний о том, что после изменения местоположения педали периоду активного переучивания подопытных животных всегда предшествует появление большого числа нерезультативных действий, настойчиво выполняемых по старой, ставшей уже не эффективной схеме. Проще говоря, перенос педали, также как и простое её удаление из камеры приводит к тому, что кролик (в отличие от человека-оператора) этого просто **не замечает**. Животное, как и раньше, подолжает подбегать к «старому» местоположению «инструмента», осуществляет там «нажатие» (ни на что!), после чего стремглав бежит к кормушке (пустой). И это продолжается десятки раз (!).

Первоначально данный феномен рассматривался научными кураторами проводимых исследований всего лишь как артефакт «задолбленности» (сие слово не придуманный ими жаргон, а официально используемый в физиологии динамического стереотипа термин) исходной формы инструментального поведения, которая проявляется в период перехода к новому результативному его воплощению.

Такого рода объяснение долгое время нивелировало совершенно очевидный вывод, что **на самом деле никакого предметного инструментального поведения у наших кроликов вообще никогда не вырабатывалось**. Точно так же, как и у бесчисленного количества крыс, кошек, собак, голубей Скиннера и прочих инструментально продвинутых животных. В действительности, все они обучаются лишь выполнению неких ритуальных телодвижений в определенном месте окружающего их пространства. Не более того! А есть ли в этом месте «инструмент» или его там уже нет для них не имеет значения.

Таким образом, реализованный нами аналог анохинской методики «сюрприза» свидетельствует о том, что никакой предметно выраженной целенаправленности здесь на самом деле нет. Вот, если бы кролик, подобно своему человекообразному визави научился самостоятельно находить припрятанную от него где-то педаль, затем притаскивать её в то место камеры, где расположены гнезда подключения к цепи запуска кормушки, вставлять педаль в эти гнезда, а затем нажимать на неё... В этом случае положительный ответ на вопрос о целенаправленности его действий не вызывал бы никаких сомнений. Но заставить животное все это проделывать в принципе не возможно, поскольку никакого образа педали=цели, повторяю, в голове кролика никогда, ни при каких условиях не формируется.

Слабый налёт предметности - «понимание» того, что кроме местоположения, у педали есть ещё и целый ряд других, не менее важных признаков - приходит к животному лишь в случае радикального усложнения стоящей перед

ним задачи. Например, при выработке сложного пищедобывательно-оборонительного поведения или при многократном изменении местоположения педали и кормушки ещё на стадии обучения [Бобровников Л.В., 1979; 1982].

Но до такого уровня детализации никто из экспериментаторов, как правило, не доходит. Поэтому при рассмотрении практически всех скиннеровских данных необходимо учитывать, что речь там идет о нецеленаправленном инструментальном поведении, о случаях манипулирования животными не более чем «неопредмеченным локусом» внешней среды.

Вывод этот, на наш взгляд, никак нельзя назвать новым. О том, что никакого целенаправленного инструментального поведения в подобных опытах не формируется, неоднократно говорил ещё сам первооткрыватель «закона эффекта» Э.Торндайк. В разработанной им экспериментальной модели он, прежде всего, видел возможность объективного изучения простейших проявлений целесообразности поведенческой активности животных без привлечения для этого каких-либо факторов психической природы. И в этом, на наш взгляд, нет никакого алогизма («нецеленаправленная целенаправленность»), никакой тенденции к рефлекторному упрощению анализируемого ряда явлений. Скорее, наоборот, предложенная Э.Торндайком концепция констатирует возможность распространения зоны действия «закона эффекта» на поведение всех, в том числе и доминирующих на нашей планете интеллектуально обездоленных живых существ, которые в отличие от нас никакими способностями к полноценной психической деятельности явно не располагают. Это, между прочим, касается и отдельных нейронов головного мозга животных [Бобровников Л.В, 1985, 1986; Stein L., Xue B., Belluzzi J.D., 1993, 1994].

Во всех этих случаях речь идет об одном и том же базовом принципе организации любых (и целенаправленных, и нецеленаправленных) форм активности живой мате-

рии - принципе, который в своё время был сформулирован следующим образом:

«Ни одно объяснение взаимодействия организма и окружающей среды не является исчерпывающим, если оно не включает действия окружающей среды на организм после того, как он отреагировал» [Б.Ф.Скиннер, 1969. С.2., выделено автором].

Корректная имплементация этой базовой формулы в любую современную экспериментально-теоретическую разработку с учетом результатов проведенных за последние годы многочисленных этологических исследований предполагает её дополнение следующим рядом уточняющих положений:

- В естественных условиях свободного поведения человек и животные, хотя и сохраняют способность реагировать на те или иные внешние раздражители, всегда формируют континуум своих действий нереакционным способом, основу которого составляет процесс последовательного удовлетворения внутренних потребностей организма и формирующихся на их основе мотиваций.

- Решение любой стоящей перед живым существом задачи всякий раз предполагает наличие определенного спектра возможных форм двигательной активности, направленной на достижение одного и того же по всем основным своим параметрам результата.

- Вероятность выбора конкретного поведенческого акта из их предреализационного списка детерминирована историей того, что происходило в аналогичной ситуации ранее. А именно, каждое успешное использование определенного действия, завершившегося достижением приспособительного эффекта, способствует градуально нарастающему повышению вероятности незамедлительного повторения именно этой, а не какой-то иной формы двигательной активности. Другими словами, **«действие окружающей среды на организм после того, как он отреагировал»**

точно также не реализуется по схеме «стимул-реакция», как и сам предшествовавший этому двигательный акт.

- В рамках аналогичной, нереакционной схемы развертывается и стохастически детерминированный процесс информационного запроса элементов организма на системный уровень об эффекте ими содеянного. В определенных состояниях этот сенсорный канал может просто-напросто отключаться в силу радикального снижения в какой-то момент времени интереса системообразованцев к тому, что происходит вокруг каждого из них.

- В случае функциональных систем, у которых не только организм, но и отдельные его элементы («организмы в организме») обладают способностью к оперантной детерминации своей активности, практика управления их согласованной работой именно через указанные постреализационные «инфоморфозы» приводит к появлению феномена целенаправленности. Решающим условием здесь становится зависимость **скорости развития процессов самоорганизации** от величины усредненного по всей группе системообразующих элементов их «интереса» к последствиям индивидуальной активности на системном уровне. Нейрофизиологическая трактовка данного явления предполагает введение понятия **темпорального поля** (векторного поля скоростей) процесса самоорганизации как отдельных функциональных систем, так и их комплексов (см. *Прил. №4*)

- Рассматривая **закон эффекта** в качестве универсального принципа построения поведения животных и нейронов их головного мозга, важно учитывать тесную взаимосвязь этого закона с другим основным положением теории оперантного обусловливания - принципом селекционизма [Donahoe J. et al., 1999]. Согласно развиваемым представлениям детерминирующая функция любого результата (эффекта) реализуется не вследствие его влияния на конкретно формирующийся поведенческий акт, а всегда через процесс реорганизации всего поведенческого континуума. И это понятно. Ведь, повышение частоты последующих вос-

произведений подкрепляемого действия автоматически сопровождается снижением вероятности реализации других (не подкрепляемых) актов, каждый из которых неизбежно оказывается в зоне влияния общего для них результата.

- В этом заключается ещё одно важное отличие концепции оперантного обусловливания от других теорий обучения - отличие, которое состоит в том, что формирование нового акта не сводится к его добавлению в арсенал уже существующих приспособительных средств. Этот процесс всегда связан с реорганизацией всего поведенческого репертуара, выступающего в качестве общего поля, на котором результаты различных актов на конкурентной основе реализуют свое влияние на всю совокупность возможных форм поведенческой активности данного организма.

В наиболее последовательной форме эти идеи получили развитие в работах Б.Ф.Скиннера. Ну, а состоявшийся на рубеже 1998-1999 гг. симпозиум, посвященный 100-летию юбилею выхода в свет основополагающего труда Э.Торндайка, подвел черту под многолетними спорами «за и против» [Chance Laurel P., 1999; Donahoe J.W. Edward L. 1999; Navin J.A. 1999 et al.].

Главный вывод, который можно сегодня сделать, состоит в том, что инструментальное поведение человека и животных не обязательно являет собой воплощение целенаправленных форм их двигательной активности. Это два разных класса явлений. Соответственно, сваливать все проблемы построения функциональных систем на якобы хранящиеся в памяти организма цели, программы действия, модели поведенческих актов, модели потребного будущего и т.п. – серьезное заблуждение, требующее решительного порицания. Полученные к настоящему времени данные не только свидетельствуют в пользу этого радикального по нынешним меркам вердикта, но и позволяют сформулировать альтернативу концепции глобальной психодетерминации всего сущего (современной версии весьма популярной пару веков назад парадигмы панпсихизма).

Ключевым моментом здесь является утверждение о том, что объектом оперантного обусловливания в рамках реализации «закона эффекта» является не исполнительное действие и не какие-то другие отдельные узловые механизмы функциональной системы (например, процесс формирования АРД), а именно сама функциональная система как целое, со всеми её причандалами.

В обоснованности этого вывода мы убедились ещё при проведении мультипараметрического анализа инструментального оборонительного поведения животных [Бобровников Л.В., Шумилина А.И. 1984].

Как показали полученные тогда данные, **на всех этапах** обучения на основе процедуры оперантного обусловливания, начиная с самых ранних его стадий, между показателями, отражающими динамику изменения разных узловых механизмов ФС, неизменно сохраняется неразрывная взаимосвязь. Другими словами, **функциональная система всегда (независимо от текущего уровня её сформированности) присутствует в поведенческом континууме как единое целое**, а не как набор отдельных узловых механизмов, способных к гетерохронной динамике своего совершенствования (оперантно детерминированным же способом, но, так сказать, в индивидуальном порядке) с последующим актом их консолидации в уже полностью «готовом» виде.

Ещё раз: неразрывное единство всех узловых механизмов ФС означает невозможность избирательного применения к любому из них процедуры оперантной детерминации в качестве инструмента изолированного совершенствования. Предпринятые позднее попытки опровержения этого вывода [Зарайская И.Ю., Александрова Е.А., Анохин (Денисов) **К.В.**, 2006], как уже отмечалось, не выдерживают критики [см. Бобровников Л.В. Основы квантовой синергетики функциональных систем Ч.II. М. 2011. С.154].

В рамках проведенного нами в начале 1980-х годов рассмотрения проблемы системогенеза поведенческого

акта в качестве анализируемой составляющей афферентного синтеза был взят так называемый «процесс обогащения аппарата АРД по параметру времени». Почему?

Дело в том, что в лаборатории А.И.Шумиловой, где была выполнена эта работа, на анализе именно данного явления делался в то время основной акцент экспериментальных исследований [Шумилова А.И. 1973; Рычкова Г.Н., Шумилова А.И. 1978; Рычкова Г.Н., 1981 и др.]. Однако это не свидетельствует о невозможности выбора каких-то иных, не менее выразительных отражателей динамики начальной стадии формирования ФС. Каких именно – в сущности, не так уж и важно, поскольку их верификация всегда предполагает контекстный характер. Главное другое.

Главное, повторяю - это заключение о том, что при анализе любых форм реализации закона эффекта в качестве объекта оперантной детерминации следует рассматривать не «исполнительное действие», как полагал Э.Торндайк, а процесс построения всей функциональной системы в целом. В этом же плане необходимо анализировать и такой важнейший компонент афферентного синтеза как ориентировочно-исследовательская деятельность с её базовым механизмом формирования оперативного сенсомоторного поля, в частности, «оперативного поля зрения».

В отечественной литературе эта гипотеза впервые была анонсирована в монографии Ю.Б.Гиппенрейтер 1978 года. Тогда же было сделано и заключение о высоком уровне лабильности (функциональной подвижности) данного образования. *«Анализ показал, что характерной особенностью оперативного поля зрения является чрезвычайная подвижность его границ. Чаще всего оно принимает размеры и конфигурацию предмета, воспринимаемого в данный момент, и в этих случаях как бы садится на «сенсорную фигуру». «Если представить себе оперативное поле в виде образа – светового пятна, то такое пятно будет не только перемещаться вместе с движениями глаз по зрительному окружению, но и **непрерывно «пульсировать»**, принимая различные конфигурации (!!!) и размеры. Как показали наши опыты, размеры оперативно-*

го поля зависят от целого ряда факторов: характера объекта, типа зрительной задачи, условий общей деятельности и т.п. Вместе с тем, настройка на поле определенного размера может осуществляться и как целенаправленное действие» (NBI) [Гиппенрейтер Ю.Б. 1978] (выд. мной, Л.Б.).

Фундаментальный характер организации указанных процессов проявляется ещё и в том, что в условиях стабилизации изображения на сетчатке «при решении сложных зрительных задач начинает работать некоторый механизм, который можно уподобить функциональной фовеа, движущейся по полю восприятия. Этот механизм дает возможность субъекту последовательно воспринимать информацию, попадающую на разные места сетчатки. В опытах получен, таким образом, феномен «идеального» внимания, которое непосредственно не связано с положением глаза. При стабилизации изображения относительно сетчатки внимание произвольно направляется на разные участки изображения, и испытуемые не усматривают принципиальной разницы между восприятием в условиях свободного рассматривания и в условиях стабилизации». «Это тем более удивительно, что в условиях стабилизации движения глаз, казалось бы, не могут выполнять функцию установки глаза, функцию выбора наиболее информативных участков изображения, так как изображение движется вместе с глазом. Основная проблема, с которой мы столкнулись при обсуждении полученных результатов, состоит в том, каков механизм движения внутреннего взора или внимания» [Зинченко В.П. Философское наследие.М. 2016.стр.27] (выд. мною).

Этот поставленный В.П.Зинченко принципиально важный вопрос до сих пор остается открытым.

В плане рассмотрения проблемы оперантной детерминации параметров оперативного сенсомоторного поля как одного из ключевых механизмов начальной стадии построения функциональной системы, нами была проведена серия специальных математических (компьютерных) экспериментов, воспроизводящих данный процесс в среде объектно-ориентированного моделирования LabVIEW-2010.

ОПЕРАТИВНОЕ СЕНСОМОТОРНОЕ ПОЛЕ: КАК УВИДЕТЬ ТО, ЧТО В МАТЕРИАЛЬНОМ МИРЕ РЕАЛЬНО НЕ СУЩЕСТВУЕТ

«Исследование процесса формирования оперативного сенсомоторного (С/М) поля как одного из ключевых механизмов начальной стадии построения **функциональной системы**». До настоящего времени такая задача никогда ещё не ставилась, как минимум, по двум причинам.

Во-первых, из-за отсутствия вразумительной нейрофизиологической трактовки данного явления. Действительно, сегодня, как и прежде, можно уверенно говорить лишь о том, чем это самое С/М поле **не является**. Это не зрительное или какое-то иное рецепторное поле в целом, не зона «фовеа», не алгоритм (“soft”) двигательной активности сенсорных систем и не набор траекторий их движения. «Заметим, что ни само существование, ни особенности функционирования оперативного поля нельзя связать с механизмами, предполагаемыми моторными теориями. Очевидно, что оперативное поле не связано и с пространственной траекторией движения глаз, поскольку оно, образно говоря, **возникает вокруг каждой точки фиксации независимо от направления предшествующего или последующего движения глаз**» [Гиппенрейтер Ю.Б. С.227].

В качестве иллюстрации сказанного можно привести широко известный пример – карту обсматривания изображения Нифертити (рис.89) одним из многочисленных любителей прекрасного. Особенно, судя по правому рисунку, поражающих несусветной красотой ушей «красавицы» (не дай бог, такое приснится). По сути, здесь зафиксирована последовательность движений зрительной оси реципиента «внутри» этого поля в ходе столкновения индивидуума с локусом некоей, поначалу неопредмеченной структурно-полевой аномалии внешней среды. Оценивать топологические особенности самого поля, которое возникает «вокруг каждой точки фиксации» представленной на рисунке кривой, приходится лишь по косвенным данным.

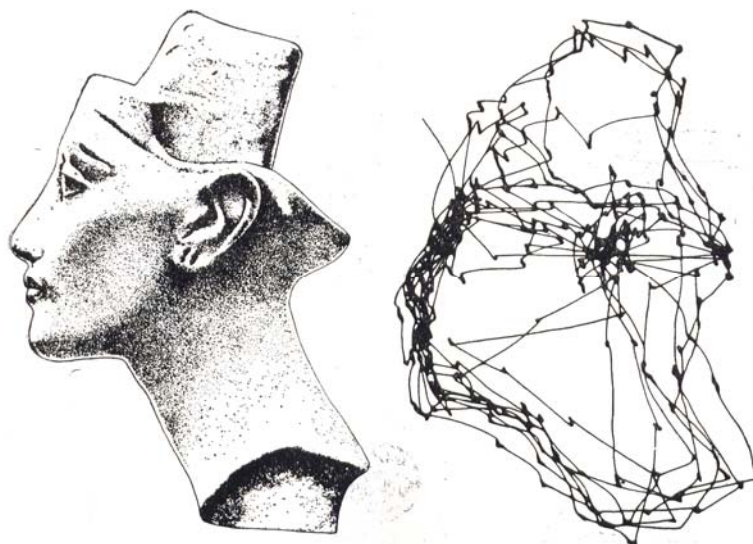


Рис.89. Эта уже набившая оскомину схема движения «взора» по изображению всемирно известной царственной особы на самом деле является косвенным проявлением другого психофизиологического феномена - процесса формирования оперативного зрительного поля.

Последнее незримо присутствует здесь как фактор «заточения», на первый взгляд, совершенно свободных, ничем не ограниченных перемещений зрительной оси реципиента по поверхности обследуемой им картины. Другими словами, речь идет о явлении, которое в свое время было определено как процесс «ограничения избыточного числа степеней свободы» двигательной активности.

Можно только утверждать, что такое поле всегда характеризуется уникальной, различной для разных фрагментов картины конфигурацией.

Особого внимания при этом заслуживает качественное своеобразие данного феномена, его отличие от любых других сенсорных функций. В частности от явления фовеа. «Все описанные факты показывают, что зрительная зо-

на, определяющая не только восприятие, но и практические действия, может не совпадать с анатомическими границами центральной ямки и далеко выходить за ее пределы. В то же время эта зона не совпадает с общим полем зрения, иначе установочные движения глаз были бы не нужны. Приведенные факты побудили нас ввести понятие «**оперативного поля зрения**» для обозначения той части поля зрения, в пределах которой в каждый данный момент осуществляется определенное зрительное действие (обнаружение, различение, опознание и т.п.). Аналогичными по смыслу понятиями являются: «поле внимания» [Moray, 1970], «функциональное поле зрения» [Sanders, 1963]» [Гиппенрейтер Ю.Б., 1978. С.227].

Конечно... В сказанном содержится больше вопросов, чем ответов. Конкретика, как говорится, «оставляет желать лучшего». Однако помимо этого есть и другая объективная причина игнорирования апологетами системного подхода фактора оперативного С/М поля. Имеется в виду ярко выраженная абиотичность данного явления.

Как уже отмечалось, основу теории П.К.Анохина составляют представления о полезном для организма приспособительном результате как императивном (т.е. исключительном, эксклюзивном) факторе построения любой функциональной системы. Последняя, следуя этой логике, всегда являет собой образование, которое всеми своими механизмами направлено на решение той или иной **биологически значимой** для организма задачи.

В противовес этому процесс формирования оперативного сенсомоторного поля характеризуется, как уже отмечалось, своей ярко выраженной «**абиотичностью**».

Однако и это обстоятельство всё равно не вполне убедительно объясняет, почему феномен оперативного сенсомоторного поля в рамках современной версии теории П.К.Анохина вообще никак не учитывается. С нашей точки зрения, тенденция «выноса за скобки» при рассмотрении системных процессов этого, как и любого другого фактора с

«клеймом» абиотичности, вряд ли является оправданной. Ну, хотя бы потому, что начальная стадия построения любой функциональной системы – **афферентный синтез** – связана с учётом множества влияний, биологическая значимость которых для организма априори не является определенной, например, некоторых важных деталей обстановочной афферентации или абиогенных составляющих энграммной структуры памяти.

Соответственно, процесс формирования оперативного сенсомоторного поля (поля внимания) вроде бы должен рассматриваться как ключевой механизм объединения (пресловутого «**синтеза**») абсолютно всех – и биотических, и абиотических факторов. На самом же деле его роль, как и роль ориентировочно-исследовательской деятельности (ОИД), чаще всего, просто игнорируется.

Современные авторы в подавляющем большинстве своих работ предпочитают использовать очень простую схему, которая базируется на утверждении о том, что: *«вне процессов обучения приспособительное поведение может черпаться только из фонда памяти. В силу этого приспособительные поведенческие акты принципиально не могут быть не целенаправленными»*. *«Согласно теории функциональной системы, выбор из всего материала памяти одной цели и соответствующего этой цели одного поведенческого акта осуществляется под воздействием нескольких факторов, обозначаемых как «мотивация», «обстановка» и «пусковой стимул»*. *Взаимодействие этих факторов обозначается как «афферентный синтез»*» [Швырков В.Б. УФН №1. 1978. С.88].

И где же здесь, спрашивается, фактор оперативного сенсомоторного поля? Где ОИД?

- Можно не искать. Их нет! (см. рис.85).

Между тем, если внимательно проанализировать закономерности построения двигательной активности животных в естественных для них условиях, становится очевид-

ным, что приведенная выше «облегченная» схема афферентного синтеза явно не соответствует действительности.

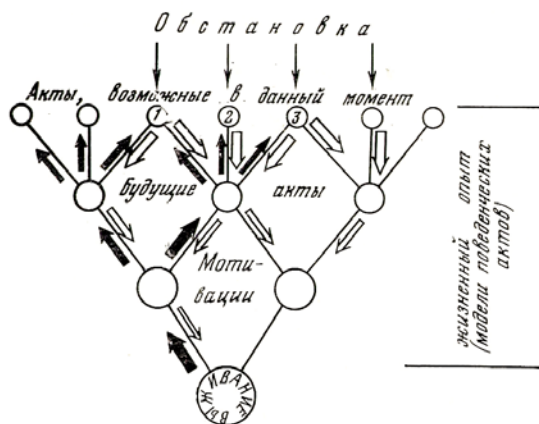


Рис.90. «Кружками обозначены поведенческие акты, составляющие жизненный опыт организма. Связи между ними отражают их положение в иерархии целей. Стрелки указывают направление влияния мотивации и обстановки, определяющих приоритет (цифры в кружках) поведенческих актов в состоянии предпусковой интеграции. Кружки без цифр – «сокращенные степени свободы» [Швырков В.Б. 1978. С.19].

Взять, к примеру, тепловую адаптацию мышей, рассмотренную в начале настоящей монографии.

Как уже отмечалось, даже в отсутствии каких-либо новых «неожиданных» стимулов налицо постоянная поисковая двигательная активность животных в форме ОИР (ОИД) (см.VIDEO 01). И реализуется она следующим образом: экстериоризуемая в Random режиме микромоторика головы → фиксация последней в определенном направлении → перемещение тела туда, куда сориентировал его нос всеуказующий → и т.д. Одним словом, классика ОИД. Новый же «стимул», как показали контрольные опыты, наоборот, останавливает эту активность. Причем, происходит это

отнодь не стимул-реакционным способом, а на основе всё той же схемы Торндайка-Скиннера.

Т.о., животное само безо всяких там рефлексов «что такое» настойчиво ищет и обнаруживает (вроде бы «на ровном месте») некую структурно-полевую аномалию в той среде, где оно находится, после чего начинает активно эту аномалию обследовать, никуда далеко от неё некоторое время уже не отдаляясь. Ещё раз, повтор для тех, кто интересуется разного рода этологическими подробностями...

- Мы видим, что при любых температурных режимах движение каждого из животных реализуется по одному и тому же сценарию, а именно, независимо от того, есть ли какие-то контролируемые экспериментатором «новые» внешние раздражители или их нет, разворачивается непрерывная двигательная активность, как своего рода аналог спонтанного теплового движения молекул идеального газа.

- Однако в отличие от молекул, перемещения животного по экспериментальной камере носят так сказать «проквантовый характер» - они реализуются в форме последовательности стереотипных поведенческих микроактов, выстраиваемых в направлении, которое задается микромоторной активностью головы на подготовительной стадии движения всего тела.

- Период детерминации направления предстоящего полноформатного действия (аналог формирования временно стабильного отношения темпов эволюции ФС/ФСх) характеризуется неподвижным положением тела мыши и направленными в разные стороны хаотическими быстрыми движениями головы.

В итоге реализации такого рода интенсивной микромоторной активности нос животного фиксируется в определенном направлении, в котором и реализуется затем сукцессивное («развернутое») движение всего тела в течение нескольких последовательных «итераций».

Отсюда и конкретика построения компьютерной модели всего этого.

**ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ
ПОЛЕЙ САМООРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ VI-СИСТЕМ**

«Теория извлечения информации, очевидно, не нуждается в таком понятии, как память. Она свободна от постулата о влиянии прошлого опыта на настоящее посредством памяти. Требуется другое — понятие научение, то есть улучшение восприятия в процессе практической деятельности, и роль внимания в этом процессе, не прибегая к «пуганице с памятью» и к такой «палочке-выручалочке», как прошлый опыт» (Дж.Гибсон Экологический подход к зрительному восприятию.1988.С.361)

«Целенаправленное поведение, свободное от постулата о влиянии на него прошлого опыта». Звучит прямо, как маловразумительное откровение «после вчерашнего» не пойми кого, не знаю о чём. На самом деле никакой сложности в понимании и моделировании данного явления нет. Не нужно даже тратить время на разработку новых LabVIEW моделей. Достаточно просто вернуться к одному из ранее уже рассмотренных их варианту и открыть дополнительные опции незримо присутствующие там на экране осциллографа. Что в результате мы увидим?

А вот что... Оказывается, что кроме крестика, который, как уже отмечалось, отражает текущие уровни самоорганизации $ФС_x$ и $ФС_y$, там наличествует ещё один не менее занятный элемент. Это подвижная красная точка с большим пунктирным нимбом вокруг неё (рис.91).

Ну и что она здесь, спрашивается, делает?

Ответ на этот вопрос сокрыт в особенностях построения рассматриваемых нами функциональных систем. А именно в том, что в каждой из них на самом деле непрерывно разворачиваются два диаметрально противоположных процесса, уравнивающих друг друга и создающих тем самым эффект целесообразности происходящего.

Первый - это процесс самоорганизации, основанный на вырастании $ФС_x$ и $ФС_y$ из их же собственных негэнтропийных флуктуаций. А второй, как ни странно - процесс подавления этого автоорганизационного беспредела. Упомянутый выше кружок, хаотически передвигающийся в поле графопостроителя, как раз и является индикатором текущего уровня блокады автоорганизационных процессов. Т.е., блокады, выполняющей барьерную функцию на пути продвижения крестика к заветной конечной точке $\{1;1\}$ – пику организации двух систем. Но не только. Одновременно с этим положение красной точки определяет и **текущее значение скоростей** двух параллельно идущих автоорганизационных процессов $ФС_x$ и $ФС_y$. Такого рода зависимость – визитная карточка систем неформальных нейронов. Методами имитационного моделирования (стр.185) воспроизвести данный феномен (**феномен темпорального поля негэнтропийной эволюции**) не возможно.

Принципиально важным моментом является то, что механизм торможения самоорганизации системообразующих элементов напрямую связан не с текущей их активностью, а с тем, что происходило со всей системой в целом в рамках выполненных ею предыдущих аналогичных действий. В самом начале тестирования, когда никаких событий в жизни системы ещё не случалось, уровень оказываемого на процессы её самоорганизации торможения свободно «гуляет» между своим потенциальным максимумом и минимумом. Причем, происходит это для $ФС_x$ и $ФС_y$ абсолютно независимо. Полная неуправляемость, полное отсутствие стабильности чего-либо, полная дизкоррелятивность всего, что только возможно. Наглядной иллюстрацией этого является работа соответствующей подсистемы (рис.76).

Упорядоченность в этой сфере формируется лишь постепенно, в ходе обучения, но опять-же не стимул-реакционным способом, а исключительно благодаря процедуре оперантной детерминации системных механизмов по закону эффекта Торндайка-Скиннера. Как именно?

Вот здесь-то как раз и начинает работать принцип построения ФС на основе неразрывного единства всех её узловых механизмов с императивом конечного результата (в рассматриваемом нами случае – подачи кормушки с едой). Это событие уже изначально является фактором стабилизации положения «точки фиксации» в рабочем поле, независимо от того, кто именно открывает кормушку - экспериментатор или сама система (рис.91).

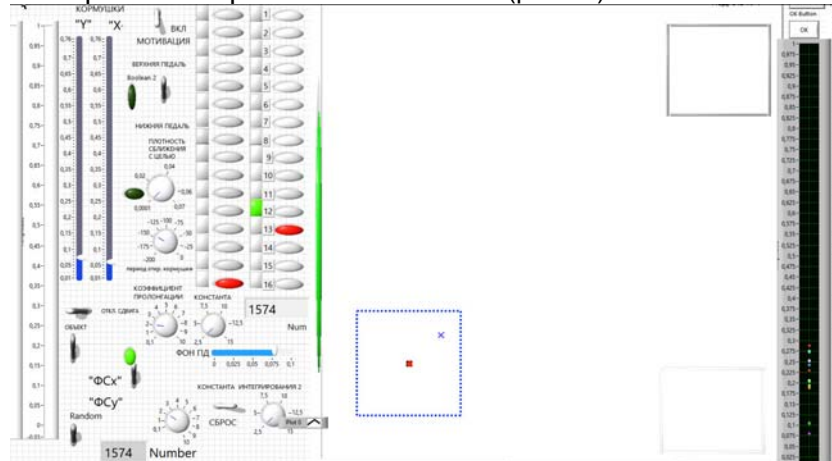


Рис.91. Contral Panel модели MODEL-27-2021.vi.

Здесь оперативное С/М поле в процессе обучения системы постепенно принимает параметры биологически значимого объекта – педали. Сначала её координаты, а затем и форму.

Contral Panel. Итак, на рабочем столе расположены: слева – кормушка, а справа две педали. Эффективной в опыте всегда является только одна из них: либо верхняя, либо нижняя. Какая конкретно – определяется переключателем «верхняя педаль – нижняя педаль». Все остальные кнопки, регуляторы, индикаторы не требуют специального описания, поскольку полностью соответствуют таковым у ранее рассмотренной модели.

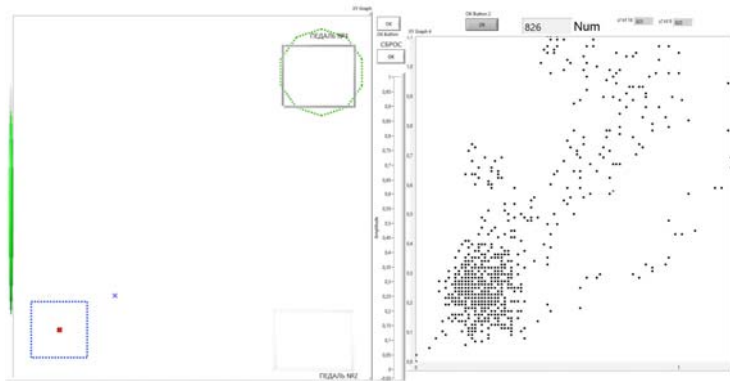


Рис. 92. MODEL-27-2021.vi. с блоком «наброса» точек фиксации

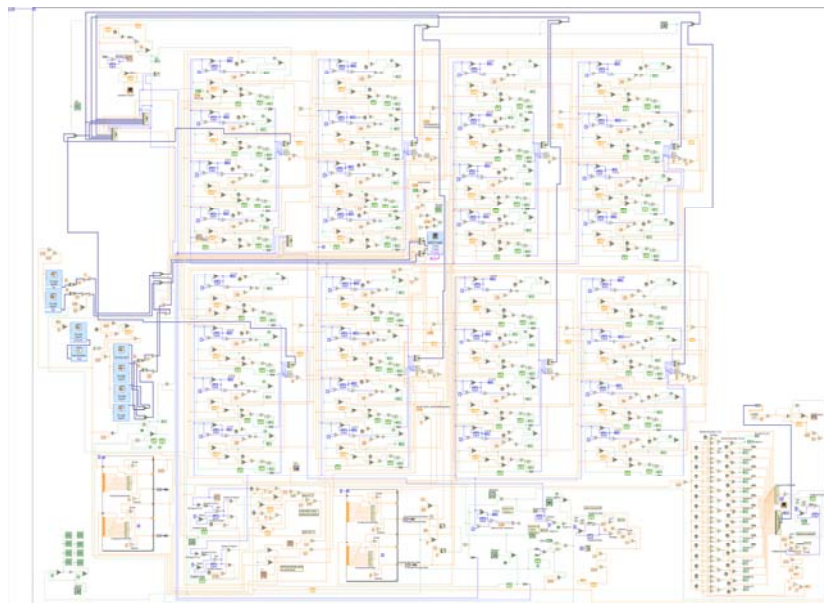


Рис. 93. Математический алгоритм MODEL-27-2021.vi (на DVD диске все это можно разглядеть и без микроскопа!)

Запуск устройства с главной панели управления сразу же приводит к открытию кормушки и, как следствие, продвижению к ней системы. Через 5 секунд после этого кормушка автоматически закрывается, в результате система вновь переходит в состояние хаотического движения по всему рабочему полю. Продолжается это на протяжении непредсказуемого по длительности периода времени до тех пор, пока точка фиксации и непрерывно преследующий её крестик не окажутся в зоне расположения эффективной педали. В итоге кормушка вновь открывается, и система снова получает доступ «к еде». Параллельно с этим возникает небольшой сдвиг уровня её «внимания» в сторону эффективно сработавшей педали. На завершающей стадии обучения происходит радикальное изменение конфигурации оперативного сенсомоторного поля: оно **чисто визуально (!)** принимает вид педали. Последние слова требуют определенного комментария. И вот почему...

Как уже отмечалось, гипотеза воспроизведения в наборе параметров оперативного С/М поля сложных признаков воспринимаемого объекта, таких как его форма, размеры, динамика изменения местоположения была высказана более 40-ка лет назад [Гиппенрейтер Ю.Б. 1978. С.227]. Но гипотезу, как говорится, «на хлеб не намажешь». Для её эффективной имплементации в практику экспериментально-теоретических исследований для начала было бы неплохо попытаться разработать такую объектно-ориентированную модель, у которой оперативное сенсомоторное поле самостоятельно находило массив точек абсолютно абиотической пространственно-структурной неоднородности внешней среды, а затем в несколько этапов принимало бы его форму (релевантно переовплощалось в него, становясь его нематериально оприходованным клоном).

В этом случае действительно можно было бы говорить о механизме формирования полноценного идеального отображения («образа») реального объекта внешней среды. Ведь что такое отконфигурированное под геометриче-

скую форму и местоположение того или иного предмета оперативное сенсомоторное поле? Это всего-навсего зона потенциального (в конкретно числовом выражении никогда не воспроизводимого) вброса набора допустимых уровней самоорганизации функциональных систем. То есть, по определению А.Н.Леонтьева в чистом виде нематериального явления, которое, несмотря на это, обладает вполне реальными пространственно-временными характеристиками.

Но, хотя данная задача уже и является решенной (см. Прил. №4), в контексте проводимого нами анализа правильнее будет не выходить пока на уровень глобальных умозаключений, ограничившись рассмотрением самого простого случая. А именно, информационного наполнения оперативного сенсомоторного поля лишь одной координатной составляющей биологически значимого объекта внешней среды (педали).

Этого вполне достаточно для того, чтобы прийти к наиважнейшему выводу – к заключению о том, что указанное уподобление оперативного поля сенсорному объекту осуществляется не по сценарию их геометрического отождествления (см. цит. Гиппенрейтер Ю.Б. на стр.205), а по критерию релевантности кластера «**фазового пространства**» оперативного С/М поля отражаемому им предмету. То есть, их взаимоподобию с учетом не только переменных X , Y , Z , но и V_X , V_Y , V_Z . Причем, эти, так сказать, координатно-скоростные характеристики к топологии объекта, находящегося в определенном месте рабочего поля, имеют весьма отдаленное отношение. Оперативное С/М поле в принципе не способно на что-либо «садиться» (по терминологии Ю.Б.Гиппенрейтер), поскольку на самом деле оно является порождением автоорганизационных процессов, развертывающихся не в трёх, а в шестимерном пространстве признаков. Заумь, конечно. Но иначе объяснить все это пока не возможно. Теперь, возвращаясь к LV- модели.

Action. Сразу после запуска системы с главной панели управления **крестик**, отражающий текущую величину

самоорганизации двух независимых функциональных систем $ФС_x$ и $ФС_y$, начинает абсолютно хаотично перемещаться по всему рабочему полю. Никакой направленности в его движениях нет: налицо полная «избыточность степеней свободы» по П.К.Анохину. Однако сохраняется такое состояние лишь до момента случайного попадания крестика в зону расположения эффективной педали. В результате происходит незначительное, поначалу даже не заметное глазу повышение уровня «внимания» функциональной системы именно к этой зоне. Отображением сего является плавное снижение периода времени между смежными нажатиями на неё (рис.95).

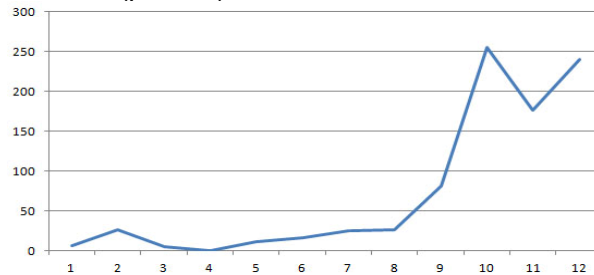


Рис.94. Динамика изменения активности «точки фиксации» в процессе обучения модели MODEL-27-2021.vi Project 012. По оси абсцисс – номер итерации $\times 1000$ шт (отсчёт от начала тестирования системы). По оси ординат – длительность (количество итераций) нахождения «точки фиксации» («точки внимания») в зоне расположения педали.

Что означает «нажатие кроликом на педаль», когда это делает он сам, а не агрессивно настроенный по отношению к животному экспериментатор – вполне понятно. Неясно только что происходит при этом на уровне системных процессов математического аналога биосубстрата?

Итак, у нас есть две абсолютно независимые функциональные системы, способные вырастать из своих же собственных спонтанных негэнтропийных сдвигов. Уровень текущего состояния их самоорганизации в каждый момент времени отражает положение «крестика» в рабочем поле.

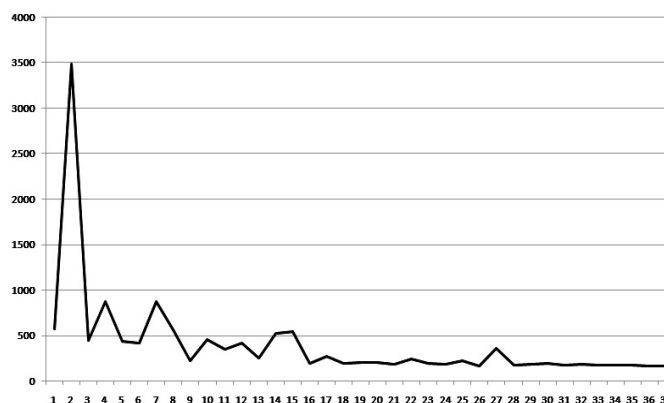


Рис.95. Кривая научения системы MODEL-27-2021.vi.
По оси абсцисс: номер очередного нажатия на педаль.
По оси ординат: количество итераций («квантов времени») между двумя смежными нажатиями.

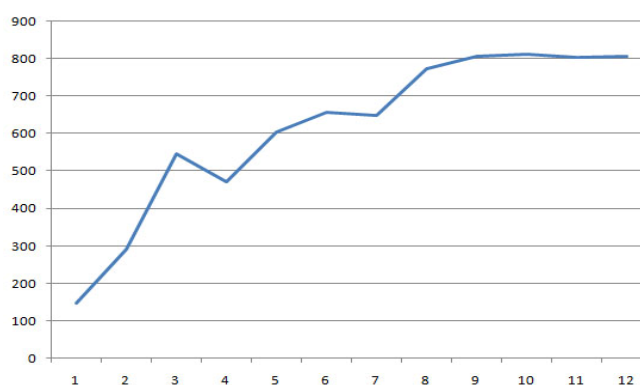


Рис.96. Динамика продолжительности открытия системой кормушки «с едой» в течение определенного ряда последовательных периодов времени. По оси абсцисс – номер очередного временного интервала, длительностью 1000 итераций. По оси ординат - суммарная длительность периода открытой кормушки на протяжении соответствующего интервала времени ($\Delta T=1000$ итер.).

Исходно перемещение такого крестика по рабочему полю носит абсолютно стохастический, не целенаправленный характер. Это значит, что в результате синергорезонанса элементы этих двух систем иногда переходят в совершенно разные по уровню негэнтропии состояния. Никакого направленного движения к максимуму или минимуму самоорганизации у них нет, поскольку стабильный уровень негэнтропийного статуса системе никто «свыше» не навязывает. Соответственно, никакой синхронизации двух процессов – тоже не происходит. Однако указанная энтропийная неразбериха постепенно подавляется фактором положительного подкрепления в виде подачи кормушки, каждое открытие которой неуклонно повышает вероятность **одновременного** перехода этих абсолютно независимых по своему компонентному составу функциональных систем в строго определенные по уровню их организации состояния.

Ещё раз: когда «крестик» начинает зависеть в определенной точке рабочего поля, это вовсе не означает наличия максимума самоорганизации $ФС_x$ и $ФС_y$. Это свидетельствует лишь об одновременной фиксации какого-то промежуточного негэнтропийного для каждой из них состояния. Другими словами фактор положительного подкрепления (еда в кормушке) выступает не как инициатор безудержного перехода системообразующих элементов на уровень их тотальной организации. Никакого биологически значимого позитива такой радикальный переход не несет. Результат, как уже говорилось, на самом деле не является системообразующим фактором (в прямом смысле этого русско/английского часто употребляемого слова). Он выступает всегда в роли фактора системостабилизирующего.

Так это происходит и здесь. Но осуществляется подобная оргфиксация не в жесткой форме (не путем записи соответствующей числовой информации в реестр ОЗУ), а вследствие незначительного ограничения «избыточности» степеней свободы определенного комплекса автоорганизационных действий.

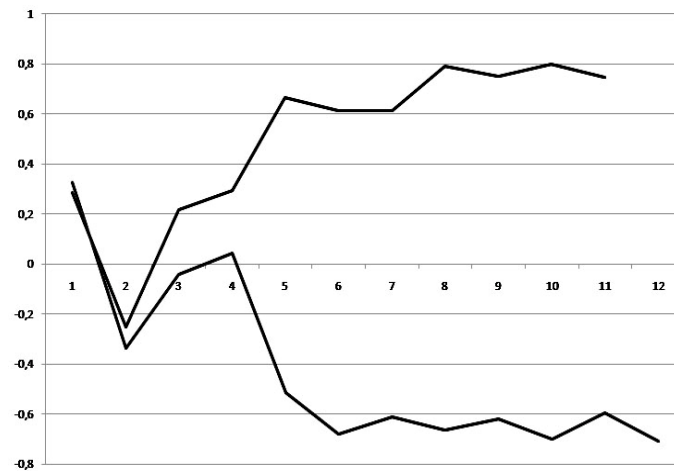


Рис.97. Принципиальное различие динамики коэффициента корреляции двух автоорганизационных процессов, реализуемых в директориях «Х» и «У» в ходе обучения системы. Верхний график соответствует выработке навыка нажатия на педаль №1. Нижний график – на педаль №2.

По оси абсцисс – номер последовательных временных интервалов по 1 тысяче штук каждый, начиная с итерации под номером 500 и далее до №40500.

По оси ординат – величина коэффициента корреляции уровней самоорганизации ΦC_x и ΦC_y в соответствующий период времени.

Нетрудно заметить, что текущее местоположение эффективной на данный момент педали кодируется на уровне межсистемных отношений в динамической форме, а именно, в параметрах корреляционной зависимости разворачивания двух автоорганизационных процессов.

Причем, речь идет не об отражении системой GSM идентифицируемых координат обнаруженного системой нового объекта (педали), а о его местоположении относительно биологически значимого суперимператива – кормушки. Изменение местонахождения последней при прочих равных условиях кардинальным образом меняет представленную на этом рисунке картину.

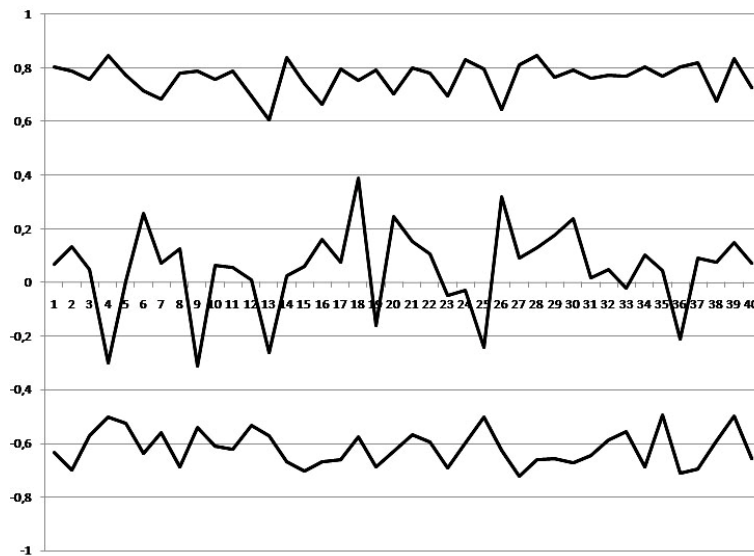


Рис.98. Динамика величины коэффициента корреляции текущих темпов развёртывания автоорганизационных процессов двух функциональных систем ($ФС_x$ и $ФС_y$) в рамках последовательных итераций в трех различных стационарных состояниях (уже после процесса научения).

А именно:

- поведение двух систем в условиях уже выработанного у них полностью автоматизированного инструментального поведения с использованием педали №1 (верхний график);
- то же самое в случае использования педали №2 (нижний график);
- в исходном «фоне» при отключенных педалях и кормушке (центральная кривая). Все обозначения – как на рис.97.

- Самое-самое главное: никаких новых межкомпонентных связей, никаких проторений путей для передачи чего бы то ни было, здесь нет. А жесткая функциональная связь между $ФС_x$ и $ФС_y$ (через общий результат, имплементируемый законом эффекта), тем не менее, постепенно возникает. В данном случае результат действительно становится системообразующим фактором. Но не потому, что

его информационная модель перед этим была успешно извлечена из памяти организма. На уровне межсистемных отношений, как уже отмечалось [Бобровников Л.В. 2008], будущий результат способен выполнять системопостроительную миссию, не нарушая при этом принципа причинности. Что и происходит.

Прим. Как это ни парадоксально, но в данном случае хорошо видно, что становление инструментального поведения происходит отнюдь не путем совершенствования механизмов самоорганизации. С каким эквифиналом они раньше шли, так и продолжают идти. А вот что касается межсистемных отношений – это да. Всё обучение именно к этому и сводится...

Прим. Если не обращать внимания на то, что происходит в левой части лицевой панели, то есть, игнорировать особенности динамики импульсной активности системообразующих элементов, то мы наблюдаем здесь классику выработки инструментального пищедобывательного поведения. Ни один специалист-этолог не сможет отличить видеозапись происходящего от формализованного до уровня движения «крестика» поведения живого кролика. Феномен VI-целенаправленности при этом просто зашкаливает.

Ещё раз: на всех этапах обучения мы имеем здесь дело с двумя независимыми функциональными системами, между элементами которых никаких «синаптических» связей нет: ни до обучения, ни после. Между тем, постепенно в ходе выработки инструментального поведения все они начинают работать очень согласованно: как единое целое.

Правда и здесь тоже не обходится без «забега в ширину». А именно. Изначально эта самая независимость выражается не в постоянном отсутствии корреляционной взаимосвязи двух систем, а в дефиците строго определенного **уровня корреляции** их автоорганизационной деятельности. Он, этот уровень стабилизируется лишь постепенно, в ходе выработки инструментального поведения. Причем числовое выражение возникающего конститутива

определяется позиционированием педали относительно кормушки. Можно сказать, что структурно-полевые характеристики внешней среды, соотносимые с решением задач биологической значимости, кодируются именно в этом, определяемом самой системой параметре.

Всё вышесказанное относится пока только лишь к внешне наблюдаемым поведенческим проявлениям. Вопрос: что происходит при этом, так сказать, в общефизиологическом плане остается открытым. Между тем, ответ на него, на наш взгляд, очевиден. **Происходит выработка, так называемого, условного рефлекса второго рода.**

Декларируя это заключение, мне стоит публично покаяться в том, что, начиная с момента успешного окончания музыкальной школы, и по сей день, я являюсь последовательным противником рефлексорной теории Павлова. Концепция глобального ассоцианизма как основы объяснения **механизмов** обучения и памяти всегда воспринималась мной крайне негативно. Но это не означает отрицания самого феномена условного рефлекса. И не только феномена. Условный рефлекс – это удобная экспериментальная модель для изучения различных когнитивных процессов.

Кстати говоря, такой же точки зрения придерживался и П.К.Анохин [1968, 1973]. Неслучайно основополагающий его научный труд называется «Биология и нейрофизиология условного рефлекса». А другую свою известную монографию он озаглавил: «От Декарта до Павлова». И везде красной нитью проходит одна и та же мысль: условный рефлекс это надёжно воспроизводимый поведенческий феномен, но механизмы его формирования носят значительно более сложный характер, нежели простое протекание в мозге путей для избирательного распространения по ним возбуждения от рецепторов к исполнительным структурам. Какие же механизмы имеются в виду?

Чтобы получить ответ на этот вопрос необходимо ещё раз вернуться к тому, что наблюдается в классических опытах Ивана Петровича Павлова.

Суть феномена условного рефлекса заключается не в том, что в результате обучения звонок начинает отождествляться собакой с «образом» наличной пищи у неё во рту, поэтому на звук наблюдается интенсивное слюновыделение. Свершается нечто совершенно иное. А именно: происходит **расширение** периода времени слюноотделения. Именно такое расширение и является биологически значимым событием. Этот период не завершается в момент отключения звонка. Он продолжается и во время еды. Просто звонок становится фактором маркировки начальной точки нового увеличенного в ходе выработки рефлекса временного интервала интенсивной секреции слюны.

Это условие особенно актуально при использовании в качестве пищи сухарей. Если набивать ими пасть, после чего «запускать» процесс слюноорошения полости рта, то это неизбежно приведёт к гибели животного вследствие возникновения множества микротравм одной из самых чувствительных зон его тела. Поэтому с биологической точки зрения необходимость опережающего отражения действительности является здесь критически важной. Никакой разницы: звонок, свет или вид находящейся поблизости еды. Это может даже быть абсолютно индифферентный (ранее никогда не применяемый) раздражитель в модели так называемого «динамического стереотипа». Просто имеет место продиктованное биологической целесообразностью расширение интервала времени интенсивной секреции слюны именно в сторону «до», а не «после» загрузки пищи в рот (прошу прощения, в пасть). По меткому выражению Б.Скиннера: *«В эксперименте Павлова голодная собака слышит звонок и затем получает пищу. Если это произойдет много раз, то собака начинает выделять слюну, когда услышит звонок. Стандартное менталистское объяснение таково, что собака якобы «ассоциирует» звонок с пищей. Но ведь ассоциировал их Павлов, а не собака!»* [Б.Ф.Скиннер 1982. С. 2].

Нечто подобное наблюдается и в ходе формирования рассматриваемых нами LabVIEW систем. Последовательность событий такова: случайное достижение «точкой

фиксации» зоны педали и «покрытие» её там крестиком приводит к открытию кормушки. Это понятно. Но главное, что в итоге в зоне кормушки в **стационарном** состоянии **одновременно** снова окажутся и точка, и крестик. С нейрофизиологической точки зрения это означает стабилизацию скоростей автоорганизационных процессов $ФС_x$ и $ФС_y$ на фоне стабильного же уровня самой их организации.

В результате выработки УР временной период такого рода мультистационарности (X , Y , V_x , V_y) начинает постепенно расширяться в сторону, предшествующую моменту получения еды. Пусть с другими параметрами, но суть от этого не меняется. Базовый **феномен** обучения и в этом случае оказывается таким же, как и в опытах И.П.Павлова.

Что здесь особенно важно: открытие системой кормушки означает переход её элементов (на 5 секунд) в состояние устойчивой стабилизации не только уровней автоорганизационной активности двух образующих её субФС, но и стабилизации усредненных уровней «**SHRUG OFF**» всех их элементов. А поскольку это подкрепляется порцией еды, то по закону формирования условного рефлекса в последующих аналогичных реализациях состояние стабилизации указанных системных процессов будет уже во все более и более явной форме расширяться по времени в сторону предварения момента подачи кармушки.

Только вот процесс этот реализуется не по схеме стимул-реакция, а по закону эффекта Торндайка-Скинера. Т.е. путем повышения вероятности возникновения устойчивых орг. состояний системы и по крестик, и по точке, и в $ФС_x$, и в $ФС_y$. Положительный эффект возникает здесь при сочетании этих событий, т.е. когда происходит своего рода развертывание всех без исключения узловых механизмов функциональных систем. А чтобы по-отдельности – это ни-ни... Т.е. одного лишь снисхождение «поля внимания» до уровня зоны расположения эффективной педали не достаточно для получения результата (еды). Объектом оперантной детерминации является вся функциональная система в

целом, а не отдельные её механизмы. Крестик же отражает чисто исполнительные механизмы (мышечное напряжение и, как следствие, двигательная активность системы). Точка с нимбом – это проявление откровенно «мистического» с позиций вульгарного материализма феномена «внимания».

Очень важная вещь: движение крестика и движение центрирующей С/М поле красной точки – это напрямую не связанные друг с другом процессы. Главное их отличие состоит в том, что Random конкретика крестика определяется исключительно активностью других системообразующих элементов, а точки – нет. Её поведение детерминировано только организацией внешней среды + наслоением на это событий, имевших место в ходе предшествующей деятельности системы.

Правильнее даже сказать: «точка фиксации» изначально в паттерне своей активности не содержит никаких сведений о параметрах организации внешней среды. Такого рода конкретику она начинает постепенно «набирать» лишь в процессе выработки инструментального поведения. Ограниченность зоны её вброса местоположением педали и есть процесс привнесения биологически значимой информации о внешней среде. Ведь нахождение «точки внимания» системы в зоне педали – это первопричина. А продвижение в эту зону крестика – всего лишь следствие постоянного преследования им точки – банальное повторение того, что он делал ранее и в зоне педали, и вне её.

Получается вполне понятная вещь: plot-элемент под условным названием «крестик» привносит в коллективную работу по выработке инструментального поведения фактор организации исключительно системообразующих элементов, а «точка фиксации» («точка внимания») – организацию среды (взаимное расположение в рабочем поле педали и кормушки). Инструментом же стыковки внешней и внутренней организаций выступает «закон эффекта» Торндайка.

То же самое можно сказать другими словами.

Движение крестика определяется исключительно его собственной активностью вкупе с активностями других системобразующих элементов. Никакие внешние факторы (результат, его модель, зона педали, местоположение кормушки) на текущий паттерн его двигательной активности не влияют. Чисто визуально он тупо преследует «точку внимания», а на самом деле отражает стремление системы к достижению максимального уровня её самоорганизации. Внешне наблюдаемое при этом постоянное преследование крестиком этой самой точки есть не что иное, как эпифеномен - следствие неравномерного блокирования системой её устремления в сторону негэнтропийной вершины, на которую она постоянно жаждет вскарабкаться, но практически всегда безрезультатно.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Итак, мы имеем две изначально независимые функциональные системы, которые обладают способностью самостоятельно, безо всякой поддержки извне или изнутри переходить в максимально возможное для каждой из них высокоорганизованное состояние. В основе такой самосборки ФС, как уже отмечалось, лежит механизм оперантной детерминации активности её элементов, который реализуется в рамках процесса их взаимодействия на получение общего результата. При этом на уровне «организмов в организме» достаточно часто (но не всегда!) случайно исторгаемые ими потенциалы действия сопровождаются информационным постспайковым запросом на системный уровень о результатах содеянного. Именно последнее обстоятельство – нестабильность, стохастичность работы данного информационного контура и играет решающую роль в возникновении явления квазицеленаправленности поведения.

Визуально каждый акт движения (в виде крестика на рабочем поле) выглядит строго целенаправленно, притом, что цель может оказаться в любом, заранее непредсказуе-

мом месте декартовой системы координат. Как это происходит? Прежде всего, какие процессы стоят за перемещениями красной точки этой модели?

А делают это сами системообразующие элементы, благодаря присущему им свойству **SHRUG OFF**. Но они своей активностью не иницируют указанный процесс, а всего-навсего сохраняют те изменения, которые свершились в ходе реального столкновения автоорганизационных процессов с факторами внешней среды. Дело в том, что элементы системы не всегда интересуются последствиями генерации каждого своего потенциала действия (ПД), который направляется в «общий котёл». Иногда – да, иногда нет. Иногда ПД«+», иногда ПД«-».

Когда именно им это интересно, и когда нет - они и сами этого не знают. **SHRUG OFF** он и есть **SHRUG OFF**. Сплошная стохастика, как и все, что происходит в процессе формирования любой ФС.

У системы есть возможность влиять на усредненный уровень текущего «**SHRUG OFF**» всего комплекса системообразующих элементов. У каждого из них это исходно присущее им качество по-прежнему сохраняется. Однако вероятность появления «спайков с интересом» (как единственный материал реализации «закона эффекта» на коллективном уровне) постепенно возрастает.

Как следствие, по мере развития процесса самоорганизации системы становится все больше и больше идущих в общий котел ПД, которые потенциально способны переходить в состояние синергетического резонанса друг с другом на основе реализации «закона эффекта». Но происходит это уже не до предельно возможного уровня. На каком-то этапе (который и определяет красная точка своим текущим местоположением) этот процесс срывается. Возникает изменение максимально допустимого в данный момент времени пика самоорганизации опять же через стохастически детерминированное изменение состояния коллективного **SHRUG OFF**.

ЧАСТЬ V

НЕЙРОСИНЕРГЕТИКА НЕМАТЕРИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

«Очевидно, что целенаправленное поведение может быть только поведением, извлеченным из памяти организма... Эта память и является «психикой»» [Швырков В.Б. 1986. С.11]

Психология и психологи. Несомненно, претенциозное позиционирование себя в качестве специалиста по изучению нематериальной реальности накладывает неизгладимый отпечаток на любителей заниматься подобными делами: некий легко уловимый окружающими ареол загадочной таинственности исследователя потустороннего мира. И это не удивительно. Залезть в душу другого человека – занятие, требующее высокого профессионализма и не свойственного большинству людей высокого уровня деликатности.

Тем более что долгое время психологам в их изысканиях приходилось довольствоваться исключительно приёмами интроспективного анализа, в рамках которого инструментом изучения сферы нематериальных (идеальных) явлений выступает либо психика самого исследователя, либо таковая его пациента, согласившегося давать откровенные ответы на задаваемые ему каверзные вопросы. Однако, *«что в действительности происходит в субъективном мире, т.е. в голове испытуемого, остается полностью скрыто как от испытуемого (иначе объективная психология вообще бы была не нужна), так и от психолога (иначе существовала бы одна экспериментальная объективная психология)»* [Швырков В.1995. С.6].

Ограниченность подобного методологического подхода очевидна. *«Психика, как писал об этом же несколькими годами ранее В.Б.Швырков - часто определяемая как субъективное отражение объективного мира, при любых чисто психологических исследованиях может изучаться*

только в процессах общения испытуемого и экспериментатора (непосредственно или через объекты среды), поэтому не только интроспекция, но и объективные психологические исследования оказываются неизбежно ограниченными сферой сознания» [Швырков В.Б. 1981а. С.4].

Вместе с тем, если психику как явление нематериального мира, пытаться изучать только другой (столь же нематериальной, как и она сама) психикой, то, как в таком случае быть с зоопсихологическими исследованиями? Или с проблемами моделирования психических функций в рамках создания биоподобных (нецифровых) систем искусственного интеллекта в области чрезвычайно востребованных сегодня военных разработок?

И не только...

Вопросов много. Большинство из них до сих пор остаются нерешенными, несмотря на то, что альтернативный интроспекции инструментарий был сотворён ещё в 1970-х годах прошлого века. Поворотным моментом здесь стало открытие явления системной специализации нервных клеток.

О том, что это такое, уже много говорилось в предыдущих разделах монографии. Здесь же хотелось бы, слегка утрируя, окончательно расставить все точки над «и». Речь по сути дела идет о новом прочтении старой, дошедшей до нас из глубины веков гипотезы о существовании в мозге людей маленьких разумных человечков – гомункулусов, которые способны решать за нас всякие сложные задачи логико-когнитивной направленности и воплощать затем результаты своей работы в поступки мозгообладателя.

То, что это откровенный бред зацикленных на примитивном мифотворчестве людей, было твердо заявлено ещё тогда, в мрачные годы эпохи возрождения и торжества инквизиции. А теперь получается, что зря!? В конце XX века выяснилось, что это не измышления больных на голову придурков, а всё именно так и есть. Правда, гомункулусы

эти выглядят не как миниатюрные хомо сапиенсы, а скорее чем-то напоминают обитателей океанических глубин, типа спрутов или морских звезд. Но главное, что функции, которые они выполняют, действительно полностью соответствуют гомункулускулярным. Например, были идентифицированы «нейроны внимания» [Mountcastle W.B., 1978], «нейроны ошибок» [Thorpe S. et al., 1983], «нейроны цели» [Александров Ю.И., Корпусова А.В., 1987; Швырков В., 1985, 1995], «нейроны экстраперсонального пространства» [Mountcastle W.B., Lynch J., Georgopoulos A., 1975]; «нейроны когнитивных карт» [ÓKeefe J., 1976] и т.п.

Перечисленные выше типы нервных клеток, при всех очевидных различиях объединяет то, что все они работают на том же уровне озадаченности, что и организм в целом. Более того, выполняемые ими функции носят ярко выраженный психический окрас. Ну и чем, спрашивается, не гомункулусы!?

Однако самое главное заключается даже не в этом. Главное, что речь здесь идет не о банальной корреляционной зависимости, наблюдаемой между разрядной активностью каких-то там нейронов и реализацией тех или иных психических функций. К концепции психофизического параллелизма это не имеет никакого отношения. Как показали результаты проведенных исследований, системоспецифичные нервные клетки на самом деле являются полноценными генераторами этой самой психической реальности. Именно так их и нужно рассматривать. Именно по этой причине *«наличие у таких нейронов «лишних» импульсов, как и отсутствие «необходимых», создаст определенное рассогласование в системе и затруднит достижение полезного приспособительного результата»* [Швырков В.Б. 1978а. С.103]. И это никакая не гипотеза, не схоластически оприходованная декларация, а более-менее экспериментально доказанный факт, запrotocolированный вручением в 2014 году Нобелевской премии по физиологии.

Резюме: анализ явления системной (поведенческой) специализации нервных клеток, исследование процессов формирования их активности открывает возможность изучения разнообразных психических процессов на основе объективных методов - методов, альтернативных интроспективной классике решения подобных задач. Проще говоря, психику уже становится вполне реально изучать не только другой психикой, но и инженерно реализуемыми методами объективного нейрофизиологического анализа.

Руководствуясь этими ниспосланными «нейрогомуникулами великих интеллектуалов прошлого» (ха-ха!) возможностями, нами была поставлена амбициозная задача разработать компьютерную модель, воспроизводящую всю базовую нейрофизиологическую линейку системоспецифичных нервных клеток, которые по известным критериям специалисты классифицируют именно как «нейроны цели».

Напомню, что по Швыркову *«...только «нейроны целей» дают активации, соответствующие иерархии поведенческих актов во всем континууме поведения, и временной анализ показывает, что эти активации обрываются соответствующими результатами, например появлением звука кормушки, обнаружением в ней пищи или наличием пищи во рту»* [Швырков В.Б. 1982а. С.16].

Но дело не только в этом. И безголовые живые существа (в опытах И.М.Сеченова) вполне способны к построению полноценного приспособительного поведения, завершающегося достижением полезного результата. Это экспериментально доказанный ещё в XIX-ом веке факт. А, поскольку ФС в рамках поведенческого континуума мы выделяем именно по результату, у нас есть все основания делать вывод о возможности построения безголовыми организмами полноценных функциональных систем. Т.е. при полном отсутствии мозга, как «склада целей», каждая из которых рассматривается апологетами системной психофизиологии в качестве «императивного фактора построения функциональных систем в поведении и обучении».

Методика

Рассматриваемые нами LabVIEW модели, как отмечалось, хороши тем, что в них априори уже все есть. Не нужно ничего дорабатывать. И представленная ниже система не исключение. В ней работает все та же самая схема непрерывного уравнивания двух противоположных тенденций. Одна из них реализуется в рамках самопроизвольного перехода комплекса системообразующих элементов в их максимально организованное состояние, когда они начинают генерировать свои потенциалы действия не вразнобой, а максимально согласованно, максимально синхронно.

А вот другая тенденция выступает в качестве фактора противодействия этому самоорганизационному беспределу. И это не альтернативная группа других корифеев самоорганизации, прикладывающих свои усилия в противоположном направлении. Вовсе нет. Факторы эти снисходят из не вполне материального мира – из мира желаний, который может влиять исключительно на сферу намерений системообразующих элементов.

Индикатором уровней такого рода управления автоорганизационной активностью выступает как раз красная точка. Она в сущности ничего конкретно не отражает, поскольку всего-навсего индицирует уровень текущей «расхлябонности» трудового коллектива (уровень царящего в его рядах пофигизма).

Отсюда и задача данного раздела книги. А именно установить закономерности организации поля потенциалов действия ФС при разных положениях этой самой точки **SHRUG OFF**, отражающей динамику текущих скоростей самоорганизации двух функциональных систем. Проще говоря, ставится задача выяснить, как отражаются и то, и другое в матрице биоэлектрических разрядов двух 16-ти элементных массивов системообразующих элементов ($ФС_x$ и $ФС_y$). По результатам такого анализа мы как раз и сможем получить ответ на вопрос о механизмах и принципах материального кодирования психических процессов.

Итак, берём рассмотренную выше систему *MODEL-27-2021.vi* и добавляем к ней измерялочку длительности межспайковых интервалов (рис.99), многоканальный регистратор нейроморфной импульсной активности (рис.100) и частотомер процесса генерации потенциалов действия системообразующих элементов (рис.101). Ну и заодно – блоки трансляции их работы в Excel.

Шаг первый...

ИЗМЕРЯЛОЧКА МЕЖСПАЙКОВЫХ ИНТЕРВАЛОВ (MODEL-28-2021.vi)

Блок-диаграмма этого прибора представлена на рис.99.

Работает он следующим образом. Тройка суб. приборов «Random Number → ФОН ПД → Less Or Equal» - это неоднократно уже описанная ранее в монографии генераторная структура стохастического потока потенциалов действия (имитатор разрядной активности живого нейрона). Формируемый ею на выходе ТТЛ сигнал подается на центральные pin-ы двух суб. приборов Select. Верхний - осуществляет остановку и сброс нарастающего числа итерацией, «укладывающихся» между двумя соседними ПД.

Происходящее отражается на самом верхнем экране осциллографа лицевой панели (рис.99). Ну а формирование одной «единицы» суммирования осуществляется цепочкой суб. приборов: Random Number 02 → FeedBack Node 01 → Not Equal → Boolean To 0,1 → Add. То, что получается на выходе этой системы можно увидеть на экране центрального осциллографа. Это ступенчатая кривая, каждый элемент которой соответствует количеству итераций, в которых сохранялась величина длительности предыдущего межимпульсного интервала. Именно это число и идет затем в Excel память для последующего построения по этим данным паттерна распределения межимпульсных интервалов.

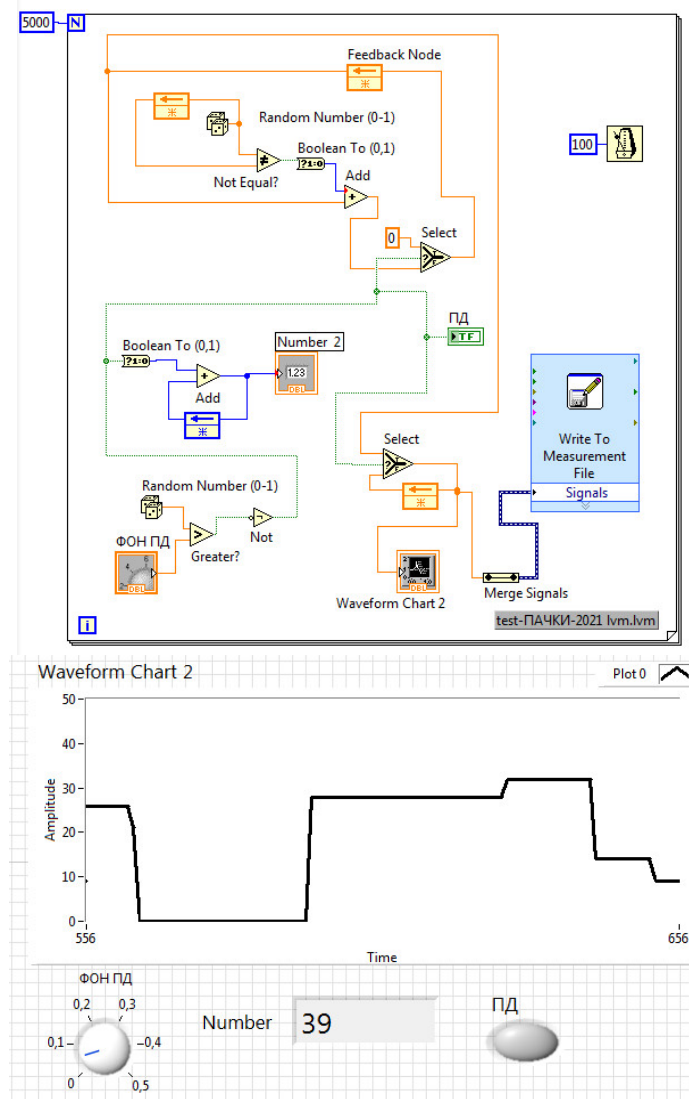
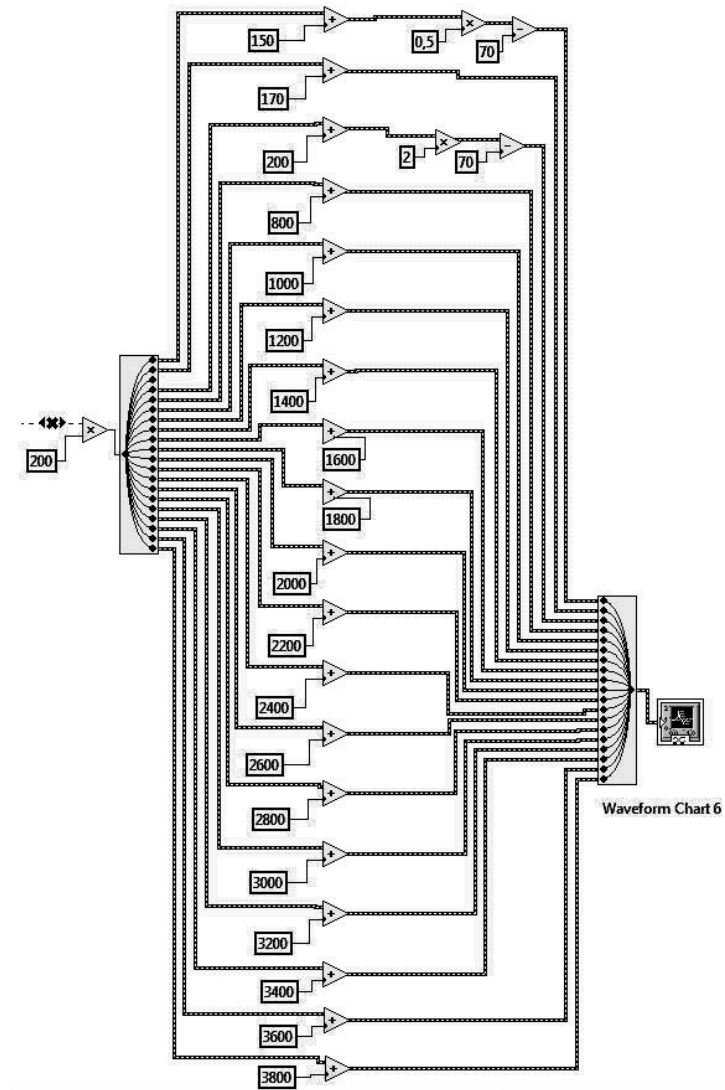


Рис.99. Суб прибор для измерения межспайковых интервалов **MODEL-28-2021.vi**

Шаг второй: Многоканальный регистратор импульсной активности (Рис.100)
(15_05_2021 №3)



Шаг третий

**ЧАСТОТОМЕР ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ
ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (MODEL-29-2021.vi)**

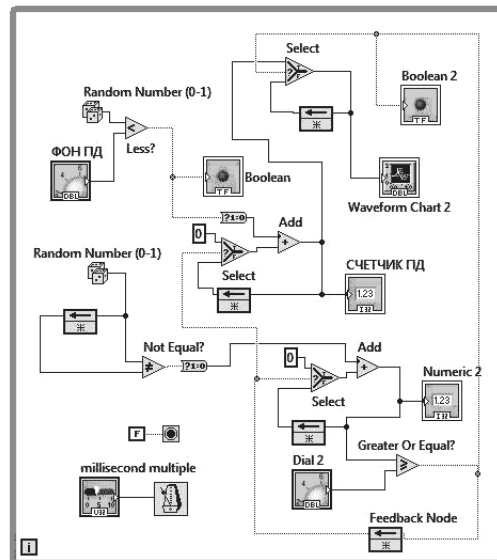
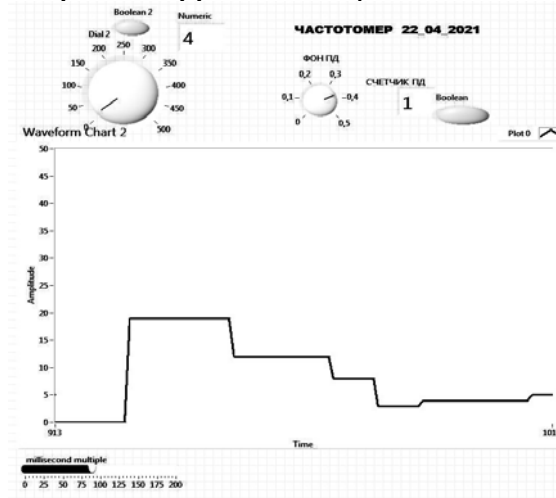


Рис.101.

Лицевая панель MODEL-30-2021.vi (Рис.102)

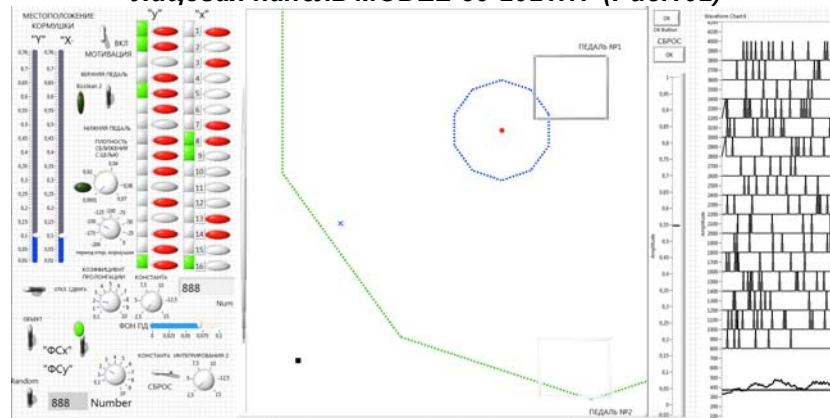


Рис. 103. Блок диаграмма MODEL-30-2021.vi

Методика обработки полученных данных

Анализ динамики средней частоты разрядной активности на последовательных этапах поведения.

Сравнительный анализ показателей актограммы на последовательных стадиях формирования математического аналога инструментального пищедобывательного поведения.

Построение предрезультатных и постстимульных гистограмм нейроимпульсной активности от различных моментов реализации инструментального действия

Построение гистограмм распределения межимпульсных интервалов на разных этапах обучения системы.

Сравнительный анализ частоты импульсации у разных системообразующих элементов.

Корреляционный анализ степени выраженности избирательных фазных активаций нейроморфных элементов и отклонений поведенческих показателей актограммы от средних значений. Достоверность различий оценивалась по критерию Стьюдента. Критериальный уровень $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Базовый феномен, который наблюдается в результате выработки компьютерного аналога инструментального поведения: наличие ярко выраженных предрезультатных активаций у всех без исключения системообразующих нейроморфных элементов, образующих единую группу любителей взаимодействия.

- Неповторимость рисунка мультинейронных биоэлектрических разрядов в последовательно выполняемых системой инструментальных актах.

- Вариативность разрядной деятельности одного и того же «нейрона» в последовательно выполняемых системой стереотипных поведенческих актах.

- Формирование предрезультатных паттернов нейронной импульсации не из «молчащих» нейронов.

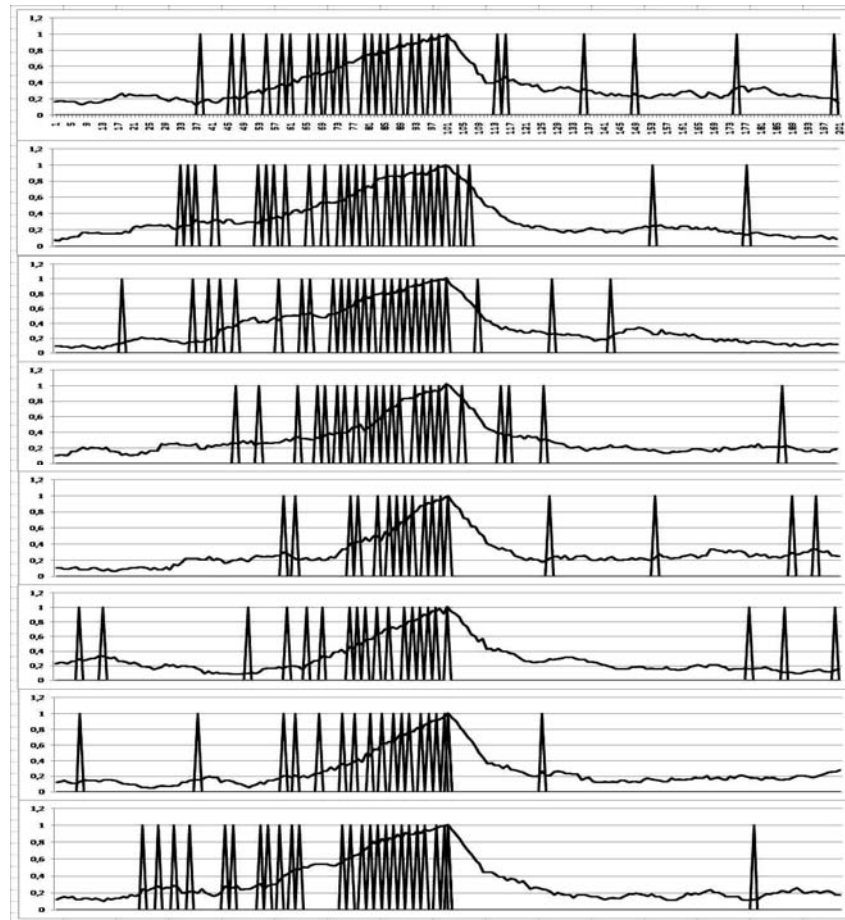


Рис.104. Типичные предрезультатные паттерны разрядной активности одного и того же нейроморфного элемента, регистрируемые на заключительном этапе выработки у «безголовой» LabVIEW системы аналога инструментального пищедобывательного поведения. Нейронограммы построены от момента нажатия на педаль.

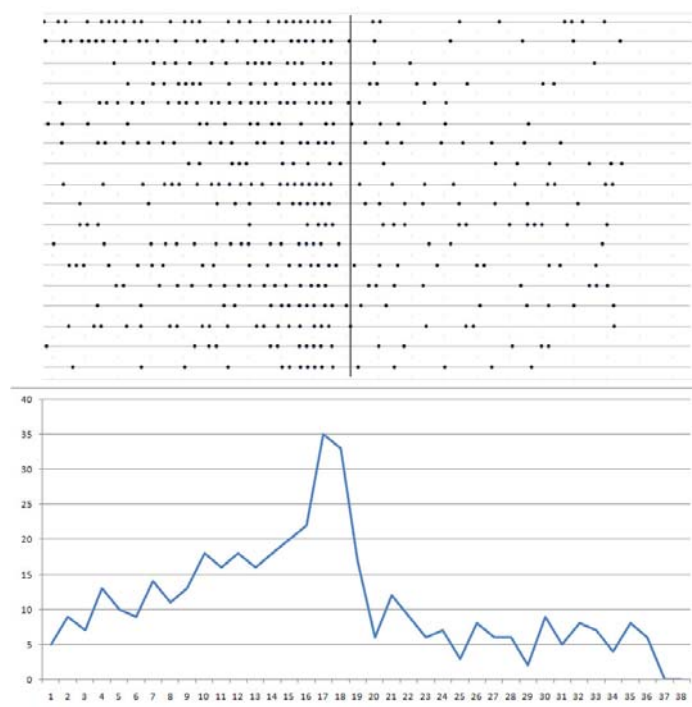


Рис.105. Случай диагонального расположения педаль-кормушка.

Растры (вверху) и гистограмма (внизу) разрядной активности одного и того же нейроморфного элемента, построенные от момента нажатия на педаль на стадии сформированного автоматизированного инструментального поведения системы. Каждая точка на растрах соответствует одному потенциалу действия.

В данном случае кормушка установлена в левом верхнем углу экспериментальной камеры, а педаль – в правом нижнем. В итоге регистрируются типичные предрезультатные паттерны нейронной активности.

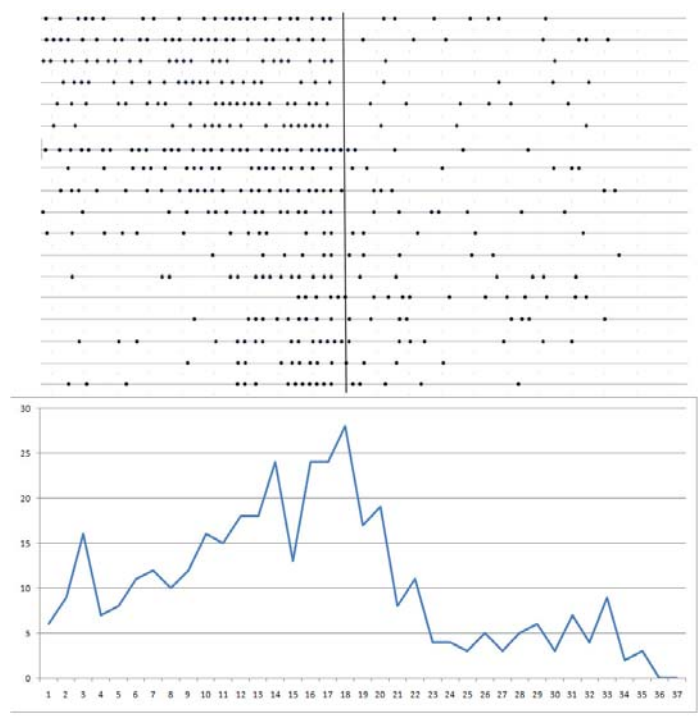


Рис.106. Случай горизонтального (одноуровневого) расположения педаль-кормушка (на одном и том же «У» уровне). Нейрон из системы FC_x , естественно. Все обозначения как на рис.105.

№1. Рассмотренные выше LABVIEW системы при всей своей очевидной примитивности обладают по крайней мере одним несомненным достоинством по сравнению с их нейрофизиологическими прототипами, коими являются экспериментальные модели, связанные с изучением биоэлектрической активности нервных клеток у свободноподвижных животных. Указанным преимуществом является то, что в LABVIEW мы имеем возможность регистрировать и анализировать согласованную работу полного набора системо-

образующих элементов. Ни один из них не остается вне поля зрения исследователя.

В нейрофизиологических же опытах об этом можно только мечтать. Отсюда - множество домыслов, предположений, догадок: приписывание живым нейронам фантастических свойств, которыми они на самом деле не обладают.

Этот круг вопросов ранее уже был предметом детального рассмотрения. В частности, в той части, которая касалась ошибочности применения нестохастических критериев для выделения группы системоспецифичных нервных клеток (см. Бобровников Л. 1996). Другой вопрос затрагивал проблему корреляционных соотношений между динамикой изменения поведенческих параметров и степенью выраженности фазных перестроек нейронной активности. В этом же ключе рассматривался и вопрос о механизмах фазных торможений нейроимпульсации и проблема нетождественности явлений поведенческой и системной специализации нервных клеток (Бобровников Л.В. 2008. С.24-47).

Всё, в конечном счете, упиралось именно в невозможность регистрации не то что всех без исключения системообразующих элементов, но даже хотя бы нескольких из них с последующим сопоставлением паттернов их биоэлектрических разрядов по отношению друг к другу.

№2. Согласно основным положениям системной психофизиологии предрезультатный паттерн отдельного нейрона всегда является демонстрацией его вовлеченности в многокомпонентную функциональную систему. Его фазная активность всегда результат коллективной деятельности группы нейронов, а не какого-то одного из них. Наглядной демонстрацией этого является видеозапись мультинейроморфной активности в рассматриваемом нами случае (рис.100).

- Разная степень выраженности феномена предрезультатности биоэлектрических разрядов у разных нейронов одной и той же системы, а также и у одного и того же элемента в последовательных реализациях.

- Неповторимость актограмм поведенческих актов.
- Вариативность ВПА даже у полностью сформированных (автоматизированных) действий.

№3. Установленная мультинейронная предрезультатность на самом деле является следствием сопряженности двух взаимосвязанных друг с другом антагонистических процессов: **фазной активации и фазного торможения** (Бобровников Л. 2011. С.60-70).

В LABVIEW системах этот феномен объективизируется в ситуации изменения местоположения педали и кормушки. Отсюда вывод: предрезультатный паттерн нейроморфной активности это не целедетерминированно выраженное отражение на нейрональном уровне объекта=цели, а демонстрация гештальта педаль-кормушка. Без «предкормушечного» торможения нейронной активности ничего «предпедального» не было бы и в помине. Наглядную иллюстрацию тому дают рис.107-108. Здесь один и тот же комплекс нейронов, но при разном взаиморасположении в рабочем поле кормушки и педали.

№4. Нестабильность амплитуды фазных активаций и торможений как активности одного элемента, так и их групп (Бобровников Л. 2008). Крайняя форма такого рода нестабильности – отсутствие в отдельных актах сформированного поведения фазных перестроек нейроимпульсации.

Последнее обстоятельство помимо всего прочего имеет принципиально важное методическое значение при проведении экспериментальных исследований явления системной специализации нервных клеток. Этот вопрос ранее обсуждался только в чисто теоретическом плане. Теперь же появилась возможность не просто убедиться в необходимости отказа от использования нестационарных критериев выделения группы системоспецифичных нейронов, но и понять причину временного исчезновения предрезультатных паттернов импульсации у заведомо системообразующих элементов (см. рис.109).

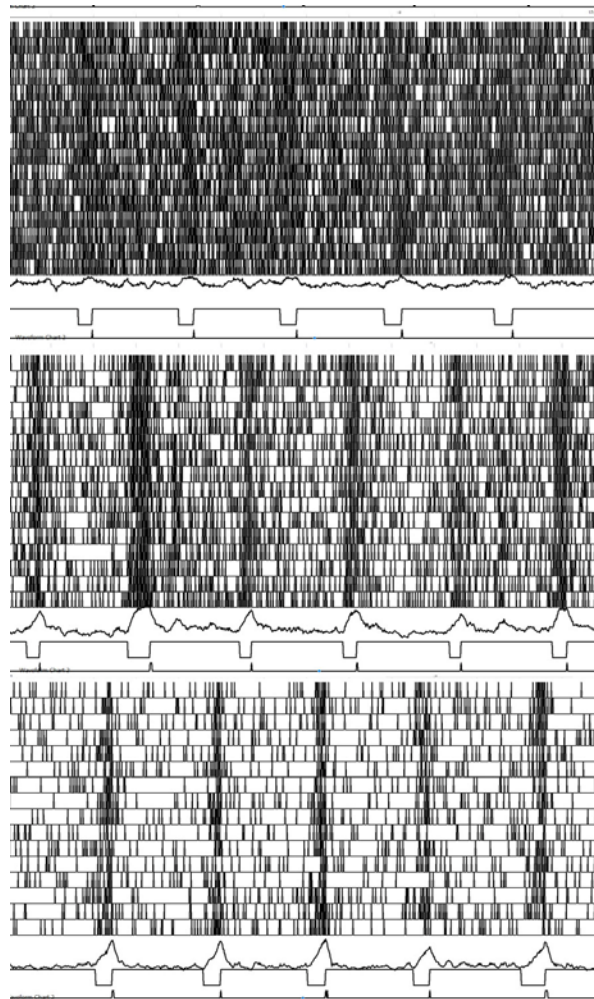


Рис.107. Постепенное возникновение предрезультатной активации у группы «фоновоактивных» нейронов в случае перемещения кормушки из верхнего левого угла (верхний рисунок) в нижний левый (нижний рисунок). Педаль расположена в правом верхнем углу и не меняет своего положения.

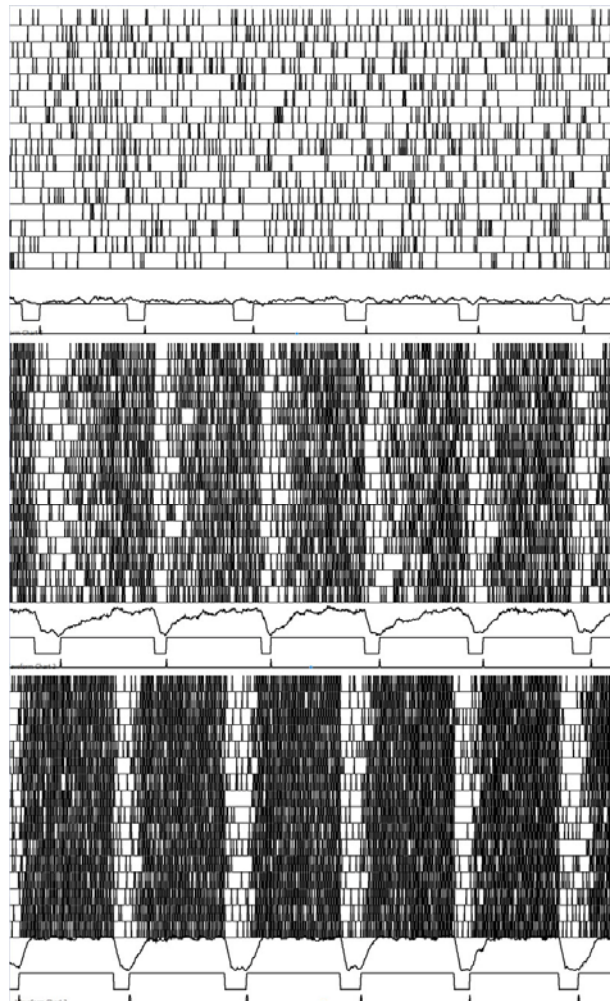


Рис.108. Постепенное возникновение предрезультатной (от начала побежки к педали) активации у группы «фоновоактивных» нейронов в случае перемещения кормушки из нижнего левого угла (верхний рисунок) в верхний левый (нижний рисунок). Педаль расположена в правом нижнем углу и не меняет своего положения.

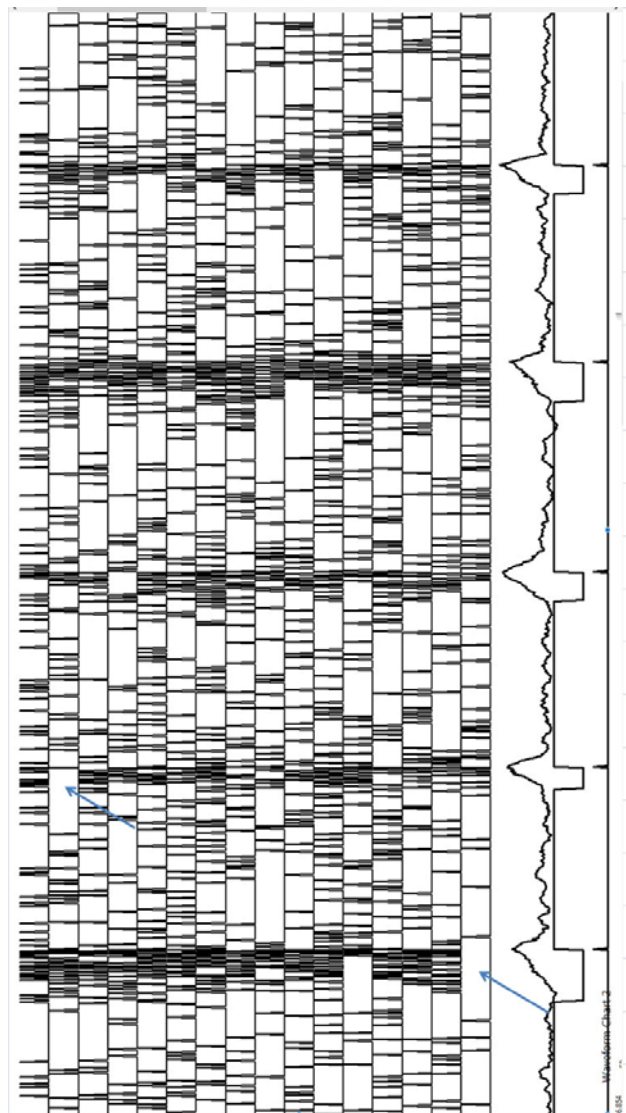


Рис.109. Две синие наклонные стрелки указывают на моменты отсутствия фазных перестроек нейроимпульсации у одного из системоспецифичных элементов.

№5. При любых расположениях биологически значимых объектов среды (педаль и кормушка), когда связка: фазная активация-фазное торможение четко проявляются, в результате обучения возникает феномен опережающего формирования интеграции **SHRUG OFF** по отношению биогенерационному процессу. Гетерохрония синхронизаций.

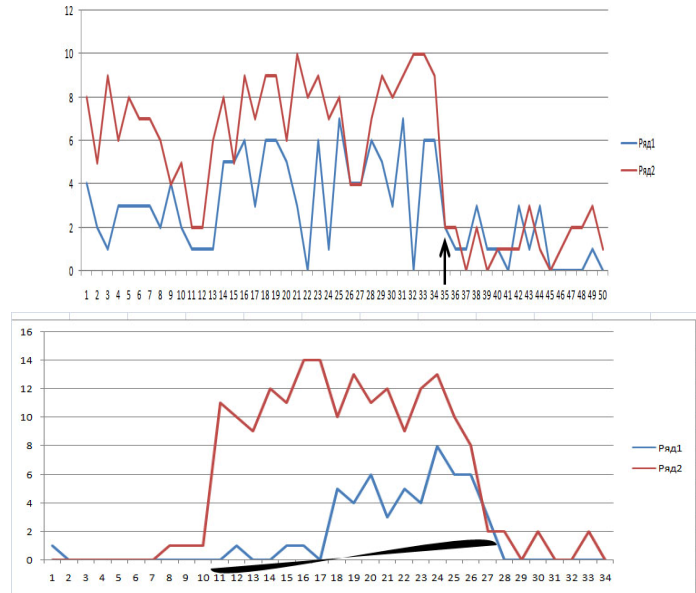


Рис.110. Возникновение феномена опережающего развития автоорганизационных процессов по параметру «предрасположенности» к генерации потенциалов действия по отношению к биогенерационному процессу и, как следствие, двигательной активности системы на заключительном этапе (нижний рисунок) обучения по сравнению с его началом (верхний рисунок).

По оси абсцисс – количество итераций, умноженное на 1000 шт. По оси ординат – количество системообразующих элементов, демонстрирующих одновременную (в рамках одних и тех же итераций) активность красных овалов (красная линия графика, ряд №2) и потенциалов действия (зеленые прямоугольные индикаторы на лицевой панели и, соответственно, синяя линия графика, ряд №1). Стрелка – нажатие на педаль.

№6. Особенностью рассматриваемых нами систем, как уже отмечалось, является то, что их функционирование обусловлено развертыванием двух антагонистических процессов. Первый из них это процесс самоорганизации нейроморфных элементов, который приводит к синхронизации их импульсной активности и, как следствие, напряжению/движению исполнительного органа. Но поскольку происходит это не в форме одновременной реакции ряда двигательных единиц на генерализованный центральный стимул, а в результате градуально нарастающего процесса автосинхронизации их разрядов, появляется дополнительный процесс “Shrug off”.

Индикатором его динамики является «движение» красной точки по рабочему полю. Парадокс состоит в том, что эта красная точка на самом деле **реально (точнее, в материальном мире) вообще нигде не существует**. Она лишь отражает состояние текущей коллективной «расхлябонности» на уровне постспайковых запросов элементов на системный уровень. Причем, постепенно, по мере обучения этот процесс начинает автономизироваться от основной автоорганизационной компоненты «тела» ФС. В результате возникает явление опережающего отражения действительности, которое помимо всего прочего приобретает способность к реализации в интериоризованном виде, когда исполнительное действие ФС благодаря влиянию мозговых центров (внутреннее торможение по И.М.Сеченову) оказывается вообще полностью заблокированным.

В подобных случаях в структуре темпоральных (скоростных) характеристик процесса негэнтропийной эволюции возникает феномен отражения предметных характеристик различных сенсорных объектов. Последние, обладая выраженным свойством абиотичности (несвязанности напрямую с достижением системой тех или иных полезных для организма приспособительных результатов), приобретают набор специфических свойств психической (нематериальной) реальности.

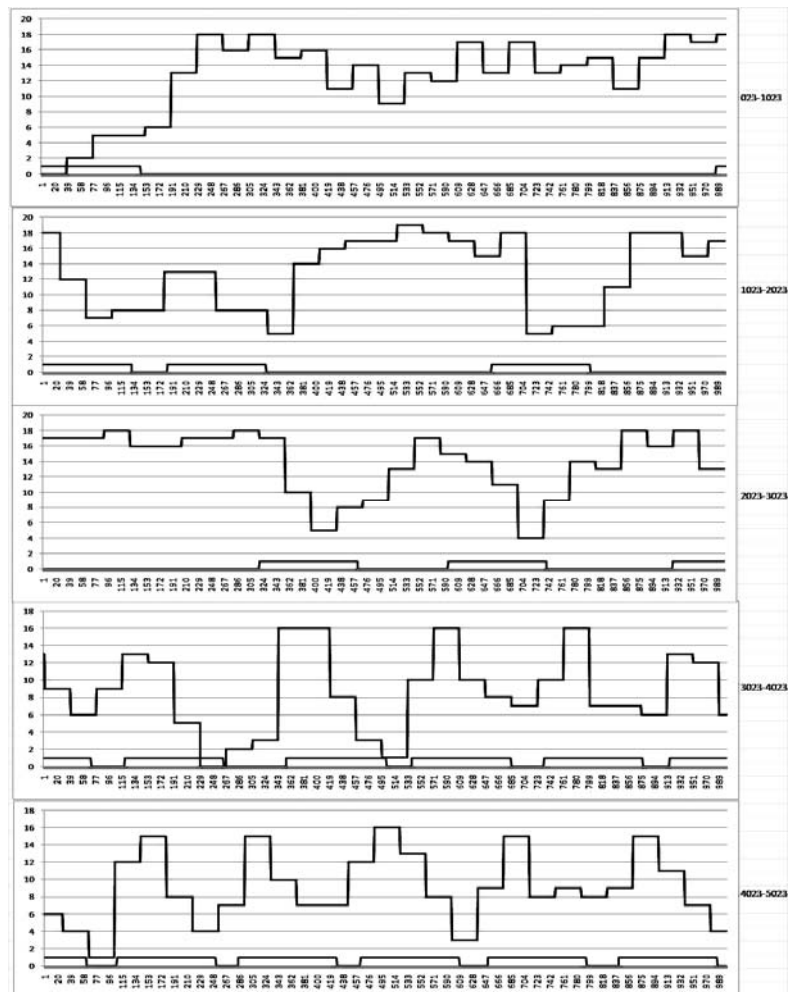


Рис.111. Динамика изменения средней частоты разрядной активности группы системоспецифичных нейроморфных элементов на разных этапах формирования инструментального поведения. По оси ординат – частота разрядов. По оси абсцисс – номер итераций от начала тестирования системы.

Обсуждение

Результаты проведенных за последние годы многочисленных нейрофизиологических исследований позволяют сегодня уверенно утверждать, что когда мы ставим перед собой какую-либо задачу и приступаем к её решению, в структурах нашего мозга появляются особые, сложно организованные ансамбли согласованно работающих нервных клеток. Именно они и генерируют последовательности центральных команд, которые разрешаются на уровне двигательной периферии в форме целенаправленных действий.

Поскольку команды эти транслируются мышечным структурам в виде высокоорганизованных паттернов биоэлектрических разрядов, отсюда делается вполне предсказуемый вывод. А именно. Та самая организация нейрофизиологических механизмов, которая в рамках построения функциональной системы обеспечивает получение полезного приспособительного результата, кодируется в форме паттерна избирательно распространяющихся в нейронных сетях потенциалов действия и никак иначе.

Это заключение по праву можно считать краеугольным камнем современной науки о мозге – положением, которое безоговорочно принимается представителями всех без исключения нейрофизиологических школ. А таковых немало. Правда, принимается данное утверждение только в той части, которая касается внешней стороны указанного явления (его феноменологии), но никак не лежащих в его основе механизмов. Относительно последних до сих пор имеется множество различных точек зрения.

Самой популярной среди них по-прежнему остаётся версия, основанная на павловской телеграфно-телефонной модели, согласно которой в ходе обучения в ЦНС происходит формирование новых межэлементных связей. Последние фиксируются в памяти в виде комплекса избирательно потенцированных синаптических контактов. В качестве же фактора их актуализации рассматривается определенный набор внешних сигналов, главный среди которых - УС.

Альтернативный (но не сильно отличающийся от первого) сценарий основывается на представлениях о существовании в определенных подкорковых структурах мозга так называемых «мотивационных» центров.

Активация образующих их нервных клеток при возникновении внутренней потребности организма и соответствующей доминирующей мотивации приводит к массовому появлению особой пачкообразной формы нейро импульсации. Для разных мотиваций параметры её различны. Именно такая пачкообразная ритмика и транслируется затем из области латерального гипоталамуса в другие отделы мозга, формируя в итоге констелляцию синхронно работающих в разных отделах ЦНС, но в едином ритме нервных клеток.

Прим. Об истинных «механизмах» пачкообразования см. Психологический журнал 2003 №4. Бобровников Л. и Прил.3*

И наконец, третий не менее популярный ныне и тоже вошедший в учебники для Вузов РФ сценарий основывается на том, что никакой разновременности в формировании систем согласованно работающих в поведении нейронов на самом деле нет (а такого рода разновременность – это базовое положение других теорий). И в сенсорных, и в мотивационных, и в моторных отделах мозга расположенные в них элементы начинают работать одновременно. Как это происходит? Предлагается такое объяснение:

«При действии внешнего стимула целенаправленная интеграция физиологических механизмов не создается трансформацией возбуждения от рецепторов, а извлекается из памяти организма» [Швырков В.Б. 1978. С.90]. С этой точки зрения ничего доказывать вроде бы уже не надо. После успешного достижения результата функциональная система не исчезает, а просто раз и навсегда фиксируется в памяти как некий full-«слепок» своего источника. Что же касается процесса усложнения ФС, её «системогенеза», то он реализуется по схеме возведения иерархической структуры нового системного образования на базе «старой» ФС приблизительно таким образом...

В ходе обучения исходная сфокусированность «императивного системообразующего фактора» (конечного результата) в одной временной точке начинает постепенно размываться. Появляются дополнительные, перцептивно выделяемые событийные императивы («этапные результаты»). По этой причине изначально максимально сосредоточенный интеграционный процесс становится все более и более растянутым во времени.

Соответственно, на компонентном уровне происходит разделение исходно единого ФС-образования на быстроорганизующуюся его часть и более инертную. Сохранение между ними «усеченного ряда» исходных связей формирует особой комплекс внутрисистемных взаимодействий, в рамках которого лабильная часть новой интеграции приобретает функцию предвосхищения и управления своей интеграционной активностью процесса организации другой (сохранившей «инертный» статус) части функциональной системы. В импульсных же отправлениях нейроморфных элементов это как раз и приводит к возникновению у наиболее «шустрых» из них предрезультатных (целедетерминированных) паттернов биоэлектрических рядов.

Вполне удобоваримое объяснение. Во всяком случае, для большинства представителей российской школы системных психофизиологов. Однако анализ поведения рассмотренных выше LabVIEW моделей свидетельствует о существовании принципиально иного сценария формирования этого самого опережающего отражения. Главным в нем является то, что процесс системообразования не сводится только лишь к организации разрядной активности нейроморфных элементов.

Параллельно с этим всегда разворачивается другой не менее важный автоорганизационный процесс - процесс самоорганизации в сфере **SHRUG OFF** состояний системообразующих элементов. Это два качественно различных явления. Именно их дифференциация в ходе обучения и приводит к опережающему построению процессов самоор-

ганизации **SHRUG OFF** компоненты ФС по отношению к исполнительной её части. Никакой «второй» (новой) быстроформирующейся ФС при этом не возникает (рис.110).

Что здесь особенно важно. Получается, что в данном случае вообще не требуется каких-либо целеподобных детерминант для успешной реализации таких схем. На первое место здесь всегда выходит именно фактор конечного приспособительного результата, как это и констатировал П.К.Анохин во всех своих основополагающих трудах.

Впрочем, причина, по которой В.Б.Швырков и пятьдесят его самых близких приняли в свое время решение заменить в центральной формуле общей теории функциональных систем «конечный результат» извлекаемым из памяти его «информационным эквивалентом» (целью) тоже понятна.

Дело вот в чём...

В современной науке есть базовая апологема, которая, безусловно, принимается представителями всех без исключения научных школ, направлений, ведомств. Речь идет о так называемом принципе причинности, согласно которому причина возникновения того или иного явления всегда предшествует моменту его реального появления «на свет божий». И, когда мы говорим об извлекаемой из памяти цели действия, об условном стимуле или о триггерно инициируемом «мотивационном возбуждении», именно так это и происходит. А по теории П.К.Анохина - нет. Аналогичная проблема уже более века тяжким бременем продолжает лежать и на «законе эффекта» Торндайка-Скиннера. Последний (indeed, «первый среди первых») не случайно много раз обращался к данному вопросу с целым рядом весьма обстоятельных разъяснений. Суть их предельно ясно отражена в следующем его высказывании:

*«Неправильно говорить, что оперантное подкрепление «усиливает» реакцию, которая предшествует ему. Реакция уже произошла и не может измениться. Изменению подвергается **будущая вероятность** реакции одно-*

го и того же класса. Именно оперант как класс поведения, а не реакция как определенный случай подвергается обусловливанию. Следовательно, отсутствуют нарушения фундаментальных принципов науки, которые исключают «конечные причины». Но этот принцип нарушается, когда начинают утверждать, что поведение находится под контролем «мотивов», или «целей», которых организм еще не достиг, или «намерений», которых он еще не выполнил. Утверждения, в которых используются такие слова, как «мотив», или «цель», обычно сводятся к утверждениям об оперантном обусловливании, и необходимо внести лишь небольшое изменение, для того чтобы ввести их в русло естественной науки» [Скиннер Б.Ф. 1953. С.17] (выд. мною, Л.Б.).

С этих позиций, и в «законе эффекта», и в теории П.К.Анохина на самом деле нет никаких нарушений принципа причинности. Главное, что нужно сделать: отказаться от попытки рассматривать в качестве императивного системообразующего фактора конечный результат («эффект») только какого-то одного конкретного поведенческого акта (в том числе и результат предыдущего действия как своего рода отсроченного «пускового стимула»), вырывая его из контекста всей последовательности поведенческих аналогов, которые ему предшествовали.

Можно сказать, что императивным системообразующим фактором является коммулятивный эффект, создаваемый всей совокупностью аналогичных результатов, полученных на протяжении длительного периода времени. Более того, правильнее в этом случае говорить даже не о предыдущих достигнутых результатах, а о процессах построения последовательности полноценных функциональных систем с позитивным итогом в финале каждой из них. Как именно вне классической схемы стимул→ реакция возникает при этом упомянутый коммулятивный эффект как раз и демонстрирует представленный выше ряд математических моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«...обыденному сознанию легче приписать нейрональным механизмам мозга свойства предметности, искать в них информационно-содержательные отношения и объявить предметом психологии мозга, чем признать реальность субъективного, психического и тем более признать за ним пространственно-временные характеристики» ^{*Прим}↓ [Зинченко В. П. 2016. С.77]

Приведенное выше высказывание выдающегося советского психолога В.П.Зинченко отражает **важнейший общий вывод**, сделанный более полувека назад в рамках разработки конструктивного подхода к решению психофизиологической проблемы. Тогда же было обосновано и заключение о том, что память человека и животных представляет собой более сложное во всех отношениях явление, нежели простой склад различных атрибутов психической деятельности, как то: целей, программ исполнительных действий, моделей потребного будущего, субъективных образов объективного мира, ассоциативных межэнграммных связей...

Если к этому добавить ещё и результаты рассмотренных выше объектно-ориентированных исследований, складывается вполне определенная цельная картина, которую в тезисной форме раскрывает следующий ряд основных положений:

- Материальной основой психики во всех формах её проявления действительно являются процессы организации элементарных нейрофизиологических функций, проще говоря, **процессы организации процессов**, которые, обладая конкретными **«пространственно-временными характеристиками»** (см. Прим.↑*), тем не менее, не имеют

жесткой морфологической привязки к чему бы то ни было. В этом и заключается главная сложность их объективизации.

- Ещё раз: «Психика как процесс организации процессов». Что в этой формуле особенно важно. Речь здесь не идёт об организации разрядной деятельности нейронов, как это предполагает, например, широко представленная в российских учебниках для ВУЗ-ов пачечная теория системобразования со спекулятивно имплантированной в неё концепцией акцептора результатов действия [Судаков К.В., 1984, 2006 гг.]. На самом деле, говоря о нейронных механизмах психики, следует учитывать комплекс разнородных явлений, главным из которых выступает поле вероятностей возникновения импульсной активности нервных клеток. Поле это неразрывно связано не только с генерацией потенциалов действия, но и с рядом качественно иных процессов, протекающих как внутри, так и вне нейрона.

- Характерной их особенностью служит ещё и то, что они как целое, подобно любым другим динамически развёртывающимся природным явлениям, не способны сохраняться в энграммной форме. Процесс – не кирпич, который можно раз и навсегда заделать в стену дома, не зафиксированный световым пятном на потолке сарая соседки «луч света в её тёмном царстве» и не светлый образ ниспосланной свыше благодати, впендюренной в иерархически организованную структуру сознания богоизбранных. Содержанием даже их памяти, пронизанной убеждением, что «вначале было слово, а потом слова, слова...», в принципе не могут быть никакие факторы психической природы. Последние всегда являют собой непрерывно разворачивающиеся во времени процессы, которые в ходе своей актуализации обречены вырастать не из фрактальных энграммных заначек, а из полнейшего хаоса, независимо от конфессиональной принадлежности главного причандала мозгообладателя.

- Радикальная хаотичность в начале построения каждой функциональной системы по сути дела перечеркивает

предлагаемую в рамках, так называемой, «системной психофизиологии» идею стимул-реакционной трансляции хранящихся в памяти идеальных образов ФС в их полноформатное поведенческое воплощение. Как совершенно справедливо отмечала в связи с этим Юлия Борисовна Гиппенрейтер: *«Говоря, что наше поведение регулируется образами, мы сильно огрубляем фактическое положение вещей. Часто нашими действиями управляют не совсем те образы, которые мы имеем в виду, а часто – и совсем не образы»* [Гиппенрейтер Ю.Б., 1978. С.230].

- Однако сказанное не отрицает возможности существования и целевых форм детерминации системных процессов. Но реализуются они исключительно на уровне выстраивания межсистемных отношений. Цель при этом не выступает в качестве «системообразующего фактора в поведении и обучении». Роль цели, как и любых других психических детерминант носит значительно более скромный характер, который очень точно, на наш взгляд, раскрывает следующее высказывание: *«Цель является свойством не самого поведения, а является способом обращения к контролирующим переменным»* [Б.Ф.Скиннер, 1969] (выд. мной, Л.Б.).

- Это заключение особенно актуально при рассмотрении результатов зоопсихологических исследований, в рамках которых объектом изучения выступают живые существа, демонстрирующие ярко выраженное свойство целесообразности и даже целенаправленности (психодетерминированности) своего приспособительного поведения [Tinbergen N., 1951; Lorenz K., 1958; McFarland D.J., 1966. et al.; **Дембовский Я., 1959 (*Прим.)**].

**Прим. Ряд глав этой книги прямо так и называются: «Психология инфузории» (гл.8); «Психология дождевого червя» (гл.9); «Психология пчелы» (гл.10); «Психология курицы» (гл.11)...*

- На самом деле, суть стоящих за всем этим явлений предельно точно раскрывает «закон эффекта», согласно которому возникновение феномена поведенческой целе-СОобразности не обусловлено стремлением животного к мысленно предвосхищаемому им перед началом каждого действия объекту (цели). Работает альтернативный сценарий – сценарий последовательного вытеснения из поведенческого репертуара индивида фрагментов его двигательной активности, не приведших в прошлом к достижению полезного приспособительного эффекта [Skinner B.F, 1978].

- Важно подчеркнуть, что закон Торндайка-Скиннера не исключает возможность выхода на объяснение процессов формирования и предметно ориентированной инструментальной деятельности. Последняя, как мы сами убедились, наблюдается, например, при выработке у животных сложного комплекса пищедобывательно-оборонительных действий, идентичных по способу достижения результата (Бобровников Л.В., Шумилина А.И., 1984). В подобных случаях процесс устранения избыточного числа степеней «свобододействия» происходит с учетом именно метрико-топологических параметров объекта (инструмента), независимо от его текущего местоположения в рабочем поле.

- Говоря о том, что материальную основу психики человека и животных составляют процессы организации элементарных нейрофизиологических функций, можно уверенно утверждать, в чем именно заключается качественное своеобразие (специфика) подобных переходов. Главное – то, что процессы эти, как уже отмечалось, не хранятся в памяти организма, а всякий раз реализуются в абсолютно оригинальной, никогда не повторяющейся форме. Это первое. Второе: на всех последовательных этапах их прогрессивного усложнения они используют в качестве субстрата размещения опорных точек своей негэнтропийной эволюции **активность себе подобных** - взаимосодействующих с ними на общий результат системообразующих элементов. Именно эта крайне нестабильная, морфологически не де-

терминированная внешняя по отношению к самому нейроморфному элементу среда («среда процессов») и является аналогом того внешнего поля, в котором происходит формирование градуально усложняющейся структуры точек «рефери» для подтягивания на них системы к пику своей самоорганизации (см. рис.28 на стр.58).

- В этом и только в этом ключе стоит рассматривать весь ряд весьма популярных в настоящее время представлений о психодетерминированном характере разрядной деятельности нервных клеток. То есть, всех этих «нейронов семьи Симпсонов», «нейронов маленьких зеленых крокодилчиков», «нейронов внимания», «нейронов ошибок», «нейронов цели», «нейронов бабушки»... Ничего подобного на самом деле нет. Нейроны мозга по уровню своей интеллектуальной примитивности недалеко ушли от клеток печени, соединительной ткани или лёгких. Явление психодетерминации их биоэлектрической активности - это эпифеномен, проистекающий из незнания истинных механизмов формирования паттернов нейроимпульсации. Психические процессы имеют совершенно иную, отнюдь не импульсную, не разрядную форму своего воплощения («форму кодирования» - на жаргоне технарей от физиологии).

Какую именно?

- В своё время в качестве наглядной иллюстрации принципов работы головного мозга была предложена следующая модель. Допустим, у нас появилась возможность заглянуть внутрь этого органа и объективизировать распространяющиеся внутри него биоэлектрические импульсы в виде маленьких ярко светящихся точек. То, что при этом удалось бы увидеть, по уровню своей красоты и сложности не идёт ни в какое сравнение с хорошо известной каждому картой звездного неба. Там, наверху, у нас над головой мириады небесных тел, плавно (практически незаметно) двигаются по небосклону. А здесь, внутри мозга – несусветная динамичность сходных со светом далёких звезд микросвет-

лячков, беспорядочно снующих с огромной скоростью между отдельными нервными клетками.

Однако эта, и без того непростая картина происходящего, радикальным образом усложняется в случае введения параметра стохастичности в число ведущих детерминант нейронной импульсации. На карту распространяющихся между нервными клетками биопотенциалов накладывается ещё один, значительно более сложный «трафарет». Его-то как раз увидеть невозможно, так как это карта быстроменяющихся вероятностей появления в определенном месте светлячков=потенциалов действия. Своего рода, карта «настроенности» (предрасположенности) нейронов на биогенерационный процесс. Так вот, феномен психики человека и животных «зашифрован» именно в этой сокрытой нашему взору функционально подвижной структуре.

- Для технически продвинутых исследователей, всё то же самое можно изложить более понятным для них языком следующим образом...

Где-то лет сорок назад от специалистов, работающих в области нейрокибернетики, мне впервые довелось услышать заявление о том, что в отличие от компьютеров с их «железной» двоичной логикой «Да-Нет» (1)/«0»), протекающие в живом мозге информационные процессы должны строиться с учетом ещё одной Boolean-переменной, а именно, логического состояния «может быть». Под это дело даже целое новое научное направление тогда сварили под названием «концепция нечёткой логики». Однако, достойного развития эти идеи не получили в виду невозможности охвата заложенного в них сакрального смысла электоратом живущих на нашей планете безумно-разумных до крайности созданий. А, жаль.

Как теперь выясняется, парадигма «нечеткой логики» действительно заслуживает самого пристального внимания. Правда, с учетом того, что констатируемое ею третье логическое состояние в отличие от двух других на самом деле не имеет фиксированного значения. То есть

это не константа с неким специальным значком типа «i» в комплексной переменной, а функция. Реализуется она в форме потока свободно «гуляющих по нейросетям», градуально представленных на уровне различных системообразующих элементов факторов стохастизма всего сущего.

Другими словами, в отличие от простых констант **True & False** это особое логическое состояние («**может быть**») где-то, в какой-то точке сети может становиться чуть более вероятным или, напротив, маловероятным. Но главное: оно, это состояние, всегда выражается в градуально ниспосланной из непонятно откуда аналоговой числовой форме, которая в отличие от потенциалов действия, хотя и не способна распространяться «по проводам», тем не менее, постоянно присутствует на уровне всех кластеров элементной базы. Характерной особенностью является вневременной принцип детерминации её параметров, смысловое содержание которых, как и любого другого вероятностно-статистического процесса, раскрывается только в рамках некой последовательной реализации стереотипных актов. В том числе, и определенного ряда потенциалов действия (ПД). Если всё ограничивается формированием лишь одного из них, ни о каких конкретных стохастических переменных не может быть и речи (см. определение Ричарда Фейнмана, приведённое на стр.107 наст. книги).

Итак, градуальность проявления феномена «нечеткой логики»... Почему это так важно?

Дело в том, что наличие большого числа непредсказуемо изменчивых, взаимозависимых факторов детерминации разрядной активности нервной клетки в условиях свободного поведения приводит к тому, что процесс генерации ею ПД оказывается связан исключительно с неким не вполне определенным интегральным параметром организации всех этих детерминант, но, никак не с каждой из них в отдельности. И всё это паттернообразующее многообразие без конца появляется, исчезает, меняется, флуктуирует.

В результате, как уже говорилось, истинной детерминантой разрядной деятельности нейрона в естественных условиях неизбежно становится фактор вероятности генерации каждого очередного ПД: фактор «намерения», «желания», «предвосхищения» сделать это. То есть, на первое место здесь выходит именно та самая загадочная логическая структура «может быть», которая, как это ни парадоксально, способна выступать в роли **единственной стабильной в своем числовом выражении детерминанты** нейронной активности. Безусловно, довольно странноватой

Необходимость её учета имеет принципиально важное значение ещё и потому, что через привносимый ею параметр вероятности она предопределяет не только сам генерационный процесс, но и механизм неразрывно связанного с ним информационного запроса нервной клетки на системный уровень о последствиях содеянного. Это тоже стохастический императив, конкретные параметры которого определяются с наиндивидуального уровня только для всей группы системообразующих элементов в целом, но не для каждого из них в отдельности. Проще говоря, задаются некие общие правила игры, которые диктуются всему нейронному ансамблю, а не отдельным его представителям. А как именно они между собой их распределяют – уже никому (даже им самим) не ведомо. В итоге – динамичность компонентного состава ФС, гибкость её исполнительного звена и проявление ещё много чего другого. В частности того, что в приличном обществе принято называть психикой человека и животных. Здесь в самый раз вернуться к вопросу, который был поставлен в начале монографии:

«Правильно ли считать, что процесс психогенерации субъективных образов объективного мира является следствием не любых, а лишь особых (исключительных) сценариев перехода нейромозгового субстрата в его высокоорганизованное состояние? Если да, то в чем заключается качественное своеобразие (специфика) подобных переходов?».

После всего вышесказанного, на этот вопрос уже можно дать вполне определенный ответ.

Материальной основой психики во всех формах её проявления являются не просто процессы организации активности мультинейронных систем, а именно динамически развертывающиеся процессы их самоорганизации. Причем, самоорганизации, реализуемой в определенном, сложным образом структурированном темпоральном поле (поле скоростей взаимодействия системообразующих элементов на достижение ими общего для всех них результата). Средовое же влияние на параметры данного поля, в частности, на процесс его опредмечивания, происходит не стимул-реационным способом, а исключительно путем его вероятностно-статистического рекартирования на основе реализации «закона эффекта» Торндайка-Скиннера.

Всё это мы и должны каким-то образом объективизировать, если хотим приблизиться к пониманию и моделированию таких явлений, как сознание, разум, интеллект человека. Именно это и следует называть базовым субстратом нематериальной реальности во всех формах её проявления. Как уже ранее отмечалось [Бобровников Л.В., 2011, 2018], отсюда она всякий раз вырастает. Несомненно, отсюда...

Прим. Если говорить о традиционных, так сказать «инструментальных» методах регистрации подобных процессов, то их разработка в настоящее время идёт полным ходом и уже выглядит вполне реалистичной. Но это вряд ли станет темой широкого обсуждения в открытой печати в ближайшем будущем. А вот, что касается создания полноценных функциональных систем на чисто технической элементной базе и изучение психогенерирующих свойств такого рода конструкций – совсем другое дело. Здесь уже сегодня открывается широкое поле возможностей для всех, кто интересуется данным кругом вопросов. Как говорится: твори, выдумывай, пробуй. Для этого всё есть, и тебе за это ничего не будет. Во всяком случае - пока...

Литература

Александров Ю.И. Организация нейрональных реакций в соматосенсорной и зрительной областях коры мозга в условном и безусловном оборонительных поведенческих актах. Автореф. канд. дисс. мед. наук. Москва. 1976.

Александров Ю.И., Безденежных Б.Н., Греченко Т.Н., Шевелев И.А. и др. Психофизиология. Учебник для вузов. Изд-во «Питер.» Санкт-Петербург, Москва, Харьков, Минск. 2001. 491 с.

Александров Ю.И. и др. «Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование». Изд-во Тюменского государственного университета. 2008.

Александров Ю.И. и др. Психофизиология. Учебник для ВУЗ-ов. Рекомендован Мин. Обр. РФ. СПб. 2014. 464с.

Александров Ю.И., Дружинин В.Н. Теория функциональных систем в психологии. Психологический журнал. 1998. № 6.

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.

Анохин П.К. От Декарта до Павлова (триста лет теории рефлекса). М. 1945. 111 с.

Анохин П.К. «О принципиальной сущности моих ошибок в развитии учения И.П.Павлова и о путях их преодоления». Физиол. журн. СССР. 1952. Т.38. №6. С.758-777.

Анохин П.К. Опережающее отражение действительности. Вопросы философии. 1962. Т.7. С.97-111.

Анохин П.К. Узловые механизмы функциональной системы как единицы саморегуляции. В сб.: Рефлексы головного мозга. 1963. С.27

Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина. 1968. 547 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. Системный анализ условного рефлекса. Журн. высш. нервн. деят. 1973. Т.23. №2. С.246.

Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона и понятие его степеней свободы. В сб.: Системный анализ интегративной деятельности нейрона. М.: Наука. 1973. С.3-10.

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. 430 с.

Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. М. Наука. 1978. 400 с.

Беритов И.С. Об основных формах нервной и психонервной деятельности. Изд-во АН СССР. 1947.

Бернс Б. Неопределенность в нервной системе. М.: Мир. 1969. 251 с.

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

Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М. Наука. 1990. 495 с.

Бобровников Л.В. Импульсная активность корковых нейронов в двух разнородных типах инструментального поведения кроликов - Журн. высш. нервн. деят. 1982. Т.32. №2. С.340 - 343.

Бобровников Л.В. Об особенностях реализации оборонительных и пищедобывательных инструментальных реакций в условиях конкурентных соотношений. Журнал высш. нервн. деят. 1982. Т.32. №6. С.1077-1083.

Бобровников Л.В. Исследование корковых нейронов методом микроионофореза, управляемого нейронной активностью. Журн. высш. нервн. деят. 1986. Т.36. №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. Формирование поведенческого акта: проблема внутрисистемной гетерохронии. Журн. высш. нервн. деят. 1988. Т.38. №1. С.30-39.

Бобровников Л.В. Вероятностно-статистические критерии оценки поведенческой специализации нервных клеток. Психологический журнал. 1989. Т.10. №2. С.90-98.

Бобровников Л.В. Особенности поведенческой специализации стабильно- и нестабильно-активных нервных клеток. Журн. высш. нервн. деят. 1996. Т.46. №4. С.745-753.

Бобровников Л.В. "Подпороговые" нейромедиаторные процессы и их роль в реализации механизмов интегративной деятельности нейрона - Вестник новых мед. технологий. 1998. Т.5. №1. С.42-45.

Бобровников Л.В. Явление положительного биохимического подкрепления в функционировании сложных нейронных систем. Вестник РАЕН. 2003. №2. С.48-52.

Бобровников Л.В. Механизмы мотивационной детерминации нейронной активности в поведении - Психологический журнал РАН. 2003. Т.24. №4 С. 98-111.

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. Молекулярно-биологические и физиологические основы нейросинергизма. ISBN 5-89903-039-9. Москва. 2005.

Бобровников Л.В. Основы квантовой синергетики функциональных систем. Часть I. ISBN 978-5-91506-008-0. Москва. 2008.

Бобровников Л.В. Основы квантовой синергетики функциональных систем. Часть II. ISBN 978-5-91506-026. Москва. 2011.

Бобровников Л.В. Нейросинергетика живого движения. ISBN 978-5-91506-051-6. Москва. 2013.

Бобровников Л.В. Устройство для моделирования самоорганизующихся сетей неформальных нейронов. 2013. Патент на изобретение RU 2484527 C1. G06N 3/06. (Дата приоритета 12.12.2011 г.).

Гиппенрейтер Ю.Б. Движения человеческого глаза. Изд-во МГУ. Москва. 1978.

Гиппенрейтер Ю.Б. (ред.) Психология ощущений и восприятия. М.: ЧеРо. 2002. 610 с. ISBN 5-88711-177-1.

Гиппенрейтер Ю.Б., Уразаева В.А. Исследование движений глаз при решении метрических задач. Вопросы психологии. 1963. №6.

Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М. Прогресс. 1988. 464 с.

Гринченко Ю.В. Нейрофизиологические механизмы смены отдельных актов в сложном поведении. В кн.: Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М. Наука. 1982. С.19.

Грегори Р.Л. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. М. Прогресс. 1970. 270 с.

Горкин А.Г., Гринченко Ю.В. Вовлечение нейронов зрительной коры в функциональную систему последовательного поведения. В сб.: Системный подход к психофизиологической проблеме. М. Наука. 1982. С.168-178.

Гусельников В., Супин А. Ритмическая активность головного мозга. Изд-во МГУ. М. 1968 С.3-253.

Дембовский Ян. Психология животных. Изд-во Иностранной литературы. М. 1959.

Драбкина Т.М., Матюшкин Д.П., Романовский Д.Ю. О модулирующем действии некоторых факторов мышечного происхождения на функцию моторного нервного окончания. Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. 1999. №1. С.149-158.

Зарайская И.Ю., Александрова Е.А., Анохин К.В. Системные гетерохронии в созревании поддержания позы в раннем постнатальном периоде у мышей. В сб.: Системные механизмы поведения. Т.13. М. 2006. С.21-38.

Зинченко В.П. Движения глаз и формирование зрительного образа. Вопросы психологии. 1958. №5.

Зинченко В.П. Философское наследие. 2016.

Круглов В., Борисов В. Искусственные нейронные сети. М. 2002.

Кэндал Э. Клеточные основы поведения. М. Наука. 1980.

Леонтьев А.Н. Проблемы развития психики. Изд-во АПН РСФСР. М. 1959.

Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. М. Мир. 1974. 550 с.

Ломов Б.Ф. Вводное слово к советско-американскому симпозиуму. В сб.: Нейрофизиологические механизмы поведения. М. Наука. 1982. С.5-12.

Мак-Каллок У., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Нейронные сети: история развития теории. Под ред. Галушкина А.И., Цыпкина Я.З. ИПРЖР. 2001. С.5-22.

Матюшкин Д.П. Реакции нервных элементов на накопление K^+ в среде и функциональная калийная обратная связь в синапсе. Физиол. журн. СССР 1976. Т.62. №12. С.1834-1841.

Матюшкин Д.П. Обратные связи в синапсе. Л. Наука. 1989.

Матюшкин Д.П., Шабунова И.А., Шароварова И.М. О существовании калийной функциональной обратной связи в

нервно-мышечном синапсе. ДАН СССР. 1975. Т.224. №6. С.1464-1467.

Матюшкин Д.П. и др. Антидромное действие K^+ в синапсах, усиливающее их ортодромное действие. Физиологический журнал им. И.М.Сеченова. 1995. №8.

Научная сессия Академии Наук СССР и Академии Медицинских Наук СССР посвященная проблемам физиологического учения академика И.П.Павлова. Стенографический отчет. Изд-во АН СССР. М. 1950.

Никитин В.П., Судаков К.В. Журнал «Успехи физиологических наук». 1997. Т.28. № 1. С.27-46.

Общая физиология нервной системы. Л. Наука. 1979.

Павловские среды. 1949. Т.2. С.580.

Пивоваров А.С., Дроздова Е.И. Генерализованные и локальные изменения холиночувствительности нейронов виноградной улитки после однократного или тетанического локального подведения к ним ацетилхолинхлорида. Журн. высш. нервн. деят. 1997. Т.47. №4 С.715-725.

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

Притчард Р. Стабилизированные изображения на сетчатке. В кн.: Восприятие. Механизмы и модели. М. Мир. 1974. С.194-203.

Рычкова Г.Н. Динамика формирования аппарата прогнозирования в целенаправленном поведении. Успехи физиол. Наук. 1981. Т.12. №4. С.99.

Сеченов И.М. Рефлексы головного мозга. Изд-во АН СССР. 1961.

Скиннер Б.Ф. 1953 (Skinner B.F. Science and human behavior. Free Press. New York.1953).

Скиннер Б.Ф. Факторы подкрепления. Теоретический анализ – Contingencies of Reinforcement. A theoretical Analysis. New York. 1969. С.2.

Скиннер Б.Ф. (Skinner B.F.) "Reflections on Behaviorism and Society" .1978. pp. 97- 112.

Соколов Е.Н. Ориентировочный рефлекс. В сб.: Ориентировочный рефлекс и вопросы высшей нервной деятельности. Изд-во АПН РСФСР. Москва. 1959. С.5-51.

Соколов Е.Н. Привыкание гигантского нейрона моллюска к электрическим внутриклеточным раздражениям - Нейронные механизмы обучения. М.: МГУ. 1970. С.92.

Соколов Е.Н. Нейрональные механизмы ориентировочного поведения. Нейрофизиологические механизмы внимания. М. МГУ. 1979.

Соколов Е.Н. Нейрональные механизмы памяти и обучения. М. МГУ. 1981. 140 с.

Судаков К.В. Общая теория функциональных систем. М.: Медицина. 1984. 222 с.

Судаков К.В. Теория функциональных систем. М. 1996. 95 с.

Судаков К.В. Нормальная физиология. Учебник для студентов медицинских вузов. 2006 С.642.

Ухтомский А.А. Избранные труды. Л.Наука. 1978. 358с.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М. Мир.1967.

Швырков В.Б. Изучение опережающего возбуждения при выработке условного оборонительного рефлекса. Автореф. канд. мед наук. Москва. 1969.

Швырков В.Б. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М. Наука. 1978а. 240 с.

Швырков В.Б. Теория функциональной системы как методологическая основа нейрофизиологии поведения. Журнал успехи физиол. наук. 1978б. №1. С.81-105.

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

Швырков В.Б. Проблемы нейрофизиологии поведения. В сб.: Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука. 1979а.

Швырков В.Б. Целевая специализация центральных нейронов в процессе обучения. В сб.: Интегративная дея-

тельность нейрона. Материалы V Всесоюзн. семинара по развитию общей теории функциональных систем. М. 1979б. С.146.

Швырков В.Б. Механизмы включения нейронов в функциональную систему целенаправленного поведенческого акта. В сб.: Системный анализ механизмов поведения. М. Наука. 1979в. С.23-41.

Швырков В.Б. Нейрофизиологическое изучение структуры психики. В сб: Мозг и психическая деятельность. М. Наука. 1981а. С.4-23.

Швырков В.Б. 1981. О единстве физиологического и психического в поведении. Психологический журнал РАН 1981б. Т.2. №2.

Швырков В.Б. О системных основах психофизиологии. В сб.: Системный подход к психофизиологической проблеме. М.: Наука. 1982а. С.10-23.

Швырков В.Б. «Цель как системообразующий фактор в поведении и обучении» В сб.: «Нейрофизиологические механизмы поведения». М. Наука. 1982б. С.164-186.

Швырков В.Б. На пути к психофизиологической теории поведения. Психологический журнал РАН. 1982в. Т.3. №2. С.70-88.

Швырков В.Б. Системная детерминация активности нейронов в поведении. Успехи физиол. наук. 1983. Т.14. С.45-66.

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

Швырков В.Б. Изучение активности нейронов как метод психофизиологического исследования поведения. В сб.: Нейроны в поведении. Системные аспекты. М. Наука. 1986. С. 6-25.

Швырков В.Б., Александров Ю.И. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. М. Ин-т Психологии РАН. 1995. 162 с. ISBN-5-201-02192-1.

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.

Шеррингтон Ч. Интегративная деятельность нервной системы. Л.: Наука. 1969. 389 с.

Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физика? 1949.

Шумилина А.И. Афферентный синтез как начальная стадия поведенческого акта. Журн. высш. нервн. деят. 1973. Т.23. №2. С.282-288.

Шумилина А.И., Рычкова Г.Н. Экспериментальный анализ мультипликации позднего колебания вызванного потенциала. Успехи физиол. наук. 1978. №1. С.42-80.

Balear V., Johnston G. Glutamate uptake by brain slices and its relation to the depolarization of neurones by acidic amino acids. J.Neurobiol. 1972. v.3. P.295-303.

Bobrovnikov L.V. Formation of the behavioral act: problem of intrasystemic heterochronia. Neurosci. Behav. Physiol. 1988. V.18. №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. №4. P.284-286.

Chance Laurel P. Thorndike's puzzle boxes and the origins of the experimental analysis of behavior. – Journal of the experimental analysis of behavior. 1999. V.72. №3. P.433-440.

Donahoe J.W. Edward L. Thorndike: The Selectionist Connectionist. Journal of the experimental analysis of behavior. 1999. V.72. №3. P.451-454.

Hopfer V., Groseclose R. The mechanism of Na- dependent D-glucose transport. J. Biol. Chem. 1980. v.255. P.4453.

Keller K. et al. D-glucose transport in culture cells of neural origin: the membrane as possible control point of glucose utilization. J.Neurochem. 1981. v.36. P.1012-1017.

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

Lashley K.S. Brain Mechanisms and Intelligence. Constable Dover. New York. 1963.

Lorenz K. The evolution of behavior. Sci. Amer.199. 67-78. 1958.

Lorenz K. The evolution and modification of behavior. Univ. of Chicago. 1965.

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

Mata M. et al. Activity-dependent energy metabolism in rat posterior pituitary primarily reflects sodium pump activity. - J.Neurochem. 1980. v.34. P.213-215.

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

McFarland D.J., The role of attention in the disinhibition of displacement activities. Q.J. exp. Psychol., 18. 19-30. 1966

Moray N. Attention. Selective process in vision and hearing. London, 1970.

Mountcastle W.E. Some neural mechanisms for directed attention. In.: Cerebral correlates of conscious experience. Amsterdam etc.: Norht-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. №4. P.871-908.

Navin J.A. Analyzing Thorndike's Law of Effect: the question of stimulus-response bonds. Journal of the experimental analysis of behavior. 1999. V.72. №3. P.447-450.

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

Sanders A. The selective process in the functional visual field. Inst. For Perception, RVO-TNO, Soesterberg (Netherlands). 1963.

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. 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. №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. №61. P.155-168.

Thorndike E.L. Animal intelligence. New York. 1911. Macmillan.

Thorpe S. et al. The orbitofrontal cortex: neuronal activity in the behaving monkey. Exp. Brain Res. 1983 V.49. P.93-115.

Tinbergen N., The study of instinct. Clarendon Press, Oxford. 1951.

Yarowsky P. et al. Neuronal activity and energy metabolism. Symp. Summary. 1980. v.14. P.2353-2362.

Приложение 1. «Живые» нейроны и их нейро-компьютерные аналоги (Краткое руководство по сотворению нейроинформационного бреда)

Скиннер Беррес Фредерик - Burrhus Frederic Skinner
“Почему я не когнитивный психолог - Why I am not a cognitive psychologist”

Эта статья была впервые опубликована в журнале «Бихевиоризм» - “Behaviorism” (1977) и переиздана в книге - “Reflections on Behaviorism and Society” (1978, pp. 97- 112).

«Метафору ввода-хранения-поиска и вывода из памяти сделали модной компьютеры и теория информации, созданная для управления физическими системами. Результатом стремления создать машины, которые бы думали, как люди, стала поддержка теорий, согласно которым люди (якобы) думают, как машины. Недавно разуму было дано такое определение: «Система организаций и структур, приписываемых индивиду, который ведёт обработку на входе ... и обеспечивает вывод на различные подсистемы и мир”. Но чьи они, эти “организации и структуры”? С.8.

Это высказывание, почти дословно, Б.Ф.Скиннер воспроизводит в других своих работах, подчеркивая, тем самым, исключительную важность данного утверждения. Более того, в свете современных нейробиологических знаний, сказанное им можно «расширить и углубить», заявив, что не только люди не думают **как машины**, но и нейроны их головного мозга не работают так, как это делают микрочипы компьютеров.

К сожалению, эти очевидные для корифеев прошлого констатации в настоящее время не пользуются популярностью среди многочисленных представителей рода человеческого. Наглядной иллюстрацией сего может служить набор моделей нервной клетки, выбранных наугад из разных современных учебников по нейроинформатике и нейрокибернетике.

Как говорится, обезличенная информация, активно циркулирующая сегодня в умах специалистов. Без комментариев!

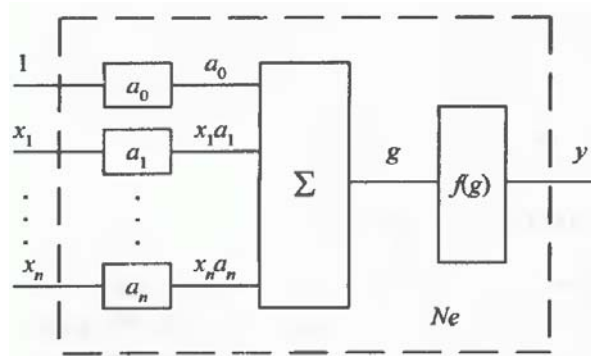


Рис. 2.2. Структурная схема формального нейрона

$$g(t) = \sum_{i,j=1}^n a_{ij} x_i x_j + a_0.$$

В этом случае нейрон имеет $n(n+1)/2$ настраиваемых параметров.

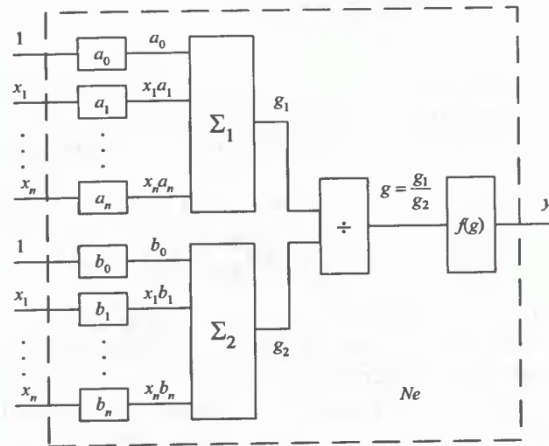


Рис. 2.3. Структурная схема паде-нейрона

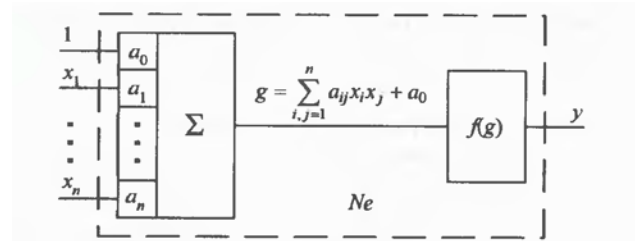


Рис. 2.4. Схема нейрона с квадратичным сумматором

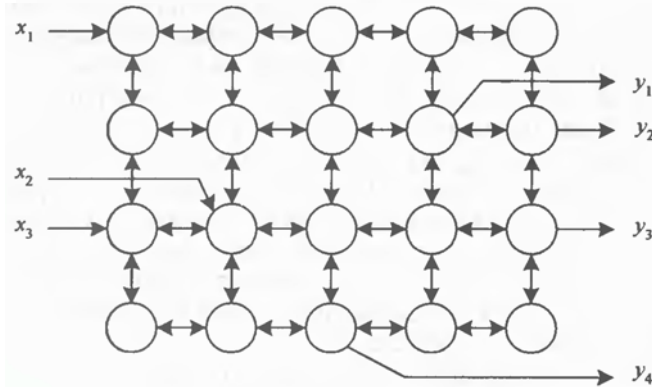


Рис. 2.12. Однослойная регулярная сеть:

x_1, x_2, x_3 – входной образ; y_1, y_2, y_3, y_4 – выходной образ

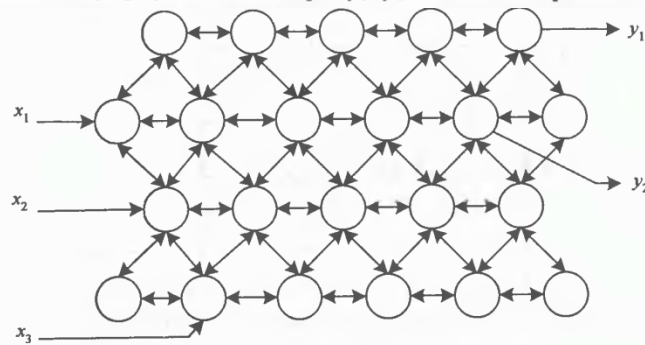


Рис. 2.13. Гексагональная топология сети:

x_1, x_2, x_3 – входной образ; y_1, y_2 – выходной образ

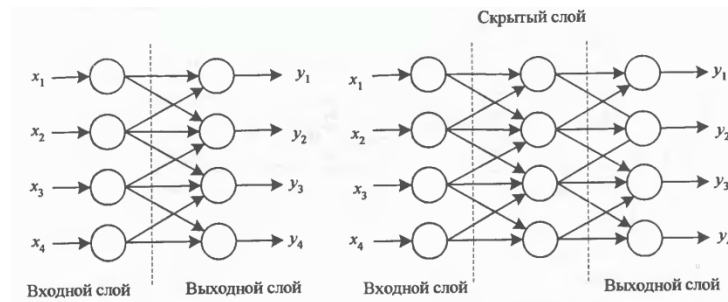


Рис. 2.14. Двухслойная сеть с прямыми связями

Рис. 2.15. Трехслойная сеть с прямыми связями

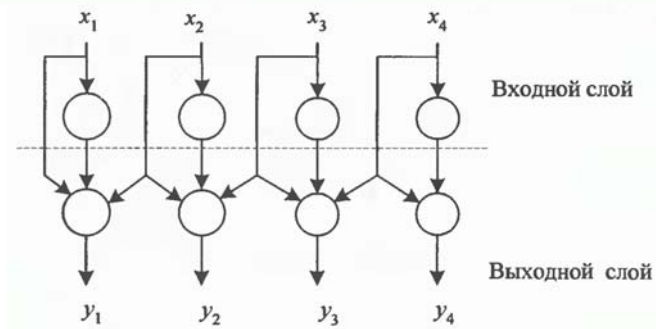
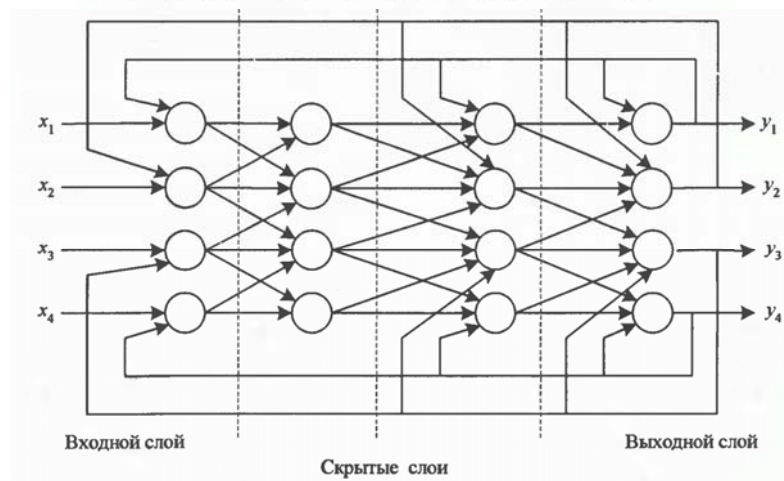


Рис. 2.16. Двухслойная сеть с перекрестными связями



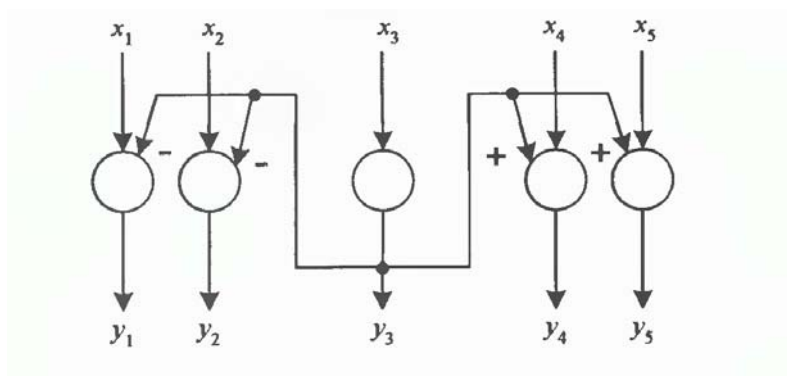


Рис. 2.18. Слой нейронной сети с латеральными связями

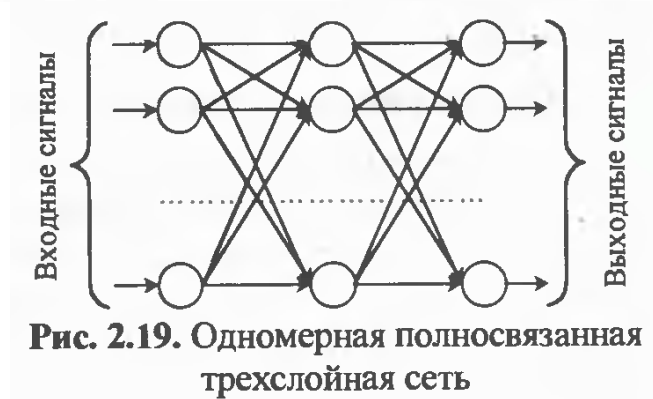


Рис. 2.19. Одномерная полносвязанная трехслойная сеть

Иж чего эти нейроны вытворяют! Мне бы такому научиться!?

Нет, действительно... Ведь всё это и ещё много чего другого нервные клетки запросто проделывают в реальном масштабе времени и безо всякой технической поддержки вычислительными приспособлениями. Это ж какой великий ум надо иметь!

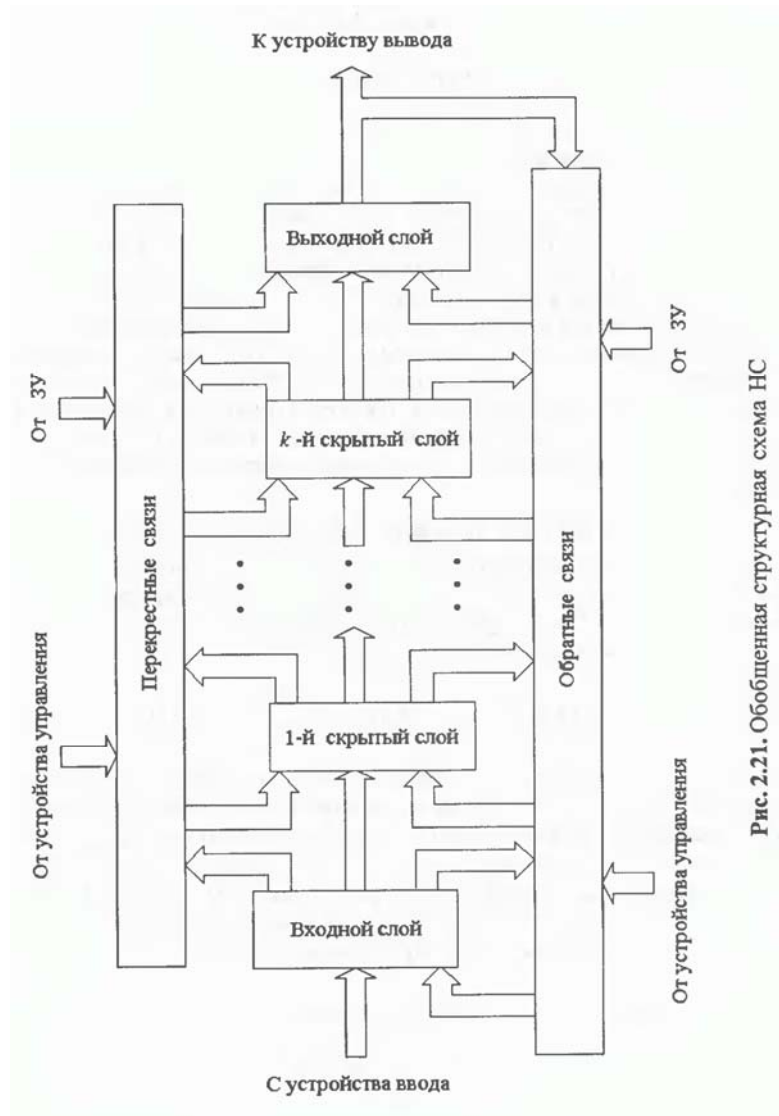


Рис. 2.21. Обобщенная структурная схема НС

Математическое описание многослойных нейронных сетей

На основе математической модели одиночного нейрона [уравнение (2.1)] можно составить математическое описание (математическую модель) всей нейронной сети. Рассмотрим некоторые из них.

Двухслойная нейронная сеть с прямыми связями:

$$y_i(t) = f_2 \left(a_{20i} + \sum_{i=1}^N a_{2i} f_1 \left(\sum_{k=1}^K a_{1k} x_k(t) + a_{10k} \right) \right), \quad (2.7)$$

где $i = 1, 2, \dots, N$ – число нейронов второго слоя; $k = 1, 2, \dots, K$ – число нейронов первого слоя; f_1, f_2 – функции активации нейронов первого и второго слоев; a_{10k} – начальное возбуждение i -го нейрона первого слоя; a_{20i} – начальное возбуждение k -го нейрона второго слоя; a_{2i}, a_{1k} – весовые коэффициенты i -го нейрона второго слоя и k -го нейрона первого слоя; $y_i(t)$ – i -я координата выходного вектора; $x_k(t)$ – k -я координата входного вектора. В общем случае $K \neq N$.

Предполагается также, что функции активации нейронов одного слоя одинаковые.

Трехслойная сеть с прямыми связями:

$$y_i(t) = f_3 \left(a_{30i} + \sum_{i=1}^N a_{3i} f_2 \left(a_{20m} + \sum_{m=1}^M a_{2m} f_1 \left(\sum_{k=1}^K a_{1k} x_k(t) + a_{10k} \right) \right) \right). \quad (2.8)$$

Здесь $k = 1, 2, \dots, K$ – число нейронов первого слоя; $m = 1, 2, \dots, M$ – число нейронов второго слоя; $i = 1, 2, \dots, N$, $a_{10k}, a_{20m}, a_{30i}$ – начальные возбуждения k -го, m -го и i -го нейронов первого, второго и третьего слоев соответственно.

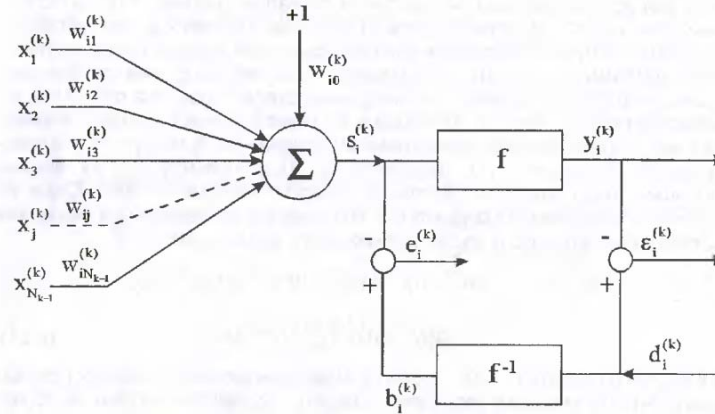
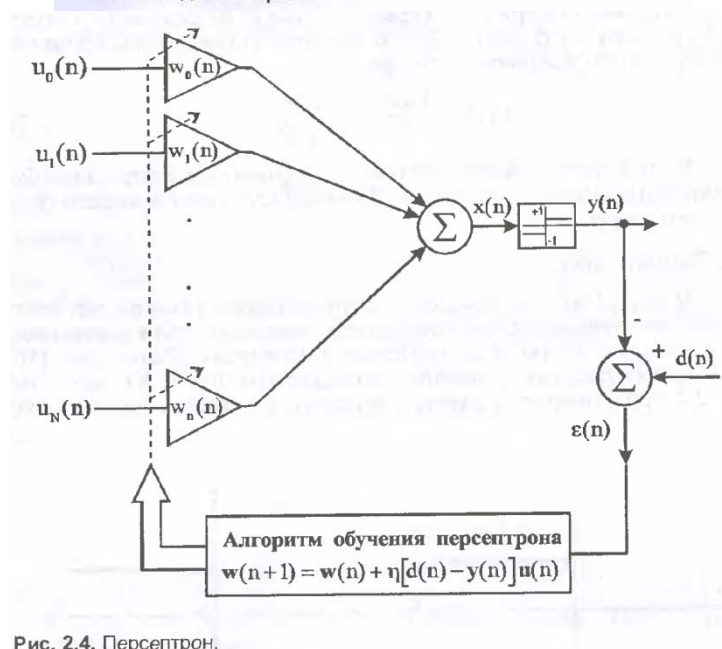
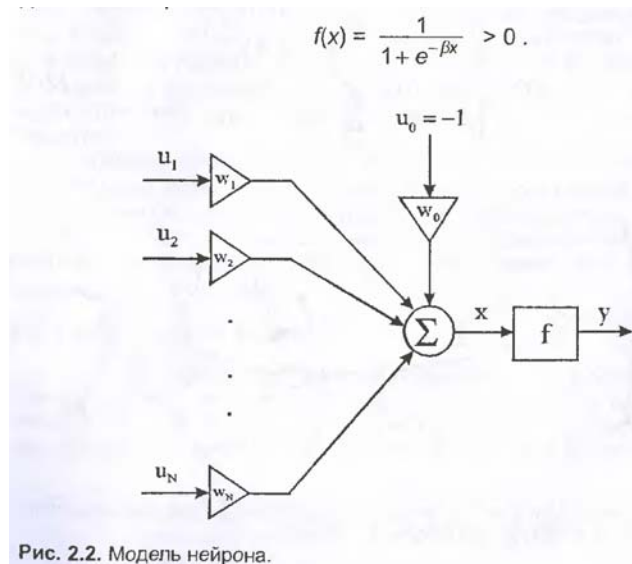


Рис. 2.13. Структура нейрона, применяемого для реализации алгоритма RLS.



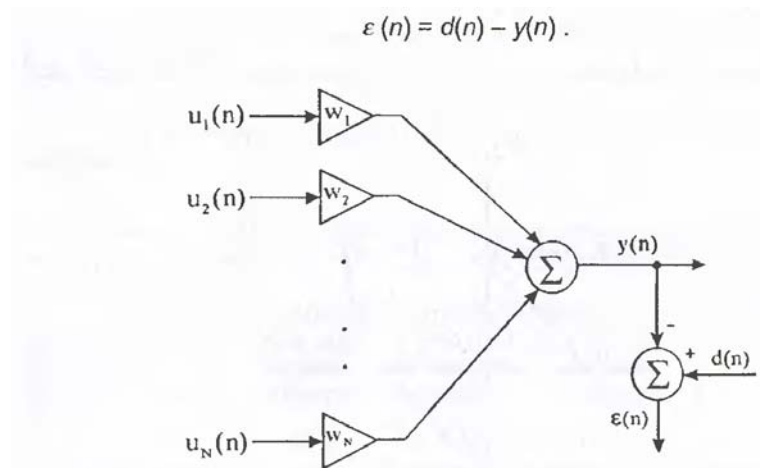


Рис. 2.7. Линейный взвешенный сумматор.

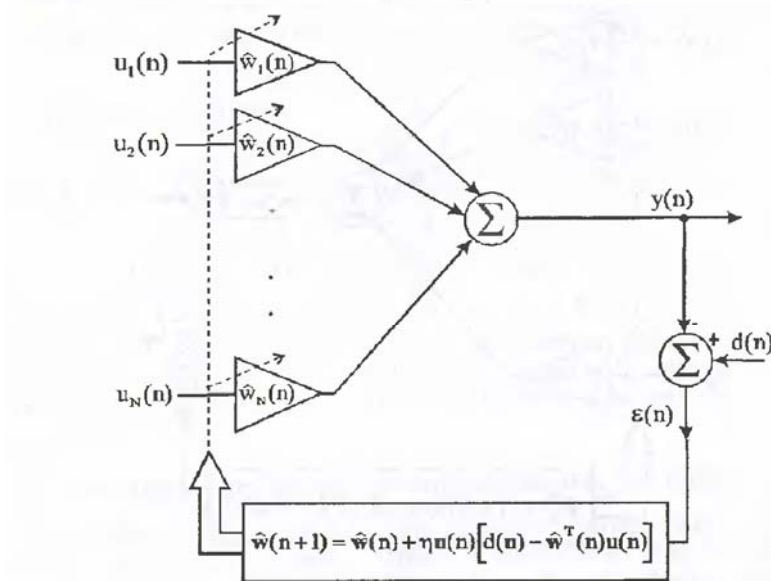


Рис. 2.9. Адаптивный линейный взвешенный сумматор.

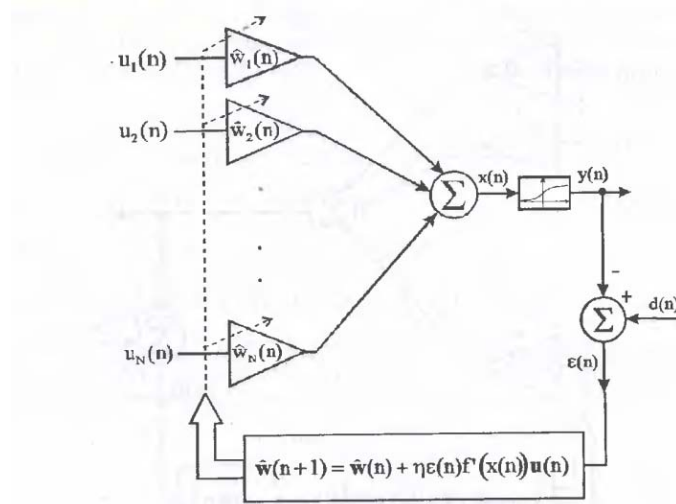


Рис. 2.10. Адаптивный линейный взвешенный сумматор с сигмной на выходе.

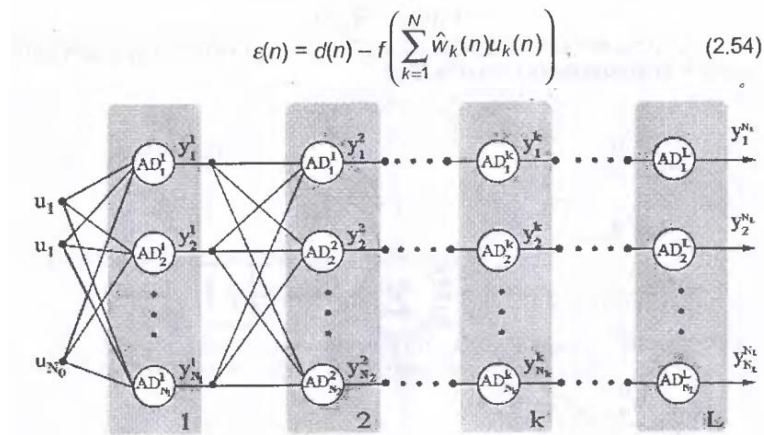


Рис. 2.11. Многослойная нейронная сеть.

На рис. 2.12 $w_{ij}^{(k)}(n)$ обозначает вес связи i -го нейрона, $i = 1, \dots, N_k$, расположенного в k -м слое, которая соединяет этот нейрон с j -м входным сигналом $x_j^{(k)}(n)$, $j = 0, 1, \dots, N_{k-1}$. Вектор весов нейрона AD_i^k обозначим

$$w_i^{(k)}(n) = [w_{i,0}^{(k)}(n), \dots, w_{i,N_{k-1}}^{(k)}(n)]^T, \quad k = 1, \dots, L, \quad i = 1, \dots, N_k. \quad (2.67)$$

Выходной сигнал нейрона AD_i^k в n -й момент времени, $n = 1, 2, \dots$ определяется как

$$y_i^{(k)}(n) = f(s_i^{(k)}(n)), \quad (2.68)$$

причем

$$s_i^{(k)}(n) = \sum_{j=0}^{N_{k-1}} w_{ij}^{(k)}(n) x_j^{(k)}(n). \quad (2.69)$$

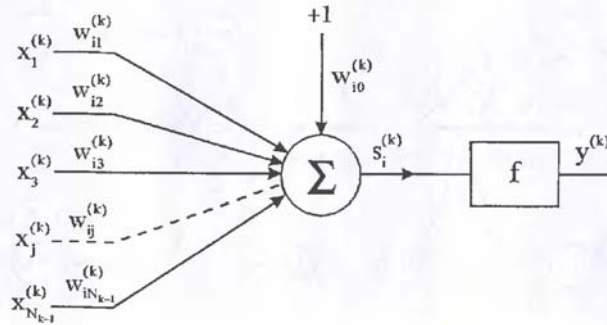


Рис. 2.12. Структура нейрона AD_i^k .

Приложение №2 История не терпит сослагательного наклонения. История науки, к сожалению, тоже...

«Павлов пришелся по душе ранним коммунистам потому, что его работа была созвучна с их методами; а условный рефлекс – это как раз то, чего они хотели. Людей следовало изменить, изменяя их окружающую (общественную) действительность. Однако годы шли, и они обнаружили, что русские не особенно то и изменились...».

«Они серьезно интересуются оперантным кондиционированием, однако большая часть работ весьма плоха. Я не поставил бы у нас студенту хорошую оценку за курсовую работу, если бы в ней были такие же исследования, какие я видел там».

["B.Skinner: The Man and His Ideas" by Richard I. Evans, N.Y. 1968.]

Материалы Павловской сессии Академии Наук СССР

Выступление вице-президента Академии медицинских наук СССР, действительного члена АМН СССР **И.П.Разенкова**

«Всеми своими достижениями советские ученые обязаны неустанной заботе партии и правительства, нашего родного вождя и учителя Иосифа Виссарионовича Сталина» С.9.

«... антипавловские настроения культивировались и в нашей стране. Нельзя в этом отношении пройти мимо враждебных, по существу, выступлений академика Бериташвили, давно зарекомендовавшего себя противником Павлова и стремившегося заменить его прогрессивное материалистическое учение эклектичной смесью из идей бихевиоризма и гештальттеории». С.10

«Все мы надеялись, что Л.А.Орбели явится продолжателем работ Павлова и будет плодотворно развивать его великое учение. К сожалению, этих наших надежд он не оправдал» С.10.

«П.К.Анохин, допуская не раз серьезные отклонения в сторону от павловского учения, увлекался модными реакционными теориями зарубежных авторов вроде Когхилла, Вейса и др. На расширенном заседании Президиума Академии медицинских наук эти идеологические и теоретические срывы П.К.Анохина справедливо подвергались суровой критике и были оценены как форма проявления низкопоклонства перед зарубежной наукой и космополитизма» С.11.

«Да здравствует передовая советская наука и великий корифей науки товарищ Сталин!» (Продолжительные аплодисменты) С.12

Доклад профессора А.Г.Иванова-Смоленского

«Ясно, что у всех, кому действительно дорого павловское учение, и прежде всего это относится к ученикам Павлова, научные установки академика И.С.Беритова в области физиологии высшей нервной деятельности не могли вызывать чувства удовлетворения и тем более одобрения».

«Как надо понимать в этом случае проф. Анохина?»

«Начиная уже с первых работ своих, напечатанных после смерти И.П.Павлова, проф. Анохин ставит своей главной задачей пересмотр и «исправление» основных понятий павловского учения. Так, он заявляет о необходимости заново пересмотреть «недостаточно аргументированное», по его мнению, понятие условного рефлекса» С.64.

«Вместо того, чтобы всемерно расширять и углублять исследования И.П.Павлова в области явлений нервного анализа и синтеза, к которому Павлов, как известно, относил и образование условного рефлекса, проф. Анохин, предпочитая шеррингтоновское понятие интеграции, заявляет, что центральным пунктом, определяющим его взгляды на все процессы высшей нервной деятельности, является выдвинутое им понятие об **интегральном характере безусловных и условных реакций животного**» С.65 (выделено докладчиком).

«Одним из главных своих достижений проф. Анохин считает якобы обоснованное им понятие «функциональной системы», но достаточно подробно ознакомиться с работами И.П.Павлова, относящимися к 1910-1916 гг., чтобы убедиться, что уже в эти годы, стремясь к анатомо-физиологическим корреляциям, в основе сложных рефлекторных актов И.П.Павлов видел функциональное объединение нейронов, относящихся к различным отделам головного мозга, к различным этажам центральной нервной системы» С.65

«Но пересматривая, переделывая или отвергая ряд основных понятий павловского учения, пытаясь дать экспериментальным фактам, объясненным Павловым, свое собственное, якобы лучшее объяснение, проф. Анохин не содействует этим дальнейшему развитию идей И.П.Павлова и в конце концов приходит к выводам, которые явно умаляют значение павловского учения, ограничивают его возможности и являются несовместимыми с основными физиологическими установками И.М.Сеченова и И.П.Павлова».

«Таким образом, проф. Анохин окончательно сходит с павловского пути строгого объективного исследования корковой динамики, что, впрочем, не является неожиданным, если вспомнить весь ранее им пройденный путь, - путь необоснованного пересмотра и переделки на свой лад основных понятий павловской физиологии высшей нервной деятельности или даже прямого отказа от этих понятий» С.66.

«Приводимые проф. Купаловым данные несовместимы с детерминистическими представлениями как И.М.Сеченова, так и И.П.Павлова, ибо проф. Купалов допускает существование таких форм деятельности высшего животного, которые не детерминированы ни внешними, ни внутренними раздражителями и, следовательно, не зависят от воздействия внешней и внутренней сре-

ды организма, носят самопроизвольный, спонтанный характер». С.68

Выступление Д.А.Бирюкова. Институт экспериментальной медицины АМН СССР, г. Ленинград

«Оценивая все изложенное выше, мы должны признать, что Штерн, находясь в плену механистической, идеалистической буржуазной методологии Фервона-Вирхова, не смогла научно, прогрессивно исследовать выдвигаемые ею проблемы. Лишенные правильной методологической основы, ее попытки исследований приводили к антинаучным реакционным выводам.

Ближайшее окружение Штерн (Кассиль, Шатенштейн, Хволес, Роскин, Цейтлин), подхалимствуя, искусственно раздувало ее мнимый научный авторитет.

На деле же оказалось ясным, что Штейн, являясь лжеученой, лишь засоряла в течение ряда лет советскую науку своими назойливо многочисленными выступлениями и высказываниями.

Оголтелый космополитизм, политическая безпринципность и низкопоклонство перед зарубежными лжеавторитетами, насаждаемые Штерн, способствовали тому, что Штерн и ее последователи полностью игнорировали критику их ошибок со стороны советской научной общественности и не сумели найти правильного пути для преодоления их» С.101.

Выступление Э.А.Асратяна. Лаборатория восстановления функций АН СССР г. Москва

«Когда с отдельными антипавловскими недомыслиями выступают в нашей печати Штерн, Ефимов, Бернштейн и подобные им лица, не знающие ни буквы, ни духа учения Павлова, это не так досадно, как смешно. Когда с антипавловскими концепциями выступает такой знающий и опытный физиолог как И.С.Бериташвили, который не является учеником и последователем Павлова, то это уже досадно. Но когда ученик Павлова Анохин под маской верности своему учителю систематически и неотступно стремится ревизовать его учение с гнилых позиций лженаучных идеалистических «теорий» реакционных буржуазных ученых, - то это по меньшей мере возмутительно.» С.107.

Федоров Л.И. Ин-т нейрохирургии им. Бурденко АМН СССР

«Мы всегда считали, что Леон Абгарович большой человек, но он забыл, что быть большим человеком в нашей стране – это значит

нести большую ответственность. Именно эту большую ответственность Леон Абгарович Орбели и забыл.

Я очень доволен, что на этой сессии проф. Асратян поставил резко вопрос об организационных мероприятиях, которые помогли бы академику Орбели правильно работать. Разве мыслимо серьезно, ответственно работать, если человек занимает много мест?» С.178.

Зубков А.А. Белорусский гос. Университет, г. Минск

«От людей, плохо отдающих себе отчет в том, что такое павловский эволюционизм, нельзя ожидать своевременного вскрытия антипавловских установок в области эволюции высшей нервной деятельности. Отсюда понятно, почему академик Орбели и его ученики не вскрыли морганистские установки академика Бериташвили». «Суть морганизма академика Бериташвили заключается в его утверждении, что существует такой этап эволюции животного мира, на котором якобы имеется только прирожденная, не подлежащая индивидуальной перестройке нервная деятельность. Бессмысленность этой выдумки становится ясной, если подумать о том, как должна совершаться эволюция нервной деятельности на этом мифическом этапе эволюции животных» С.189.

«Большим недостатком является и то обстоятельство, что борьба против извращений павловского нервизма если и ведется, то недостаточно глубоко. Эта борьба не должна ограничиваться критикой явных извращений учения Павлова. Она должна состоять в глубоком раскрытии и выкорчевывании метафизических корней этих извращений, связывающих извратителей с реакционной идеологией буржуазной науки» С.190

«Школа академика Сперанского извратила павловскую исследовательскую методологию, подменив диалектическое единство анализа и синтеза изучаемых явлений принципиальным отказом от анализа» С.190.

«Школа Сперанского обязана, хочет она этого или не хочет, перейти на павловский путь исследования» С.192

Карамян А.И. Физиологический институт им. И.П.Павлова АН СССР, г. Ленинград

«Научная общественность нашей страны недавно получила великий дар. И.В.Сталин в своем гениальном труде «Относительно

марксизма в языкознании» наметил перспективы и пути развития не только языкознания, но и науки вообще» С.218.

«Нужно вести жестокую борьбу с кастовостью в науке. А прежде всего мы должны овладеть всеобъемлющей теорией Маркса-Энгельса-Ленина-Сталина и творчески применять её в наших исканиях С.222.

(А п л о д и с м е н т ы)

Выступление Усиевича М.А. Горьковский медицинский институт.

Обращаясь к П.К.Анохину: «Петр Кузьмич! Мне кажется, что самым тяжелым для вас на этой конференции должно было явиться высказывание проф. Теплова, когда он заявил, что современным советским психологам – большинству из них – гораздо приятнее пользоваться вашими туманными и часто непонятными интерпретациями вопросов нервной деятельности, чем кристально-ясными и простыми высказываниями И.П.Павлова» (Смех в зале). «И для того, чтобы оправдать этот свой метод, вы прибегаете к формулировкам о функциональных системах. Вы говорите о том, что при определенных деятельности одна функциональная система вытесняет другую функциональную систему. А не кажется ли Вам, Петр Кузьмич, что своими функциональными системами вы отодвигаете в сторону учение И.П.Павлова?» С.273.

Выступление Коштоянца Х.С. Институт морфологии животных АН СССР, г. Москва

«Павловское учение дорого нашей большевистской партии прежде всего тем, что оно впервые в истории науки, в истории материалистической философии дало конкретное разрешение вопроса о том, каково качественное своеобразие закономерностей той стадии материи, на которой формируются органы чувств и мозг, каковы в связи с этим конкретные закономерности превращения энергии внешнего раздражения в факт сознания. Я имею в виду раскрытый гением Павлова принцип временных связей и его замечательное учение об анализаторах» С.278

Александров Г.Ф. Институт философии АН СССР, г. Москва

«Павлов был не просто естествоиспытателем, но выдающимся мыслителем, гениальные обобщения которого глубоко подтверждают, обосновывают марксистско-ленинскую философскую нау-

ку. Это тем более следует подчеркнуть, что среди некоторых советских физиологов – и здесь в первую очередь следует назвать академиков Бериташвили, Орбели, профессора Анохина, Майорова и некоторых других – имеют хождение взгляды, извращающие смысл деятельности и мировоззрение великого физиолога и мыслителя, не признающие или не признававшие в свое время в Павлове сознательного, убежденного материалиста.» С.282

«... академик Бериташвили до сих пор не считал нужным не только защитить учение Павлова от нападок со стороны фултонов и шеррингтонов, но хотя бы отмежеваться от таких «союзников». Не ясна ли после этого вся цена уверений проф. Анохина, будто бы академик Бериташвили – «лучший знаток и истолкователь Павлова». Не ясно ли также, что проф. Анохин исходит здесь не из интересов развития учения Павлова, а из чисто групповых антипавловских соображений» С.289-290.

Выступление Долина А.О. Институт усовершенствования врачей, г. Ленинград.

«В данной связи необходимо подчеркнуть серьезную ошибку П.К.Анохина. Ещё в 1936 г. в первом бюллетене ВИЭМ, посвященном кончине Ивана Петровича, Анохин начал ревизию павловского понимания условного коркового торможения, а в своем докладе на сессии, посвященной 10-ти летию со дня смерти Ивана Петровича, и в других работах Анохин уже пересматривает и понимание безусловного торможения...» с.21

«Павловское научное наследство имеет все и наилучшие условия для своего расцвета, потому что наша страна, говоря словами нашего великого вождя И.В.Сталина, - с ее революционными навыками и традициями, с ее борьбой против косности и застоя мысли – представляет наиболее благоприятную обстановку для расцвета науки» С.324.

Выступление Федорова В.К. Ин-т экспериментальной медицины АМН СССР, г. Ленинград.

«Сейчас я не имею времени на этом останавливаться, но должен сказать, что вообще научная концепция Анохина, обстоятельно изложенная им в прошлом году в его последнем сборнике, настолько далеко уводит нас от павловского учения, оказывается несовместимой с утверждением П.К.Анохина о том, что он якобы

остался продолжателем идей Павлова. Я намерен об этом аргументированно выступить в печати» С.398

Выступление Шатенштейн Д.И. Ин-т профзаболеваний Москва.
«Научная позиция Штерн должна быть квалифицирована как методологически ложная и научно дефективная. Она представляет собой попытку перенести в нашу науку чуждую ей систему взглядов и мышления. Позиция космополитизма и низкопоклонства перед западноевропейской наукой неразрывно связывается с враждебностью к последовательно материалистическому направлению И.П.Павлова. Враждебность Штерн к учению Павлова отражает борьбу буржуазного Запада против Павлова. В острой борьбе между передовой наукой нашей Родины и реакционной, ложной наукой Запада Штерн безоговорочно встала на позиции последнего» С.405

Выступление Смирнова К.М. Курсы усовершенствования по физическому образованию, г. Ленинград
«Проф. Бернштейн строит фантастические гипотезы о природе координации движений и пытается опровергнуть учение Павлова априорными рассуждениями. Он делает неверный вывод, что всякое движение, ставшее автоматическим, начинает выполняться тем самым и без участия высших отделов центральной нервной системы».
«Взгляды Бернштейна были без критики восприняты рядом физиологов и получили отражение в учебниках по физиологии спорта в ущерб изложению павловского учения» С.431

Иванов-Смоленский А.Г. Заключительное слово.
«Частично признавая некоторые из своих ошибок, проф. Анохин в своем выступлении главным образом занимается самооправданием и упреками по адресу всей павловской школы в целом. Он отрицает, что когда-либо считал павловское учение механистическим. Но даже редакция журнала, в котором была в 1936 г. помещена статья проф. Анохина «Анализ и синтез в творчестве Павлова», сочла нужным в примечании от редакции указать, что философская оценка работ Павлова, как механистических, неправильна и что «объективное значение этих работ далеко выходит за пределы механистических представлений»» С.509.

«Проф. Анохин считает, что он недостаточно подчеркивал те источники в павловском учении, исходя из которых он создал якобы понятие функциональной системы. Таким образом, он и до сих пор продолжает утверждать, что понятие «функциональной системы» принадлежит не Павлову и его школе, а создано и сформулировано проф. Анохиным» С.509

«Я утверждаю, что самокритика проф. Анохина не была такой, какой она должна была быть в интересах дальнейшего плодотворного развития павловского учения» С.510.

«Присоединяюсь к приветствуемым мною выступлениям академика Быкова (в большинстве его положений), профессора Фольборта, Асратяна, Усиевича, Бирмана, Долина и других моих товарищей по школе И.П.Павлова.

От всего сердца желаю, чтобы эта сессия в конечном итоге устранила все помехи на пути дальнейшего развития павловского учения и послужила к его полному расцвету на пользу отечественной науки и прежде всего советской медицине.

От всего сердца хочу, чтобы с помощью павловского учения и в полном соответствии с пожеланием И.В.Сталина отечественная медицина поднялась на непревзойденную высоту» С.511

Академик Быков Б.М. Заключительное слово.

«И так же, как после Коперника, Галилея и Ньютона стало немыслимо возвращение к представлениям астрологов, после Павлова должно быть немыслимо оперирование понятиями Вирхова и Ферворна, Иоганнеса Мюллера и Шеррингтона» С.512.

«Глубоко враждебные Павлову установки Бериташвили не только не были достаточно раскритикованы, но встречали подчас некоторую поддержку у павловских учеников, например у П.К.Анохина» С.512.

«Все-таки нужно признать, что П.К.Анохин не вскрыл существа своих заблуждений и тех мотивов, которыми он руководствовался, пытаясь навязать свои мало обоснованные концепции о его так называемых функциональных системах и учении об интегральной роли коры мозга, правда, заимствованных им у западноевропейских ученых» С.515.

«Слава нашему народу, который взял на себя историческую роль построить бесклассовое коммунистическое общество!

Слава вождю этого народа, великому Сталину! (Бурные продолжительные аплодисменты. Все встают).

Заключительный (внепленарный) раздел.

Здесь в травле П.К.Анохина особенно преуспели:

Котляревский Л.И. Ин-т эволюционной физиологии и патологии ВНД АМН СССР; Лаптев И.И. Институт физиологии АМН СССР Москва; Скипин Г.В. Ивановский медицинский институт.

Апофеозом же этой мерзости стал эпистолярный навет Чукичева И.П. из фармацевтического института г. Москва:

«1. Проф. П.К.Анохин искажил методологические установки павловского учения об условных рефлексах, оклеветал мировоззрение И.П.Павлова, охарактеризовав методологию Павлова как философию механистического материализма. В этом отношении его «критика» павловского учения совпала с «критикой» меньшевистствующих идеалистов – Карева и других, скатившихся в политике в контрреволюцию.

2. П.К.Анохин искажил учение Павлова об условных реакциях организма как целостных реакциях, характеризующих отношение организма к внешней среде, и скатился в понимании организма как целого к шмальгаузеновским, органистским позициям.

3. П.К.Анохин не только не понял нейрофизиологических основ учения Павлова об условных рефлексах, не понял и нейрофизиологических основ учения Введенского-Ухтомского и не только не использовал богатейшее содержание работ этих корифеев отечественной физиологии для своей научной работы, для развития павловского наследства, но противопоставил учению Павлова, Введенского Ухтомского скудные по содержанию и механистические по своей методологии работы зарубежных физиологов (Когилла, Чайльда, П.Вейсса и др.), пытаясь при этом выдать это противопоставление за обогащение павловского наследства, за «оплодотворение учения об условных рефлексах» данными «мировой нейрофизиологии», «данными онтогенеза, филогенеза и патологии центральной нервной системы».

4. Поскольку космополитические ошибки допущены П.К.Анохиным не по отдельным, частного характера вопросам нейрофизиологии, а касаются основных физиологических понятий, определяющих направление науки о нервной системе, и имеют явно выраженный мировоззренческий характер, следует считать, что ошибки проф. П.К.Анохина являются системой космополитических ошибок». С.712. **Чукичев И.П.**

Приложение 3. О стимулах внешних и внутренних.

«Это же неверно - предполагать, что существуют некие внутренние стимулы, и пытаться сформулировать всё как "S-R-психологию". Например, я не считаю, что голод следует считать стимулом. Да, существует стимуляция, ассоциированная с состояниями лишения, но лишение вовсе не активно в создании стимулов, которые воздействуют на поведение. Мы позаимствовали эту картину "стимул-реакция" из физиологии рефлексов, и там она была полезной, но здесь у нас имеется куда более эффективная формула» [B.F. Skinner: The Man and His Ideas" by Richard I. Evans, N.Y. 1968. P.10].

«Так получилась сборная солянка, заваренная для того, чтобы спасти формулу "стимул-реакция", и её результатом стала тенденция пихать детерминанты поведения обратно в организм. Когда не удавалось найти внешние стимулы, приходилось выдумывать внутренние. Если нехватка еды сама по себе не была стимулом, то она, по меньшей мере, могла вызвать "побуждение", которое погоняло бы организм изнутри» [B. F. Skinner. Contingencies of Reinforcement. A Theoretical Analysis. N.Y. 1969. P.2].

REFdb.RU

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РАН 2003 г. Т.24 № 4. С.98-111

Механизмы мотивационной детерминации нейронной активности в поведении

Л.В. Бобровников

С позиций общей теории функциональных систем рассматриваются экспериментальные данные, полученные при проведении сравнительного анализа нейрофизиологических механизмов пищедобывательных и оборонительных инструментальных действий, идентичных по способу достижения результата. Обсуждается круг вопросов, касающихся различных аспектов проблемы мотивационной детерминации нейронной активности в поведении.

Ключевые слова: мотивация, нейроны, функциональная система, целенаправленное поведение, инструментальные формы нейрохимического взаимодействия.

Результаты уже самых первых микроэлектродных исследований, проведенных на бодрствующих не анестезированных животных, позволили установить, что значительная часть нейронов головного мозга млекопитающих обладает спонтанной биоэлектрической активностью [32, 33, 35]. Оказалось, что даже в условиях строго контролируемой сенсорной депривации у клеток зрительной [32], сенсомоторной [2] коры, других отделов центральной нервной системы (ЦНС) [16, 19, 34] все равно наблюдается интенсивная разрядная деятельность.

Рассмотрению этого явления, анализу лежащих в его основе нейрофизиологических механизмов было посвящено множество специальных экспериментальных работ. Но, несмотря на большой объем выполненных в данном направлении исследований, причины возникновения спонтанной нейронной активности и сегодня еще остаются до конца не ясными.

Попытки получить ответ на этот вопрос на основе представлений о процессах "внутреннего" возбуждения ЦНС человека и животных дали довольно противоречивые результаты. С одной стороны, действительно были установлены факты, свидетельствующие в пользу гипотезы о существовании особых подкорковых структур, нейроны которых при изменении определенных показателей гомеостаза способны оказывать генерализованное возбуждающее влияние на клетки вышележащих отделов головного мозга [36]. На первый взгляд, удалось даже идентифицировать конкретные паттерны нейронной активности, специфичные в отношении процессов формирования пищевой [24, 30], питьевой [21], ряда других метаболических потребностей организма [6, 22].

Однако результаты последующих экспериментальных работ, выполненных на базе более совершенных методов регистрации и анализа нейронной активности, не подтвердили основные выводы предыдущих исследований. Так, по данным ряда авторов, никакого значительного возрастания средней частоты разрядов клеток подкорковых структур мозга при возникновении внутренней потребности на самом деле не происходит [18, с.170]. А это значит, что нейроны указанных отделов ЦНС не могут в такие периоды времени выполнять функцию пейсмекеров, т.е. оказывать прямое возбуждающее влияние на какие-либо другие клеточные единицы.

Не менее серьезные вопросы возникают и при рассмотрении данных, указывающих на специфичность нейрональных

паттернов мотивационного возбуждения. Дело в том, что во всех исследованиях, посвященных решению этой проблемы, соответствующие заключения основывались на результатах анализа интервальных гистограмм, построенных в системе координат с неравномерной шкалой времени. Ширина канала составляла 10 мс (для интервалов от 0 до 100 мс) и 100 мс (для интервалов в области 100-1000 мс). Утверждалось, что возникновение пищевой [7, 13, 29], питьевой [21] или оборонительной [23, 28] мотивации сопровождается массовым переходом нервных клеток от регулярной формы разрядной активности к характерному пачечно-групповому типу импульсации. В качестве критерия доминирования "пачкообразной" ритмики рассматривалось наличие двух экстремумов ("бимодальность") соответствующих интервальных гистограмм. Нетрудно понять, что использование подобного методического приема на самом деле полностью исключает возможность объективного решения поставленной задачи. В этом можно убедиться на следующем простом примере.

На рис.1А представлена нейрограмма, распределение межспайковых интервалов которой аппроксимируется классической мономодальной кривой (А2). Ниже - та же самая гистограмма, но построенная уже в системе координат с неравномерной шкалой времени (А3). Сравнивая эти графики легко заметить, что до момента изменения масштаба оси абсцисс они в точности повторяют друг друга. Однако, начиная со 100 мсек такое соответствие нарушается. Каждому очередному каналу гистограммы А3 начинает соответствовать суммарное "содержимое" десяти каналов исходного распределения (А2). В результате образуется второй (фантомный) пик в области 100-200 мс, и нейрон с четко выраженной регулярной формой активности начинает ошибочно идентифицироваться как клетка пачечно-группового типа.

Проделав аналогичное преобразование для нейронов, действительно обладающих "пачкообразной" конфигурацией биоэлектрических разрядов (рис.1Б), и сопоставив полученные графики, приходится признать, что в системах координат с неравномерной шкалой времени переход от регулярного типа импульсации (рис.1.А3) к пачечно-групповой (рис.1.Б3) не поддается объективизации по критерию модальности интервальных гистограмм. На первый взгляд, не понятно, каким образом здесь вообще удастся получать какие-либо мономодальные распределения.

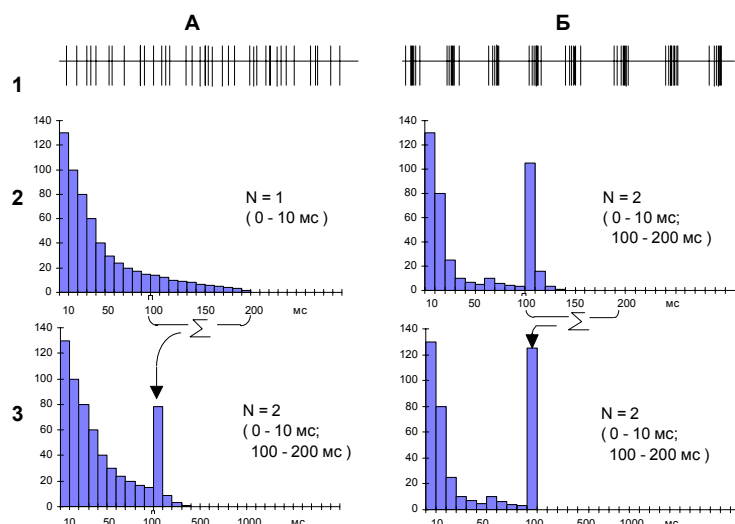


Рис.1. Идентичность показателей модальности интервальных гистограмм нейронов с регулярной (А) и пачечно-групповой (Б) формой разрядной активности (в системе координат с неравномерной шкалой времени). По оси абсцисс - длительность интервалов. По оси ординат - их количество. N - число экстремумов на графике (в скобках - моменты их возникновения).

Ответ дает следующий простой пример.

На рис.2 представлены интервальные гистограммы нейрона, обладающего регулярной формой разрядной активности, но имеющего различную интенсивность импульсации в разные периоды времени. Хорошо видно, что если средняя величина межспайковых интервалов находится в пределах 100-200 мс, соответствующее распределение сохраняет свой мономодальный вид и после преобразования (Б2—>Б3). Но при этом оказывается, что в системе координат с неравномерной шкалой времени в зависимости от средней частоты импульсной активности один и тот же нейрон может быть идентифицирован как клетка и "пачечно-группового" (рис.3А), и регулярного (рис.3Б) типа.

Подводя определенный итог вышесказанному, приходится с сожалением констатировать, что результаты проведенных к настоящему времени исследований не позволяют сделать вывод о существовании каких-либо специфических нейрональных кодов,

отражающих на клеточном уровне процесс формирования мотивационного возбуждения. На основе применяемой авторами процедуры первичной обработки данных в принципе невозможно провести объективное разделение всей совокупности регистрируемых нервных клеток на нейроны с регулярной и пачечно-групповой формой импульсной активности. Этот вывод, естественно, распространяется и на утверждение о наличии особого, мотивационно-детерминированного распределения по отделам головного мозга нейронов с характерной пачкообразной ритмикой (90% - латеральный гипоталамус, 60% - сенсомоторная кора, 45% - зрительная область коры и т.п.) [17]. На самом деле, даже если число таких клеток будет равно нулю, наличие феномена бимодальности интервальных гистограмм все равно вполне может отмечаться в тех же самых соотношениях (рис.1А).

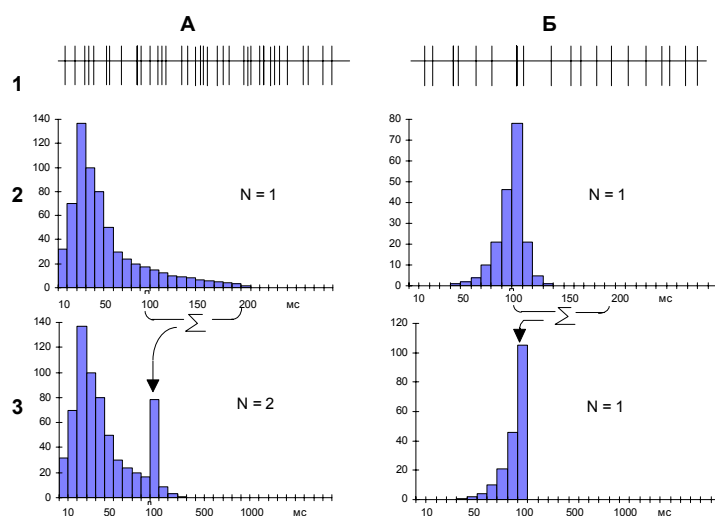


Рис.2. В системе координат с неравномерной шкалой времени простое снижение средней частоты нейронной активности начинает выглядеть как характерный переход от бимодального распределения межспайковых интервалов нервной клетки (А) ("пачки") к мономодальному (Б) ("регулярность"). Обозначения как на рис.1.

Кроме того, ни в одной из проведенных в данном направлении многочисленных работ нельзя найти каких-либо математических выкладок (или, хотя бы, доверительных интервалов на

гистограммах), которые на основе результатов аналитической статистики давали бы надежду другим исследователям полагать, что повторив применяемую авторами последовательность экспериментальных процедур, они также с достаточно высокой вероятностью будут наблюдать именно описываемый ряд закономерностей. Если с учетом вышеизложенного попытаться сформулировать перечень требований, соблюдение которых является необходимым для проведения корректных исследований в этом направлении, следует выделить следующий ряд основных моментов:

1. Применяемые экспериментальные модели должны предоставлять возможность неоднократного повторения в ходе регистрации активности каждой исследуемой нервной клетки ситуации контролируемого изменения уровня или биологической модальности доминирующей мотивации при наличии строгих физиологических и поведенческих критериев смены соответствующих функциональных состояний организма.

2. Нейрофизиологические закономерности, наблюдаемые в рамках любого конкретного интервала времени, следует рассматривать только в качестве выборочных данных из соответствующей генеральной совокупности. Это является необходимым условием проведения полноценного статистического анализа, включающего в себя определение достоверности наблюдаемых нейрональных феноменов.

3. Постановка экспериментов должна осуществляться только на свободно подвижных животных, поскольку в настоящее время установлено большое число фактов, свидетельствующих о кардинальном изменении функциональных свойств нервных клеток в условиях иммобилизации. В последнем случае по сути дела приходится говорить об особом разделе нейрофизиологии, в котором констатируются закономерности, имеющие мало общего с реальными процессами, протекающими в нервной системе интактного, свободноподвижного животного.

4. Применяемые экспериментальные модели должны давать возможность рассмотрения получаемых данных на основе простых однофакторных схем анализа, поскольку в естественных условиях контролировать весь комплекс переменных, влияющих на исследуемый нейрофизиологический процесс, как правило, не удается. Переход же ко все более и более жестким аналитиче-

ским схемам проведения опыта неизбежно приводит к искажению реальной картины изучаемых явлений.

Цель настоящей работы - рассмотреть возможные пути решения данного круга вопросов на основе современных методов экспериментального исследования.

Методика

Перечисленному выше ряду требований в полной мере удовлетворяет разработанная в нашей лаборатории экспериментальная модель, в рамках которой подопытные животные (кролики) во время регистрации у них активности отдельных нервных клеток выполняли нажатие передними лапами на площадку специальной педали для получения пищи и устранения по звуковому сигналу болевого электрокожного раздражения (ЭКР) [8]. Наличие высокого уровня оборонительной мотивации в последнем случае подтверждается результатами электрокардиографического анализа [12].

Импульсная активность отдельных нейронов отводилась экстраклеточным способом [15] у животных с выработанным и закрепленным инструментальным поведением. На магнитофон марки "Брюль и Кьер-7003" регистрировались: разрядная активность нейрона, звуковой оборонительный сигнал, электрокожное раздражение, отметки нажатия на педаль и взятия пищи из кормушки, актограмма перемещений животного по экспериментальной камере.

Для регистрации актограммы на черепе животного укрепляли миниатюрную электролампочку, а на противоположных стенах камеры (возле педали и кормушки) устанавливали фотоэлектрические пластины. По величине суммарной фото-ЭДС на них можно было судить о местоположении животного в тот или иной момент времени. Дополнительно по специальной методике [31] осуществлялась регистрация электромиограммы глубокой части собственно жевательных мышц. После окончания опыта магнитную запись воспроизводили с редукцией скорости в 10 раз на чернилопишущий прибор.

Объектом изучения были нейроны сенсомоторной области коры головного мозга. Координаты места трепанации кости черепа - А3, L3; Р3, L3. При выборе зоны отведения учитывалось заключение, что именно на уровне сенсомоторной коры у 60%

клеток при формировании мотивации голода наблюдается возникновение характерной пачкообразной активности [17]. Вместе с тем, здесь весьма отчетливо проявляется и другой базовый нейрофизиологический феномен - феномен поведенческой специализации нейронов [1, 3]. Это обстоятельство позволяет считать, что "именно сенсомоторная кора является одним из ответственных пунктов головного мозга, где на основе восходящих мотивационных возбуждений разыгрываются физиологические процессы формирования целенаправленного поведения" [27, стр.9].

Анализ полученных результатов проводился в три этапа. На первом из них с помощью применяемой системы поведенческих отметок на нейронограмме выделяли интервалы времени, соответствующие периодам реализации отдельных инструментальных актов. Для каждого такого периода определяли следующие параметры разрядной деятельности регистрируемого в данный момент нейрона: среднюю частоту его импульсации, структуру фазных активаций (т.е. тип поведенческой специализации клетки) и модальность гистограмм распределения межспайковых интервалов. В последнем случае для нейронов, имеющих низкий уровень разрядной активности построение интервальных гистограмм проводилось путем объединения данных по нескольким (3-5) "смежным" инструментальным актам.

Основной этап обработки полученных данных включал в себя сопоставление показателей средней частоты, специализации и интервальных характеристик одного и того же нейрона в пищеводобывательных и оборонительных инструментальных актах. Затем, на основе известных методов регрессионного анализа выясняли, существуют ли направленные изменения перечисленных выше показателей в ходе постепенного снижения уровня мотивации голода по мере насыщения животного. Пищедобывательные и оборонительные действия рассматривались при этом независимо друг от друга.

Достоверность полученных данных оценивали по критерию Стьюдента (уровень значимости $p < 0,05$). Более подробно методика экспериментов и особенности анализа результатов изложены ранее [8, 9].

Результаты исследования

В общей сложности была исследована разрядная активность 134 нейронов сенсомоторной области коры головного мозга.

Первое, что сразу обращает на себя внимание при рассмотрении полученных данных, - наличие у значительного числа зарегистрированных клеток (49%) закономерно повторяющихся от акта к акту однонаправленных изменений текущей частоты импульсации, приуроченных к строго определенным этапам инструментального действия. Это явление, хорошо известное как феномен поведенческой специализации нейронов, констатируется в выводах большинства микроэлектродных исследований, проводимых на свободноподвижных животных. При этом отмечается очень высокий уровень стабильности подобных функциональных перестроек [3, 14].

Стабильность феномена поведенческой специализации нейронов отчетливо проявлялась и в рассматриваемом нами случае. Более того, возможность анализировать разрядную активность одной и той же нервной клетки в условиях многократного перехода от пищедобывательного поведения к оборонительному позволяет сделать вывод не только о стабильности, но и об очень быстром и полном восстановлении всей структуры поведенческой специализации нейронов после каждой очередной смены приспособительной направленности инструментального акта. Нам ни разу не удалось наблюдать каких-либо проявлений частичного или хотя бы даже постепенного восстановления паттерна нейронной активности в период возобновления пищедобывательных действий после их прерывания поведением оборонительного характера.

Несомненный интерес представляет и тот факт, что фазные изменения частоты импульсации отмечались у изученной нами группы сенсомоторных нейронов именно на стадии реализации приспособительных действий. Ни у одной из этих клеток не удалось зарегистрировать активаций или торможений в ответ на включение звукового оборонительного сигнала или в момент прекращения исходного пищедобывательного поведения.

Вместе с тем, было установлено, что доминирующая мотивация выступает в качестве важного фактора, определяющего структуру специализации нервных клеток. Об этом свидетельст-

вуют результаты сравнительного анализа нейронной активности в сходных по своим двигательным параметрам пищедобывательных и оборонительных инструментальных действиях. Основные результаты такого анализа приведены на рис.3.

Каждая из семи представленных здесь векторных диаграмм отражает разрядную активность одновременно 66 нейронов, у которых на определенных этапах пищедобывательного (А) и/или оборонительного (Б) инструментального поведения имели место статистически достоверные ($p < 0,05$) изменения частоты импульсации. Номер вектора на всех диаграммах соответствует индексу одной и той же нервной клетки. Окружность меньшего диаметра условно отражает средний уровень "фоновой" разрядной деятельности нейронов (для разных клеток он, естественно, был различен). Возрастание или, наоборот, снижение частоты генерации потенциалов действия на определенном этапе инструментального акта выражается в сдвигах по определенной оси в сторону от центра (активация) или к центру (торможение). Поскольку амплитуда таких изменений у разных нейронов варьировала в довольно широких пределах, соответствующие величины откладывались по осям в логарифмическом масштабе.

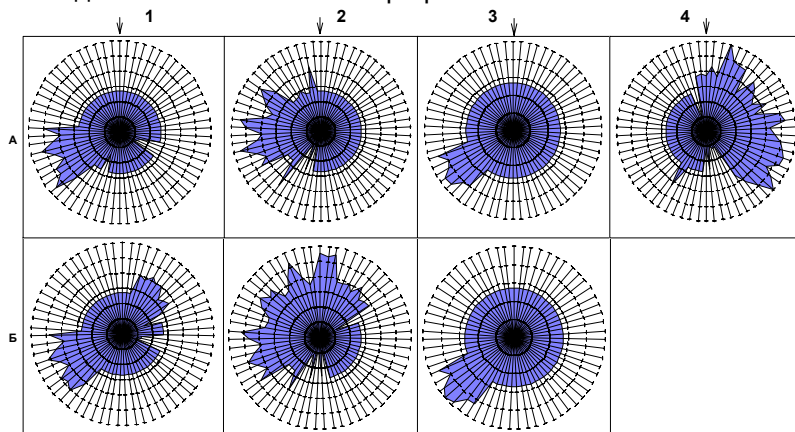


Рис.3. Динамика изменения разрядной активности нервных клеток на последовательных этапах реализации пищедобывательного (А) и оборонительного (Б) инструментального поведения. 1 - движение к педали, 2 - нажатие на педаль, 3 - движение от педали, 4 - взятие пищи и жевание. Определенный вектор на каждой диаграмме отражает величину средней частоты импульсации одного и того же нейрона в разных поведенческих ситуациях. Подробное пояснение - в тексте.

Представленные на рис.3 данные свидетельствуют о том, что нейрональное обеспечение идентичных по способу достиже-

ния результата пищедобывательных и оборонительных инструментальных актов было различным. Паттерн импульсации 57% фазно-активных нервных клеток менялся при изменении мотивационной основы поведения.

У 9 нейронов было выявлено статистически достоверное повышение частоты разрядов только в пищедобывательных актах ($p < 0,05$). В оборонительном поведении импульсная активность у них либо вообще отсутствовала, либо носила регулярный характер. У 3 других клеток наблюдалась фазная активность исключительно в рамках инструментальной оборонительной деятельности. Особо выделялась группа из 42 нейронов, которые избирательно активировались во время развертывания как пищедобывательного, так и оборонительного проведения. Фазные активации 23 из них были связаны с одними и теми же этапами реализации акта нажатия на педаль независимо от его мотивационной основы. Паттерн разрядной активности других 19 нейронов был различен в пищедобывательных и оборонительных инструментальных действиях, но на разных этапах их реализации такого рода различия проявлялись в разной мере. Если во время движения животного к педали и кормушке, как правило, имели место однонаправленные изменения импульсации в пищедобывательном и оборонительном поведении, то в период нажатия животным на педаль такой однонаправленности уже не наблюдалось.

Необходимо особо подчеркнуть, что в рамках каждой из двух сравниваемых форм инструментального поведения амплитуда фазных нейронных активаций или торможений (т.е. величина изменения частоты импульсации по отношению к "фону") существенно варьировала. Нельзя было выделить и двух пищедобывательных или оборонительных актов, нейрональное обеспечение которых по этому критерию было бы полностью идентичным. Причем, проведенный корреляционный анализ показал, что степень выраженности фазных перестроек нейронной активности не зависит от двигательных параметров инструментального действия, в частности от продолжительности различных его этапов, количества и длительности нажатий животным на педаль и т.д. Величина коэффициентов корреляции практически во всех случаях имела значения, которые не достигали критериального уровня $p < 0,05$.

Кроме того, было установлено, что по мере насыщения животного и, как следствие, снижения уровня пищевой потребно-

сти амплитуда активаций (или торможений) нервных клеток также статистически достоверно не меняется. Ни в одном случае нам не удалось выявить корреляционной зависимости между величиной изменения частоты нейронной импульсации на соответствующем этапе поведения и количеством съеденных кроликом порций пищи. Даже в тех случаях, когда длительная регистрация одной и той же нервной клетки сопровождалась плавным возрастанием интенсивности разрядной деятельности (5 нейронов) или, наоборот, ее снижением (4 нейрона), величина фазных изменений частоты импульсации оставалась в пределах статистической погрешности.

Заключение о том, что амплитуда нейрональных активаций не зависит от временных показателей инструментальных действий и не меняется в процессе насыщения подопытных животных имеет принципиально важное значение, поскольку позволяет с единых позиций подходить к анализу всей группы последовательно регистрируемых в опыте нейронов. Т.е. период регистрации каждой клетки можно рассматривать как некоторую "выборку" из одной и той же (генеральной) совокупности аналогичных поведенческих актов [9]. Это, в свою очередь, дает возможность проводить объективную оценку динамики параллельно протекающих в мозге элементарных нейрофизиологических процессов на основе данных, получаемых путем последовательной (выборочной) регистрации каждого из них в отдельности.

Как показывают результаты такого анализа, нейроны, обладающие определенными типами поведенческой специализации (рис.3), действительно являются компонентами одной и той же функциональной 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. А это значит, что по основным своим признакам указанная группа нейронов полностью соответствует критерию системоспецифичности [4, 5].

Совершенно иная картина складывается, если попытаться оценить динамику тех же самых системных процессов на основе анализа интервальных характеристик нейронной активности. Как показывает проведенный анализ, лишь у 14% сенсомоторных нейронов синхронно возникают характерные пачечно-групповые

конфигурации биоэлектрических разрядов, специфичные в отношении процесса формирования пищедобывательного поведения [7, 13, 24 и др.]. Для большинства же клеток (84%) вообще не удастся установить наличие каких бы то ни было общих интервальных показателей, свидетельствующих о согласованном характере их разрядной деятельности. По сути дела здесь приходится говорить о соотношении: один нейрон - один паттерн.

Но даже для первой группы клеток (14% нейронов) синхронное возникновение пачечно-групповой формы импульсной активности, как выяснилось, не связано с процессом формирования мотивации голода, а обусловлено особенностями их поведенческой специализации. Оказалось, что все они относятся к числу “нейронов жевания” (рис.4).

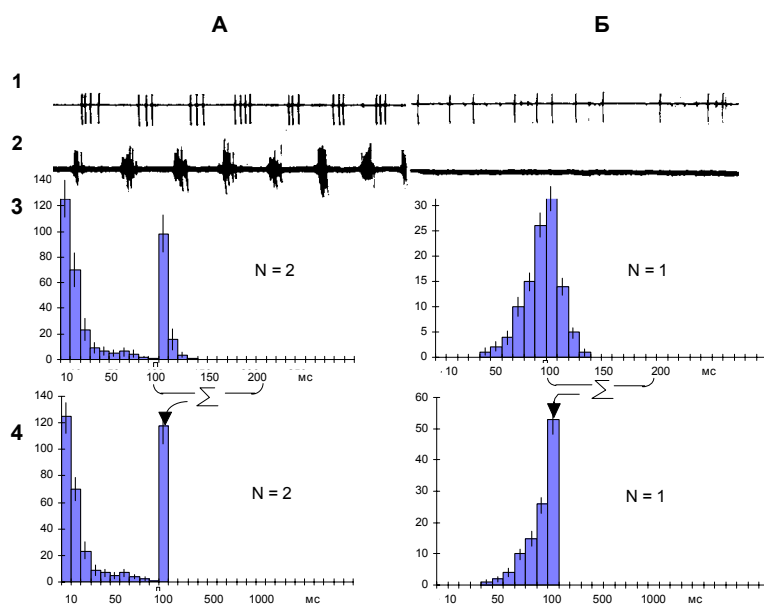


Рис.4. Завершение процесса жевания проявляется в активности нейронов как переход от пачечно-групповой формы их импульсации (А) к регулярной (Б). 1 - нейронограмма, 2 - миограмма жевательных мышц, ниже - интервальные гистограммы с равномерной (3) и неравномерной (4) шкалой времени. N - число экстремумов ("модальность") соответствующих распределений.

В пользу этого заключения свидетельствует строгая корреляция их разрядной деятельности с определенной фазой жевательных движений. Кроме того, по мере насыщения животного у данной группы клеток ни разу не отмечалось постепенного снижения степени выраженности феномена "пачкообразной" ритмики при жевании. Между тем, отдельные нейроны нам удавалось регистрировать непрерывно в течение нескольких часов во время неоднократно воспроизводимых ситуаций удовлетворения пищевой потребности и ее повторного возникновения.

Если в свете этих данных вновь обратиться к примеру, представленному на рис.4, нетрудно понять, что в рамках простых экспериментальных моделей, когда наличие мотивации голода и факт ее удовлетворения могут быть объективно определены только по критерию поедания животным пищи или отказу от нее, "нейроны жевания" неизбежно будут ошибочно идентифицированы как нейроны соответствующего мотивационного возбуждения. А поскольку число таких клеток значительно больше (свыше 90% [1]) в центральных структурах мозга, очень легко сделать и другой ошибочный вывод - вывод о существовании градуального распределения нейронов пищевой мотивации по различным отделам ЦНС [17].

Обсуждение результатов

Результаты проведенных нами экспериментальных исследований определенно свидетельствуют о том, что в период реализации целенаправленного инструментального поведения доминирующая мотивация не играет роль императивного фактора, способного оказывать прямое влияние на процесс формирования разрядной активности отдельных нервных клеток. Это заключение касается как показателей средней частоты, так и конфигурации (паттерна) нейронных разрядов. Основным проявлением мотивационной специфичности работы нервных клеток является определенная структура их поведенческой специализации, которая существенным образом меняется при смене характера приспособительной направленности инструментальных действий. Отмечаемый же в публикациях ряда авторов феномен массового возникновения "пачкообразной" (мотивационно-

детерминированной) формы нейронной импульсации является артефактом первичной обработки данных и обусловлен неравномерным применением системы координат с неравномерной шкалой времени при построении соответствующих интервальных гистограмм (рис.1).

В наиболее последовательной форме полученные данные могут быть интерпретированы с позиций основных положений общей теории функциональных систем [4]. Согласно развиваемым здесь представлениям, разрядная активность нейронов головного мозга в естественных условиях не формируется как реакция на синаптические воздействия, поступающие со стороны рецепторов или клеток других структур ЦНС (в том числе и "мотивационных" подкорковых центров). Она является следствием особенностей функционального статуса определенной части нейронов, наличия у них собственных пейсмекерных механизмов, связанных с разворачиванием базовых внутриклеточных функций. Соответственно, объединение такого рода фоновоактивных нейронов в единую интеграцию реализуется как процесс синхронного устранения "избыточного числа степеней свободы" [5] (рис.5А).

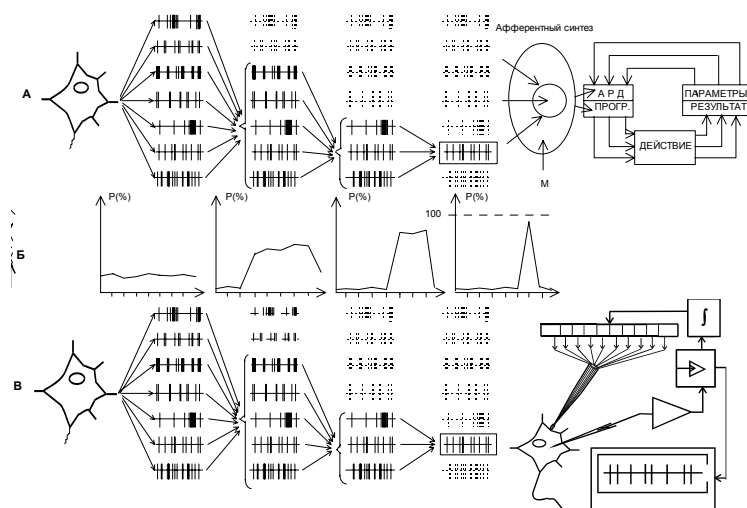


Рис.5. Схема, иллюстрирующая принцип последовательного устранения "избыточного числа степеней свободы" нервной клетки в процессе ее вовлечения в состав функциональной системы (А) и в условиях биохимической оперантной детерминации определенного паттерна разрядной активности (В). По оси ординат (рис. 5Б) - вероятность возникновения данного паттерна биоэлектрических разрядов (по оси абсцисс - его условный номер).

С этих позиций нейрофизиологическую основу поведения человека и животных составляют процессы формирования совершенно иных по набору своих компонентов центрально-периферических интеграций, нежели те, которые можно объективизировать по критерию эффективного синаптического межклеточного взаимодействия. Последнее рассматривается лишь как один из многих механизмов вовлечения отдельного компонента в состав соответствующей функциональной системы. Ведущий же принцип построения каждой такой интеграции определяется как принцип взаимодействия всех ее составляющих на получение полезного для организма приспособительного результата [4, С.41]. Вследствие этого именно результат становится императивным фактором, определяющим процесс устранения избыточного числа степеней свободы нервных клеток (рис.5А). Любые же другие системные детерминанты, включая пусковой стимул или доминирующую мотивацию, подобным свойством не обладают.

Принципиально важное значение при этом приобретает вопрос о роли синаптических механизмов в процессах формирования нейронной активности. То, что решающая роль здесь принадлежит именно нейромедиаторным функциям не вызывает сомнений. Но вот конкретная схема, в рамках которой происходит их реализация, - во многом еще остается не определенной.

Острота этой проблемы вполне понятна. Как уже отмечалось, активность нейронов, входящих в состав любой функциональной системы, характеризуется исключительно высоким уровнем стабильности [1, 14]. И по своей структуре, и по степени выраженности закономерно повторяющиеся от акта к акту фазные нейронные активации сохраняются не только при значительных изменениях различных параметров двигательной активности животного, но даже в случае кардинальной реорганизации некоторых основных условий достижения приспособительного результата [2, 19]. Обращает на себя внимание и отсутствие направленной динамики изменения фазных перестроек нейронной импульсации в ходе развертывания большого числа идентичных целенаправленных действий.

Попытка достижения такого уровня стабильности на основе обычных ("стимуляционных") подходов к моделированию нейромедиаторных функций неизбежно заканчивается неудачей. Одна из причин - быстрое развитие процесса привыкания (габитуации) нейрона к любым внешним воздействиям [25]. Такого

рода габитуационная форма динамики вызванной нейронной активности отражает базовое функциональное свойство любой нервной клетки и наблюдается даже в случае прямой микроионофоретической аппликации возбуждающих нейромедиаторов [20] или при деполяризации клеточной мембраны [26]. Причем, чем ближе параметры нейромедиаторного воздействия к естественным показателям (строгая локальность зоны действия вещества, кратковременность), тем менее устойчивой становится ответная нейронная реакция [10]. Как же в таком случае возникает феномен поведенческой специализации нервных клеток?

Контуры определенного ответа на этот вопрос стали вырисовываться после того, как было установлено, что наряду с классическими ("хемореактивными") формами нейромедиаторного взаимодействия в ЦНС человека и животных возможна принципиально иная схема проявления биологически активного характера веществ медиаторной природы (рис.5В).

Оказалось, что они могут выступать не только в качестве инициаторов развития хемореактивных процессов, но и как факторы подкрепления эндогенно- или экзогенно-детерминированных перестроек импульсации фоновых активных нейронов [11]. Причем, динамика подобных функциональных изменений на клеточном уровне, а также условия их возникновения качественным образом отличаются от аналогичных параметров хемореактивных процессов. Но особого внимания, конечно же, заслуживает высокий уровень устойчивости достигаемых таким путем перестроек нейронной активности.

С этих позиций исключительно важное значение для проведения дальнейших исследований в данном направлении приобретает вопрос о базовом нейрофизиологическом феномене, составляющем основу процесса обучения. Как известно, современные нейрофизиологические концепции строго ориентированы в своих заключениях на вывод об изменении эффективности синаптической передачи. На наш взгляд, схема детерминации нейронной активности по П.К.Анохину (рис.5А) может быть реализована только на основе совершенно иного принципа модификации элементарных нейрофизиологических функций при обучении. Весьма вероятно, что решающая роль здесь принадлежит именно процессам реорганизации естественных форм инструментального нейрхимического взаимодействия.

С нашей точки зрения, детальный анализ этого феномена, выяснение лежащих в его основе молекулярно-биологических механизмов имеет принципиально важное значение для разработки новых базовых нейрофизиологических моделей, учитывающих способность нервных клеток объединяться в устойчивые по составу группы (функциональные системы), в рамках которых строго согласованный характер активности отдельных элементов достигается на основе процесса положительного биохимического подкрепления индивидуальных паттернов разрядной деятельности.

ВЫВОДЫ

Основной формой проявления мотивационной специфичности работы нейронов головного мозга в поведении является определенная структура их системной специализации, которая существенным образом меняется при изменении характера приспособительной направленности инструментальных действий.

В период развертывания целенаправленного инструментального поведения доминирующая мотивация не играет роль императивного фактора, способного оказывать прямое влияние на процесс формирования разрядной активности отдельных нервных клеток.

Отмечаемый в работах ряда авторов феномен “пачкообразной” (мотивационно-детерминированной) формы нейронной импульсации на самом деле является артефактом первичной обработки данных и возникает вследствие необоснованного применения системы координат с неравномерной шкалой времени при проведении соответствующих оценок.

Наиболее вероятным механизмом детерминации нейронной активности в поведении является механизм согласованного устранения избыточного числа степеней свободы определенных групп фоновых нервных клеток на основе процесса положительного биохимического подкрепления индивидуальных паттернов их разрядной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука. 1979.
2. 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.
3. Александров Ю.И., Гринченко Ю.В., Мац В.Н., Лаукка С., Корпусова А.В. Участие нейронов моторной коры кролика в обеспечении инструментального поведения до и после хронической алкоголизации: сравнение с лимбической корой // Журнал высш. нервн. деят. 2002. т.52. №1. С.85-96.
4. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М.: Наука. 1971.
5. Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона // Успехи физиол. наук. 1974. Т.5. №2. С.5-92.
6. Бадиков В.И. Механизмы динамического взаимодействия положительных и отрицательных эмоций в поведенческих актах // Автореф. дисс. докт. мед. наук. М.: 1986.
7. Безуглый А.П. Взаимодействие норадреналина и пента-гастрина в нейрохимических механизмах пищевой мотивации // Автореф. дисс. канд. мед. наук. М.: 1993.
8. Бобровников Л.В. Динамика формирования двух типов инструментального поведения у кроликов // Журн.высш.нervн.деят. 1982. Т.32. N.1 С.25-31.
9. Бобровников Л.В. Вероятностно-статистические критерии оценки поведенческой специализации нервных клеток // Психологич. журнал. 1989. Т.10. №2. С.90-98.
10. Бобровников Л.В. "Подпороговые" нейромедиаторные процессы и их роль в реализации механизмов интегративной деятельности нейрона // Вестник новых медицинских технологий. 1998. Т.V. №1. С.42-45.
11. Бобровников Л.В. Принцип положительного биохимического подкрепления в организации сложных нейронных систем // Вестник РАЕН (в печати).
12. Бобровников Л.В., Чанг Куанг Тин. Динамика ритма сердечных сокращений во время реализации пищедобывательных и оборонительных инструментальных действий // Мат.VII

Всесоюзн. конференции "Системные механизмы подкрепления". М.1986. С.8-9.

13. Борисова Е.В. Электрофизиологический и нейрохимический анализ нейронов ретикулярной формации и орбитальной коры при пищевом мотивационном возбуждении // Автореф. дисс. канд. биол. наук. М.: 1983.

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

15. Гринченко Ю.В., Швырков В.Б. Простой микроманипулятор для исследования нейронной активности кроликов в свободном поведении // Журнал высш.нервн.деят. 1974. Т.24. N 4. С.870-872.

16. Доти Р.В., Бартлетт Ж.Р. и др. Люксотонические нейроны в стриарной коре неанестезированных обезьян. В сб.: Функциональное значение электрических процессов головного мозга. 1977. М.: Наука. С.151-159.

17. Журавлев Б.В. Нейрофизиологические механизмы опережающих возбуждений в системной организации поведенческих актов // Автореф. докт. мед. наук. М.: 1986.

18. Журавлев Б.В. Системный анализ активности нейронов мозга при пищеводобывательном поведении животных. В кн.: Нейроны в поведении. Системные аспекты. М.:Наука. 1986. С.170-179.

19. Карпов А.П. Активность нейронов обонятельной луковицы кролика в пищеводобывательном поведении. В кн.: Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука. 1979. С.111.

20. 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.

21. Котов А.В. Пластичность доминирующей мотивации // Автореф. докт. мед. наук. М.: 1986.

22. Мещеряков А.Ф. Анализ участия нейронов перифорникальной области гипоталамуса в механизмах алкогольной мотивации у крыс // Автореф. дисс. канд. биол. наук. М.1981.

23. Муртазина Е.П. Системный анализ нейрофизиологических механизмов участия нейротропина в процессах обучения животных оборонительному навыку // Автореф. дисс. канд. мед. наук. М.: 1993.

24. Орбачевская И.Ю. Участие гастрина в центральных механизмах пищевого поведения // Автореф.дисс. канд. мед. наук. М. 1982.
25. Пивоваров А.С., Дроздова Е.И. Генерализованные и локальные изменения холиночувствительности нейронов виноградной улитки после однократного или тетанического локальных подведений к ним АЦХ // Журн. высш. нервн. деят. 1997. Т.47. №4. С.715-723.
26. Соколов Е.Н. Привыкание гигантского нейрона моллюска к электрическим внутриклеточным раздражениям // Нейронные механизмы обучения. М.: МГУ. 1970. С.92.
27. Судаков К.В. Значение мотивационных возбуждений в интегративной деятельности отдельных нейронов головного мозга // Журн. высш. нервн. деят., 1978. Т.28. С.8-15.
28. Сулин В.Ю. Нейрофизиологические механизмы процесса обучения животных оборонительному поведению в условиях действия фрагмента 125-129 А-2 интерферона RITLY // Автореф. дисс. канд. биол. наук. М.: 1993.
29. Тимошин Д.В. Динамика импульсной активности нейронов коры при формировании и воспроизведении пищевого навыка у кролика в условиях модуляции нейроиммунных процессов нейротропином // Авт. дисс.канд.мед.наук.М.: 1991.
30. Шамаев Н.Н. Импульсная активность нейронов орбитальной коры и латерального гипоталамуса при пищевом поведении кролика // Автореф. дисс. канд. биол. наук. М.: 1982.
31. Basmajian J.V., Stecko G. A new bipolar electrode for electromyography // J. Appl.Physiol. 1962. v.17. P.849-851.
32. Burns B.D. The uncertain nervous system. 1968. London. Ed.: E.Arnold. 263 p.
33. Evarts E.V. et al. Spontaneous discharge of single neurons during sleep and waking // Science. 1962. v.135. P.726-728.
34. 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.
35. McElligott J.G. Long-term spontaneous activity of individual cerebellar neurons in the awake and unrestrained cat. In.: Brain Unit Activity During Behavior. 1973. Springfield. USA. P.197-223.
36. Phillips M.I., Olds J. Unit activity: motivation-dependent responses from midbrain neurons.Science. 1969. v.165. P.1269-1271.

THE ROLE OF MOTIVATION IN DETERMINATION OF NEURONAL ACTIVITY IN BEHAVIOR

L.V. Bobrovnikov

Senior research assistant of Institute of scientific reserches of normal physiology named by P.K.Anokhin, academician of RANS

One of the characteristic features of neuronal activity during behaviour is correlation between the firing rate and determined current events at the behavioural level. The task of the present study was to check some neurophysiology aspects of this phenomenon. The role of biological motivation in the integration of elementary neurophysiological processes is considered.

Key words: neurons, motivation, functional system theory, cellular analogue of operant conditioning.

МНЕНИЕ ОППОНЕНТА

Статья Л.В.Бобровникова “Механизмы мотивационной детерминации нейронной активности в поведении” вызвала у меня ряд вопросов.

1. Не ясно, насколько обоснован вывод автора о том, что если средняя частота спайковой активности нейронов не отражает функциональное значение “пейсмекерных” нейронов, то таких нейронов и не может быть.

2. Автор пишет, что “во всех исследованиях, посвященных решению этой проблемы, соответствующие заключения основывались на результатах анализа интервальных гистограмм, построенных в системе координат с неравномерной шкалой времени” (стр.2 рукописи). Должен сказать, что использование кусочно-неравномерной шкалы по оси икс на интервальной гистограмме проходило на первых этапах исследований, тогда как в дальнейшем были использованы логарифмические шкалы, шкала по числам Фибоначи (“золотое сечение”) и др., что расширило представления о связи специфических интервальных паттернов не только с поведенческими актами, но и нейрохимическими процессами в различных структурах мозга.

3. Автор приводит на рис.1А, в качестве примера “нейрон с четко выраженной регулярной формой активности”, но нам представляется, что это его субъективное мнение по визуальному анализу и оно не может служить объективным критерием для оценки интервального паттерна.

4. На том же рисунке можно видеть, что гистограммы A2 и A3 не соответствуют активности нейрона A, так как на нативной записи отсутствует шкала времени, а в то же время у этого нейрона все интервалы менее 70 мс.

5. Еще большее сожаление вызывают его критические выводы, которые касаются экспериментальных данных ряда авторов о специфичности интервальных паттернов, отражающих различные мотивационные возбуждения, поскольку их специфичность проявлялась на малых значениях интервалов от 5мс до 50 мс.

В общем, похоже автор не полностью разобрался в упомянутых работах, тем более, что в этих исследованиях приводятся многочисленные контрольные опыты (с отменой или подменой подкрепляющих воздействий), а также ряд экспериментальных данных других авторов по оценке интервальных паттернов активности нейронов, подтверждающих эти положения (Маунткастл, Кропотов, Гоголицин и мн. др.).

Что касается результатов исследований самого автора, то возникает ряд вопросов.

До сих пор остается не убедительным критерий оценки понятий “активация” и “торможение” активности нейрона, так как каждый автор устанавливает свой процент от 25 до 50, что меняет общую картину “участия” нейронов в той или иной форме поведения.

Согласно рис.4 и выводам автора у голодных животных “нейронов жевания” от 14% до 90%. У нас нет слов, чтобы подтвердить или опровергнуть такой “научный” вывод.

Нет сомнения, что автору известны работы, которые показали динамику активности нейронов коры и подкорковых структур в процессе обучения животных. Основной феномен специализации нейронов в виде активаций или торможения активности нейронов является этапом в динамике обучения и отражает два объективных принципа, лежащих в основе функционирования любых систем: опережения и минимизации функций (например, разрядной деятельности нейронов). Причем, второй принцип в этой деятельности нейронов неизбежно приводит к торможению разрядной деятельности как при пищевом насыщении, так и при полной автоматизированной поведенческой деятельности (Фадеев, Андрианов, Волков, Журавлев, Джаспер, Ричи, Доун и мн. др.).

**Руководитель лаборатории
Общей физиологии функциональных систем
НИИ нормальной физиологии им Анохина
РАМН, д.м.н., профессор Б.В.Журавлев**

ОТВЕТ ОППОНЕНТУ

Первый вопрос, который возник у моего оппонента при ознакомлении с материалами опубликованной выше статьи, касается возможности существования “пейсмекерных нейронов”, способных реализовать свою возбудительную функцию, не увеличивая при этом среднюю частоту собственной разрядной активности.

Как известно, согласно современным нейрофизиологическим представлениям пейсмекером (водителем ритма) можно считать “клетку или группу клеток возбудимой ткани, обладающих способностью генерировать ритмичные импульсы возбуждения, распространяющиеся на другие клетки” [11]. Т.е., по определению пейсмекерными являются только те нейроны, которые в процессе передачи нервного возбуждения предварительно сами активируются в импульсной (разрядной) форме. Это не исключает возможности существования качественно иных механизмов межнейронного взаимодействия. Но для их характеристики следует использовать другие определения.

Кстати говоря, в выводах, которые, естественно, приводятся не в начале, а в конце моей статьи, нет ни слова о пейсмекерных принципах организации нейронной активности. Упоминание об этом можно найти лишь в разделе “введение”, где дается ссылка на заключение самого Б.В.Журавлева, подчеркивающего, что “у голодных и накормленных животных средняя частота нейронов остается на одном и том же уровне” [3, с.170]. «В общем, похоже, оппонент не полностью разобрался в рецензируемой им работе» (да и в своей собственной тоже)...

Во втором вопросе высказывается замечание в адрес моего утверждения о том, что во всех исследованиях, посвященных поиску нейрональных кодов мотивационного возбуждения “соответствующие заключения основывались на результатах анализа интервальных гистограмм, построенных в системе координат с неравномерной шкалой времени”. В качестве опровержения приводятся ссылки на более поздние работы моего оппонента, в которых, как он отмечает, “были использованы логарифмические шкалы, шкала по числам Фибоначи” (повидимому, Журавлев имеет в виду своего коллегу астролога/нумеролога Леонардо Фибоначчи, 1180-1240 гг. н.э.). Но ведь даже для ученика-второгодника должно быть понятно, что и в этих случаях речь идет именно о системах координат с неравномерной осью абсцисс. “Чудесные” превращения графиков, которые при этом происходят, принципиальным образом не отличаются от того, что представлено на рис.1, 2.

Учитывая ограниченный объем журнальной статьи я, естественно, не стал давать иллюстрации по всем известным на сегодняшний день вариантам манипуляций со шкалой времени, а ограничился лишь случаем кусочно-неравномерной ее деформации (рис.1, 2). Считаю это вполне достаточным, поскольку современная пачечная теория мотивационного возбуждения основывается на выводах, полученных именно в результате такой процедуры первичной обработки данных. В этом можно легко убедиться, ознакомившись с соответствующими обширными обзорами литературы по данной тематике, например [8, 9].

Отвечая на вопросы №3 и №4, я хотел бы обратить внимание моего оппонента на то, что на упомянутом им рисунке приведены не нативные записи разрядной активности нервных клеток, а лишь схемы, иллюстрирующие соответствующие формы (паттерны) нейронной импульсации. По этой причине на рис.1А отсутствует калибровка шкалы времени. Поначалу я вообще планировал ограничиться здесь графиком какой-либо хорошо известной математической функции, и показать к каким пагубным последствиям для ее внешнего вида приводит локальное изменение масштаба шкалы абсцисс. При желании таким путем можно “выдавить” на любой кривой любое необходимое специалисту число экстремумов, что, собственно говоря, и делается в тех работах, где подобные преобразования производятся не один, а несколько раз в разных точках [7]. **По сути дела такого рода манипуляции равносильны прямому подрисовыванию на графике дополнительных, реально не существующих пиков.**

Пятый вопрос касается проблемы специфичности паттерна нейронной активности для разных по биологической модальности мотивационных возбуждений.

Действительно, по данным моего оппонента наряду с пиком в области 100-200 мсек, который является универсальным отражением процесса формирования любой мотивации (пищевой, питьевой, оборонительной) существует еще один экстремум, который находится в недеформируемой области шкалы времени (0-50 мсек) и характеризует биологическую специфичность соответствующего мотивационного возбуждения. С этих позиций, пачкообразная форма нейронной активности является проявлением наличия любой мотивации, плотность же “упаковки” спайков внутри каждой пачки характеризует ее биологическую модальность. Можно ли считать обоснованной хотя бы последнюю часть вывода, касающуюся начального отрезка интервальных гистограмм (0-100 мс)?

На этот вопрос также приходится дать отрицательный ответ. Дело в том, что особенностью проведенных в данном направлении исследований, помимо всего прочего, является отсутствие в них традиционных разделов, посвященных оценке достоверности получаемых результатов на основе известных методов аналитической (индуктивной) статистики. Как уже отмечалось, ни в одной из многочисленных статей, монографий, диссертационных работ нельзя найти каких-либо математических выкладок (или, хотя бы, доверительных интервалов на гистограммах), которые давали бы надежду другим исследователям полагать, что повторив применяемую авторами последовательность экспериментальных процедур, они также с достаточно высокой вероятностью будут наблюдать именно описываемый ряд закономерностей. По этой причине говорить о существовании каких-либо достоверных различий в паттернах нейронной активности, соответствующих разным биологическим мотивациям на сегодняшний день не представляется возможным.

Ситуация со статистической обработкой данных зачастую принимает просто анекдотичный характер. Так в одной из таких «работ» [10] вывод о наличии именно мотивации голода автор делает на основе анализа всего-навсего 18-ти (!) биоэлектрических разрядов одной из зарегистрированных им нервных клеток.

На первый взгляд, может показаться, что обсуждаемый круг вопросов касается лишь некоторых частных аспектов разработки одного из направлений экспериментальных исследований, проводимых в рамках современной психофизиологии. На самом деле это не так. Процесс формирования пачкообразной активности нервных клеток уже изначально был заявлен авторами в качестве базового феномена, составляющего нейрофизиологическую основу построения целенаправленного поведения человека и животных. Этим объясняется то исключительно “ревнивое” отношение разработчиков данной концепции к результатам исследований, проводимых в области изучения другой универсальной нейрофизиологической закономерности - явления поведенческой специализации нервных клеток. Решающую роль в открытии этого феномена, как известно, сыграли работы выдающегося российского нейрофизиолога Вячеслава Борисовича Швыркова. Именно благодаря исследованиям, проведенным в его лаборатории еще в конце 70-х годов прошлого века, удалось экспериментально доказать наличие особой формы организации нейронной активности, которая возникает только в период развертывания целенаправленной деятельности и выражается в виде синхронного возникновения у определенных групп

нейронов, расположенных в разных структурах мозга, характерных фазных перестроек импульсации.

Было установлено, что такого рода функциональные изменения качественным образом отличаются от реакций нервных клеток на внешние воздействия. Проявляясь одновременно в сенсорных и моторных областях головного мозга, они характеризуются аномально высоким уровнем стабильности, который невозможно объяснить с позиций основных положений классической нейрофизиологии. Соответственно, их объективизация предполагает отказ от применения каких бы то ни было фиксированных “уровней активации” (25%, 50% по версии Б.В.Журавлева) в пользу вероятностно-статистических критериев оценки проявления подобных изменений [1, 2]. Когда игнорировать результаты этих исследований стало уже не возможно, перед авторами пачечной теории мотивационного возбуждения возникла проблема “адаптации” своего учения к новым экспериментальным данным. Для этого был избран довольно странный путь, а именно, на основе классической модели выработки условного рефлекса по И.П.Павлову была проведена серия экспериментов, связанных с регистрацией разрядной активности нейронов гиппокампа у фиксированных в станке животных [4].

Сакральный смысл данного шага до сих пор остается для меня загадкой, поскольку за 15 лет до этого в целом ряде лабораторий различных институтов у нас в стране и за рубежом уже были выполнены абсолютно аналогичные исследования [5 и мн. др.]. Поражает, что в некоторых случаях совпадают не только мельчайшие детали проведения опытов, но даже конкретное число зарегистрированных нервных клеток (82 нейрона [6] как и в «работе» Б.В.Журавлева). А вот выводы, которые при этом делаются, почему-то оказываются кардинально различными. По результатам проведенных моим оппонентом исследований он утверждает, что у 98% (!) зарегистрированных им нервных клеток в процессе выработки условного рефлекса в ходе предъявления сочетаний звук-ток (ЭКР) происходит резкое снижение средней частоты их разрядной активности (“принцип минимизации функций”). Из этого, якобы доказанного факта делалось следующее, еще более поразительное заключение - вывод о том, что феномен поведенческой специализации нейронов возникает как побочный эффект постепенного преобразования в рамках процесса обучения исходной пачечной (мотивационно-детерминированной) формы нейронной активности. В действительности, по результатам многочисленных исследований других авторов в ходе выработки условного рефлекса лишь у очень незначительной части

нервных клеток развиваются процессы угнетения их фазной и/или фоновой разрядной деятельности. В свете этих данных говорить здесь о цифре 98% и рассматривать это в качестве отражения какого-то базового нейрофизиологического принципа - просто смешно.

К сожалению, в рамках “комментария к дискуссии” невозможно рассмотреть все аспекты обсуждаемого круга вопросов. Более того, следует признать, что окончательное решение некоторых из них предполагает наличие качественно иного уровня технической оснащенности нейрофизиологического эксперимента, нежели тот, который имеется сегодня в распоряжении исследователей. Однако, интенсивная разработка в последние годы целого ряда принципиально новых методов изучения процессов, протекающих в мозге человека и животных на клеточном и молекулярно-биологическом уровне не оставляет сомнений в возможности скорейшего разрешения этой проблемы.

Л. Бобровников

Литература

1. Бобровников Л.В. Вероятностно-статистические критерии оценки поведенческой специализации нервных клеток // Психологический журнал. 1989. Т.10. N2.
2. Бобровников Л.В. Особенности поведенческой специализации стабильно- и нестабильно-активных нервных клеток - Журнал высш. нервн. деят. 1996. Т.46. №4. с.745-752.
3. Журавлев Б.В. Системный анализ активности нейронов мозга при пищедобывательном поведении животных. В кн.: Нейроны в поведении. Системные аспекты. М.: Наука. 1986. С.170-179.
4. Журавлев Б.В. и др. Поведенческие, вегетативные и электрофизиологические корреляты аппарата акцептора результатов действия // Вестник АМН СССР. 1985. №2. С.46-53.
5. Нейронные механизмы обучения и памяти // Ред. Е.Н.Соколов. МГУ. 1970.
6. Полонская Е.Л., Рабинович М.Я. Условные реакции нейронов внутреннего коленчатого тела у кроликов//Журн. высш. нервн. деят. 1972.Т.32.№4.С.810-821.
7. Системные механизмы поведения // Ред. К.В.Судаков. М.:Медицина.1990.
8. Судаков К.В. Голографические гомологии биологической мотивации в системной организации поведенческих актов // Журн. высш. нервн. деят. 1988. Т.38. №1. С.10-20.

9. Судаков К.В. Голографический принцип системной организации процессов жизнедеятельности. Успехи физиол. наук. 1997. Т.28. №4. С.3-32.

10. Тимошин Д.В. Динамика импульсной активности нейронов коры при формировании и воспроизведении пищедобывательного навыка у кролика в условиях модуляции нейроиммунных процессов нейротропином // Автореф. дисс. канд. мед. наук. М.: 1991.

11. Энциклопедический словарь медицинских терминов. Т.1.с.214.

Прил. 4. ТЕМПОРАЛЬНОЕ ПОЛЕ СИСТЕМНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ КАК «СУБСТРАТ» ФОРМИРОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕННОЙ НЕМАТЕРИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

«Закон эффекта» и положение о результате как императивном системообразующем факторе (П.К.Анохин).

Содержательная сторона этих двух апологем практически полностью совпадает. Почему же тогда их авторы нигде ничего об этом не говорят? Почему, например, тот же Б.Ф.Скиннер, критически оценивая состояние дел в советской биологической науке времен 1930-1950-х, ограничивается лишь констатацией факта тотального засилья в СССР картезианско-павловской «интертрепологии», не говоря ни слова о наличии у нас в стране в те же годы развитой альтернативы стимул-реакционному мракобесию. И, напротив, почему основоположники системного направления физиологических исследований (прежде всего, Н.А.Бернштейн и П.К.Анохин) нигде толком не рассматривают уже признанные к тому времени во всем мире труды Э.Торндайка и Б.Ф.Скиннера («От Декарта до Павлова» [Анохин П., 1945] & «От Торндайка до Скиннера» [???]).

В действительности, этому есть очень простое объяснение. Дело в том, что «закон эффекта» и тогда, и сейчас не имеет выхода на конкретную нейрофизиологическую интерпретацию. Он – этот закон – как и раньше, остается не более чем «способом объяснения усиления поведения» по словам самого же Б.Ф.Скиннера. А что при этом происходит

на уровне нейронных сетей и пучков мышечных волокон до сих пор является тайной за семью печатями. Более того, проведенные основоположниками системной физиологии исследования лишь упрочили статус актуальной неразрешимости проблем скиннеровского бихевиоризма.

Особого внимания в этом плане заслуживают работы выдающегося советского физиолога Н.А.Бернштейна и сделанный им общий вывод о принципиальной невозможности построения координированных форм двигательной активности на основе программного способа её детерминации [Бернштейн Н.А., 1947]. Как показали результаты проведенных исследований, даже полностью автоматизированные (стереотипные, «задолбленные») формы циклического поведения человека и животных характеризуются вариативностью центрально-периферических механизмов, обеспечивающих их развертывание. Независимо от уровня обученности индивида, они всегда строятся заново - разным набором нейронов, разными паттернами их биоэлектрической активности, разными двигательными единицами и т. п. (Более подробно об этом см. Бобровников Л.В., 2013. С.6-15).

Но, в таком случае, непонятно, вероятность повторного воспроизведения чего именно должен повышать «закон эффекта»? Ведь для его реализации (для реализации механизма оперантной детерминации поведенческой активности) никакого квазистабильного физиологического субстрата просто-напросто не существует.

С этих позиций, «закон эффекта» явно «не дотягивает» до уровня именно нейрофизиологической концепции, а является лишь неким общим «правилом бихевиорального толка». И главная причина, повторяю, - полная неопределенность мозгового субстрата оперантной детерминации (субстрата, который должен изменяться достигнутой перед этим последовательностью аналогичных результатов). Внятного объяснения этому до сих пор нет.

Другая, не менее острая проблема, касается нейрофизиологической основы процесса целеполагания. То, что

наряду с простейшими формами поведения, феноменологию которых хорошо объясняет «закон эффекта», поведенческий репертуар животных (не говоря уже о человеке) включает в себя также и широкий спектр различных целенаправленных действий – факт, не вызывающий никаких сомнений. Ну и, опять-же, повышением вероятности чего следует считать их возникновение?

В общетеоретическом плане этот круг вопросов ранее уже обсуждался (см. стр.200 наст. монографии). Ключевое значение здесь принадлежит выводу о том, что объектом оперативной детерминации на самом деле является не само действие (как полагал Б.Ф.Скиннер), а функциональная система поведенческого акта, которая, помимо исполнительного действия, непременно включает в себя и определенные предреализационные механизмы (ОИД \equiv «внимание»), а также пострезультационные инфоморфозы (АРД \leftrightarrow Результат).

Бионическую подоплёку сказанного раскрывает работа следующей объектно-ориентированной модели.

MODEL-31-2021.vi.

Принцип её функционирования на самом деле не сильно отличается от такового ранее рассмотренных LabVIEW систем. Реализация «закона эффекта» всё также происходит здесь через механизм градуально нарастающей стабилизации Shrug off & темпоральных (скоростных) характеристик двух автоорганизационных процессов. Разница лишь в том, что у любой её предтечи в качестве фактора указанной стабилизации выступал параметр местоположения педали. В новом же устройстве это будут уже её конкретные геометрические характеристики – характеристики объекта, исполняющего функцию стабилизатора процессов самосборки комплекса функциональных систем ($\Phi C_y + \Phi C_x$).

Понятно, что рассмотрение данного круга вопросов на основе математических моделей, замкнутых «на самих себя» в среде LabView (как это раньше делалось), стано-

вится уже не возможным. Необходима разработка принципиально иных подходов, предполагающих возможность прямого «вторжения» в vi-систему определённым образом организованного комплекса внешних влияний, отражающих метрико-топологические параметры сенсорного объекта.

О модификации одного из ранее рассмотренных вариантов решения данной задачи (Бобровников Л.В. 2013 С.107-125) и пойдет речь.

Общая схема экспериментальной установки представлена на рис.113. Основным функциональным узлом является компьютер 1 с активированной на нём в среде LabView-2010 моделью MODEL-31-2021.vi.

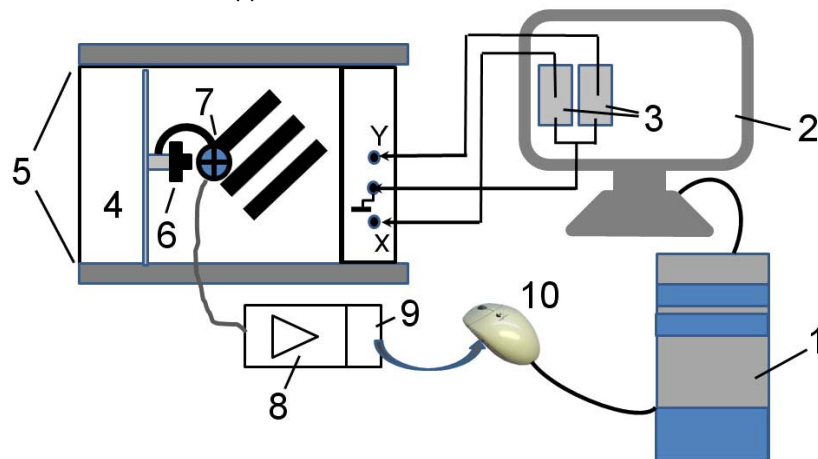


Рис.112. Общая схема экспериментальной установки.
1- компьютер; 2 – широкоформатный монитор; 3 – две фотопластины солнечных батарей (БС «Лель-1»); 4 - двухкоординатный самописец NE-240; 5 – две лампы дневного света, марки FERON Model: CAB2B 16W G5; 6 - видеокамера A4 PK-836F со специальной линзой-насадкой; 7 – блок из 4-х фотодиодов, марки ФД-256А; 8 – 4-х канальный усилитель фотодиодных сигналов; 9 – релейный блок; 10 – переделанная компьютерная мышь (см. рис. 40, 41 в моей монографии 2013 г).

Что касается блок-диаграммы рассматриваемого устройства, то она полностью повторяет ранее уже рассмотренный ряд vi-моделей. Отличие состоит лишь в использовании индикаторов «Tank» {Control↔Numeric↔Tank} лицевой панели в качестве программно-регулируемых источников светового излучения, которые засвечивают фоточувствительные пластины, установленные в соответствующей области экрана монитора компьютера. Ширина и высота индикаторов «Tank» точно соответствует размерам этих пластин («Лель-1»). В результате, движение светового столбика на индикаторах вызывает пропорциональное изменение амплитуды фотоЭДС на выходах фотоприёмников. Сигнал с них подаётся непосредственно (без усиления) на входы двухкоординатного чернилопишущего прибора. Как следствие, происходит перемещение его «рабочей точки», отражающей текущее состояние индикаторов «Tank».

Для осуществления процесса сканирования рабочего поля использовался переделанный двух координатный самописец (плоттер) NE-240. Но вместо штатного пера с «чернилкой», на его подвижной рамке было установлено сенсорное устройство, состоящее из 4-х фотодиодов и миниатюрной видеокамеры. При помощи дополнительной линзы она была сфокусирована таким образом, что и её матрица, и фотодиоды регистрировали освещённость одной и той же точки рабочего поля системы.

Сигнал от каждого из установленных на головке самописца фотодиодных датчиков через индивидуальный усилитель поступал на релейное устройство, которое вызывало замыкание соответствующего микроконтакта компьютерной мыши, полностью воспроизводя процесс нажатия на соответствующую её клавишу. В результате, любое появление на рабочем поле зоны «затемнения» регистрируется vi-системой как аналог реального нажатия («вручную») на определённую клавишу компьютерной мыши. Т.е. в отличие от предыдущей разработки здесь никакая «цель» для функциональных vi-систем изначально уже не задаёт-

ся. ВП сам формирует для себя определенный комплекс узловых точек обследуемой им картины.

Action. Запуск vi-системы (рис.113-114) с главной панели управления LabVIEW приводит к тому, что рабочая точка устройства (сфокусированные на одном и том же месте рабочего поля четвёрка фотодиодов и видекамера) начинают абсолютно произвольно перемещаться по всему рабочему полю плоттера.

В основе лежит описанный ранее механизм уравнивания двух противоположно действующих процессов. Прежде всего - синергорезонанса системообразующих элементов, каждый из которых изначально в случайном порядке генерирует некий «фоновый поток» импульсных разрядов. Но в силу наличия предпосылок для синергорезонанса, из спонтанных негэнтропийных флуктуаций возникает эффект согласованной активности, и как следствие движения исполнительного органа.

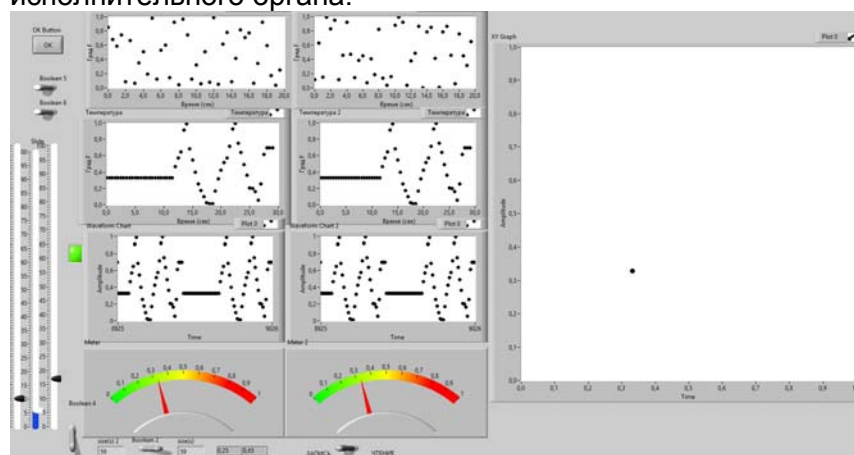


Рис.113. Лицевая панель MODEL-31-2021.vi
Пояснение в тексте.

В принципе каждый акт такого движения являет собой спонтанный переход к максимуму самоорганизации, т.е. к точке с координатами $X=1$; $Y=1$. Это не случается лишь

потому, что указанный переход в динамической форме (изначально тоже Рэндом) ограничивается блокированием контура постимпульсных запросов системообразующих элементов о последствиях их активности на системном уровне.

Прим. Перед включением устройства необходимо скопировать бинарные («адресные») файлы 123; 12345; 1234567; 555 в директорию C:\ компьютер.

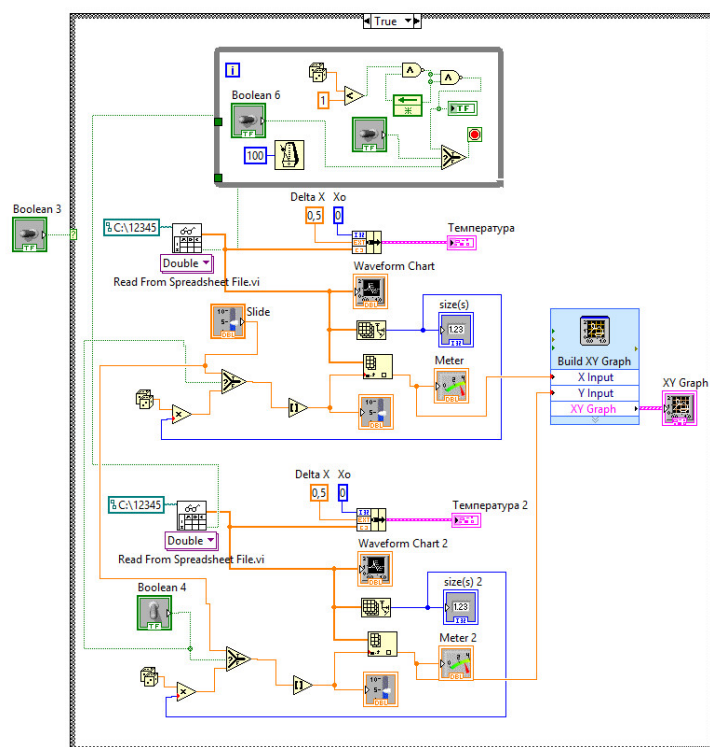


Рис.114. Блок-диаграмма MODEL-31-2021.vi
Пояснение в тексте.

Прим. В ходе реализации рассмотренной выше LabVIEW системы на некоторых компьютерах могут возникать проблемы с адресацией файлов записи «точек фиксации» контура сенсорного объекта в программе Excel. Однако обсуждение причин этого и способов их устранения выходит за рамки основной темы монографии. Тем более, что представленная выше cluster-array форма организации числовых потоков сильно затрудняет анализ реально происходящих системных процессов. Поэтому ниже будет представлен упрощенный вариант этой модели - с фиксированным числом «точек наброса на контур фигуры» (20 шт.).

MODEL-32-2021.vi (рис.115-116).

Здесь роль устройства «разметки» сенсорного объекта точками темпорального поля негэнтропийной эволюции системы проводит уже сам исследователь, используя для этого так сказать свою мышечную систему, состоящую из синерговзаимоСОдействующих двигательных единиц его руки.

В тот момент, когда указанная точка случайно окажется внутри контура сенсорного объекта «экспериментатор» нажимает правую кнопку компьютерной мыши, вследствие чего в данном месте образуется зафиксированная новая красная точка. Затем нажатием на левую кнопку мыши Random движение возобновляется, вплоть до очередного случайного попадания красной точки внутрь объекта. В результате, образуется очередная зафиксированная в поле единица разметки сенсорного объекта.

Прим. Появление этого абиотического комплекса происходит постепенно путем вырастания его из недр функциональной системы. Изначально самоорганизованный комплекс «Shrug off» сидит внутри неё и никаким свойством абиотичности не располагает. Но вот банальное повторение в неизменных внешних условиях начинает постепенно его из неё выдавливать, придавая ему функцию предтечи самосборки основного массива системообразующих элементов.

Прим. В предыдущей (базовой) LabVIEW модели сие действие производила сама система, которая крестиком и сенсорным фотоэлементом обнаруживала и закрепляла очередную точку зоны структурно-полевой аномалии внешней среды.

Однако вышесказанным не исчерпывается вся совокупность происходящего. Помимо этого с каждым очередным «точкомечением» сенсорного объекта градуально перераспределяется вероятность очередного Random вброса красной точки с исходного (хаотического по всему полю) режима на вброс какой-либо одной из зафиксированных перед этим внутри фигуры красных точек.

На завершающем этапе тестирования свободный Random режим движения красной точки по всей площади рабочего поля полностью вытесняется вбросом новых точек разметки сенсорного объекта.

Рассмотренная выше система, хотя и содержит на своем входе фотодиодные датчики, на самом деле, воспроизводит процессы не оптического («зрительного»), а тактильного отображения внешней среды. По сути, речь идет о модели «палец-кнопка», но уже в двумерном варианте её исполнения, когда указательный палец «наощупь» обнаруживает «точечные» структурно-полевые аномалии рабочего поля, формируя затем из материала последовательно осуществляемых микроперцепций некий единый («интегральный») образ сенсорного объекта. Ключевые слова здесь: самоорганизация, Рэндом вброс, и до начала и после обучения, одна-единственная точка в рабочем поле и до и после, динамическая форма отображения параметров сенсорного объекта, вариативность матрицы скоростей системной самоорганизации.

Это значит, что релевантность отображения средовых объектов осуществляется не проекционным способом. Ведь, что такое отконфигурированный под сенсорный объект «наброс» красных точек? Это физически нигде никак не присутствующее образование. Оно не представлено ни в

виде группы нейронов с пониженным порогом генерации ПД, ни в наборе избирательно потенцированных синапсов ЦНС, ни чем другим. Одновременно наблюдаемый на экране монитора массив этих точек есть не что иное, как числовое отображение допустимых («незабракованных законом эффекта»), возможных в будущем уровней самоорганизации двух систем ($ФС_x$ и $ФС_y$), плюс к этому допустимых скоростей развития процессов негэнтропийной эволюции.

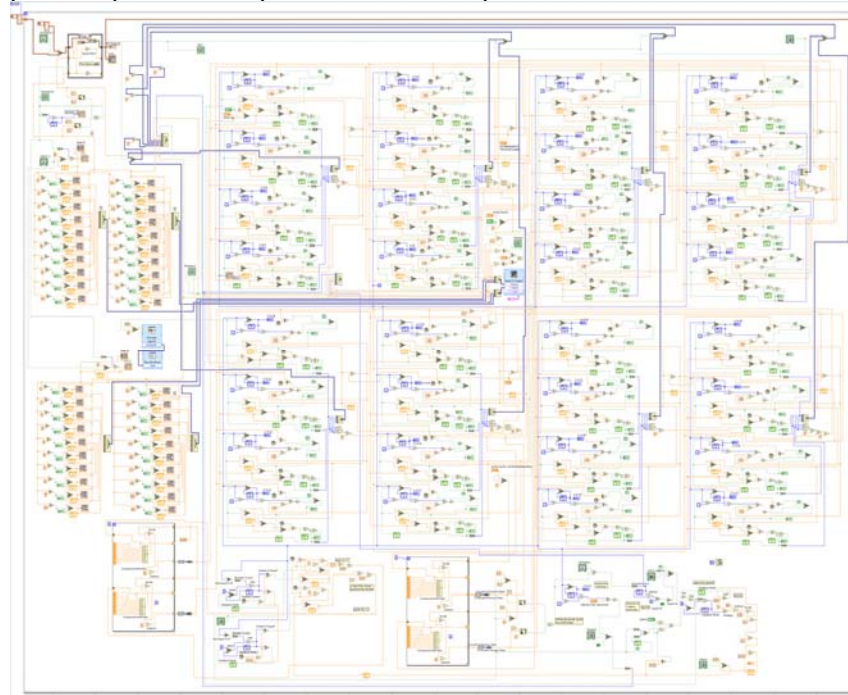


Рис. 115. Блок-диаграмма **MODEL-32-2021.vi**.

Наглядная иллюстрация старой истины, которая гласит, что «память это не восковой отпечаток объектов реального мира», а динамически развертывающийся процесс (метафора пламени горящей свечи).

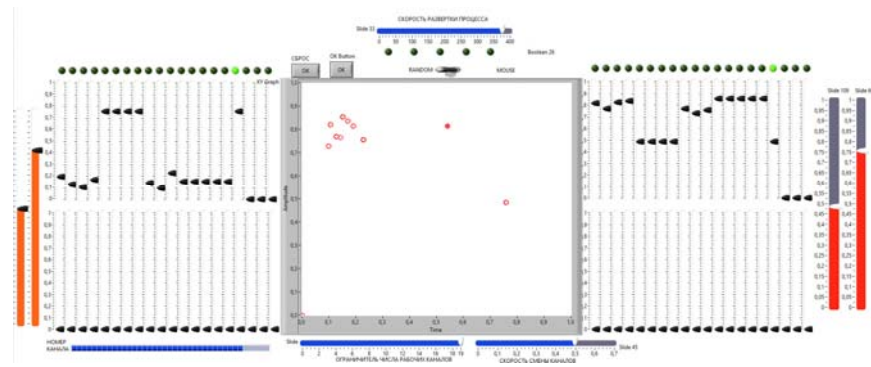


Рис.116. Лицевая панель **MODEL-32-2021.vi**

СУБ. VI №1. ОПЕРАТИВНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

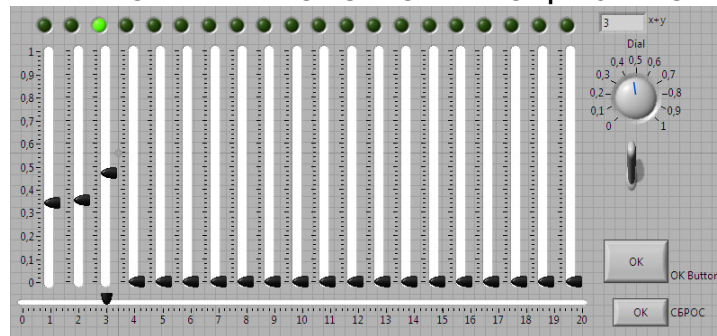


Рис. 117. Лицевая панель оперативного запоминающего устройства (ОЗУ 20 кан.в)j: **MODEL-33-2021.vi**

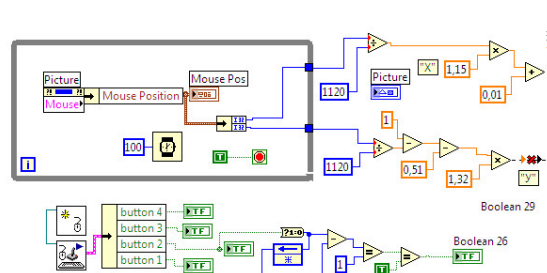


Рис.121. Блок диаграмма блока управления компьютерной мышью.

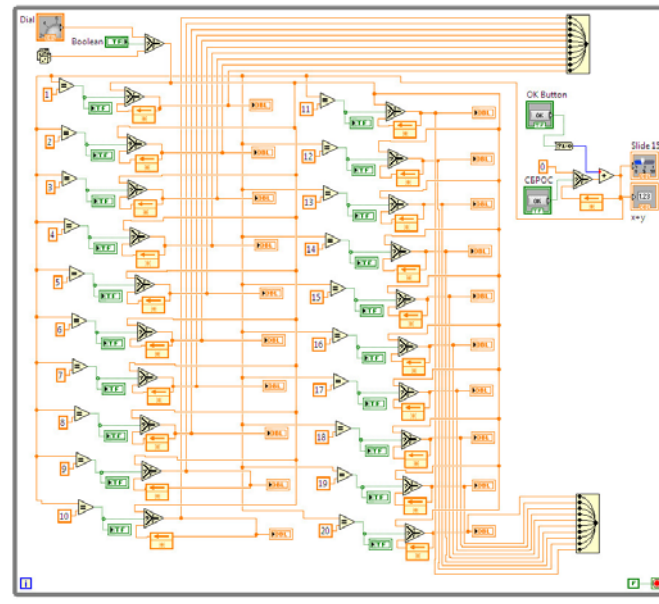


Рис.118. Блок-диаграмма ОЗУ 20 кан.vi. **MODEL-33-2021.vi**

СУБ. VI №2. УСТРОЙСТВО СЧИТЫВАНИЯ ДАННЫХ ИЗ ОЗУ

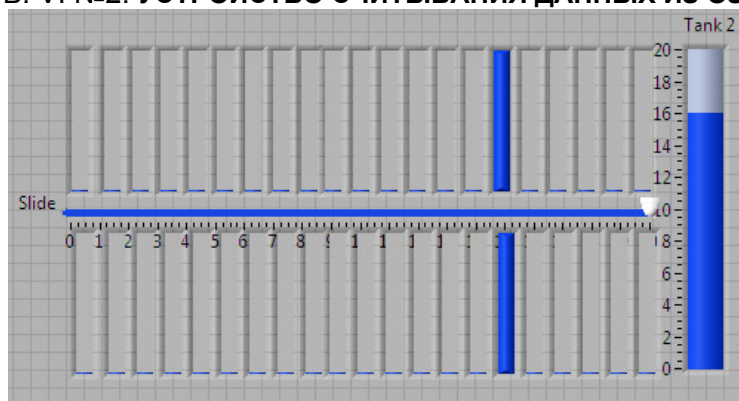


Рис.119. 23-01-2022. vi. Лицевая панель считывающего координаты зафиксированных перед этим в ОЗУ точек.

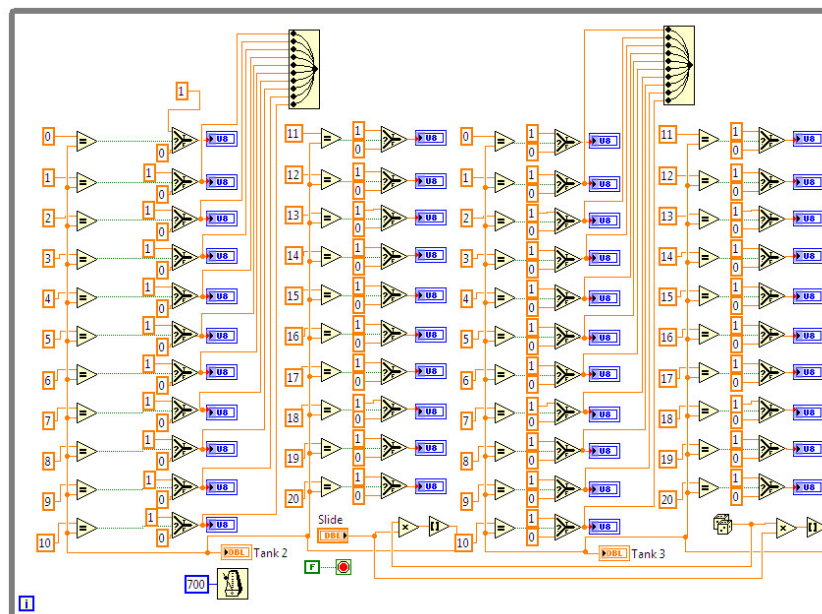


Рис. 120 . Блок-диаграмма *MODEL-34-2021.vi*

Особого внимания заслуживает базовый принцип осуществления подобной разметки темпорального поля. Позиционированию красной точки на самом деле здесь принадлежит лишь косвенная роль. Истинным разметчиком является не она, а крестик, т.е. пара уровней реально состоявшейся на данный момент времени самоорганизации исполнительных элементов. А, значит, мышечного напряжения и, как следствие, физического движения рабочего органа. Только когда эти два параметра приводят к детекции системой любой структурно-полевой аномалии внешней среды и происходит фиксация точки в «месте» обнаруженной анизотропности рабочего поля.

Обсуждение результатов

Резонный вопрос: какое отношение всё вышесказанное имеет к обозначенной в начале монографии психофизиологической проблеме?

В связи с этим стоит напомнить одно принципиально важное пояснение, которое Ю.Б.Гиппенрейтер приводит в рамках обзора результатов теоретических исследований своего великого учителя - А.Н.Леонтьева. *«В качестве объективного критерия психики – пишет она, - А.Н.Леонтьев (1972) предлагает рассматривать способность живых организмов реагировать на биологически нейтральные воздействия»* («другой термин – абиотические воздействия»). *«Сами по себе эти воздействия не полезны и не вредны; ими животное не питается, они не разрушают его организм»* [Гиппенрейтер Ю.Б., 1988. С.164] (выделено автором).

Прим. «Реагировать ... на воздействия» - не совсем удачное словосочетание, учитывая смысловой рефрен научных работ А.Н.Леонтьева. На наш взгляд, в данном случае правильнее говорить об абиотичности/биотичности не внешних раздражителей, а различных форм поведения человека и животных, отдавая предпочтение, например, такой формулировке: *«Отражение биологически нейтральных свойств оказывается неразрывно связанным с качественно иной формой активности живых существ – поведением. До того процессы жизнедеятельности сводились к усвоению питательных веществ, выделению, росту, размножению и т. п. Теперь появляется как бы вставленная активность. Она «вставлена» между актуальной ситуацией и биологически витальным актом – обменом веществ»*. [Гиппенрейтер Ю.Б., 1988. С.164].

Нетрудно заметить, что свойство абиотичности оперативного сенсомоторного поля, его способность изменять свои геометрические параметры вне процесса достижения приспособительного результата, кодируя тем самым конфигурацию любого предвосхищаемого индивидуумом объекта

внешней среды, полностью подпадает под данное определение. Появление в результате обучения автономной, уже независимой от самосборки функциональной системы (в частности, превосходящей её развертывание) организации Shrug off-комплекса (см. рис.110), и есть не что иное, как возникновение того самого психоморфного (абиотического) фактора, о котором говорит А.Н.Леонтьев.

Конечно, такая расшифровка понятия психики может кому-то показаться излишне абстрактной, даже формальной. Но ведь любое определение неизбежно содержит налёт формальности. Ну, и что из того? Ведь, определения в науке не доказывают. Единственное требование, предъявляемое к любому из них – общепринятость. Или, правильнее сказать, его разделяемость многими авторитетными специалистами.

Тогда конкретно в рассматриваемом нами случае вырисовывается такая картина...

В рамках предлагаемой нами логики в качестве исходной посылки утверждается, что нематериальным субстратом психики во всех формах её проявления всегда выступает бесконечное по своему объему темпоральное поле негэнтропийной эволюции комплекса функциональных систем. Каждая из них, являясь *«совокупностью избирательно вовлеченных центрально-периферических компонентов, взаимоотношения между которыми принимают форму их взаимосодействия на достижение полезного приспособительного результата»* (Анохин П.К.1971), характеризуется определенными скоростными характеристиками. Именно способность к отражению параметров различных сенсорных объектов, а также причинно-следственных связей между ними, **в структуре темпоральных полей системной самоорганизации** и лежит в основе **базовой** (но, разумеется, далеко не всей!) феноменологии того, что называется «психическая деятельность» человека и животных.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
ЧАСТЬ I. САМООРГАНИЗАЦИЯ – ЭТО ОЧЕНЬ ПРОСТО	
«Цель как фактор организации элементарных нейрофизиологических функций»	8
Явление самоорганизации простейших физических систем	14
Математическая модель поведения молекул «идеального газа»	20
Закономерности самоорганизации простых биологических систем	31
Обсуждение результатов	44
Математический алгоритм группового целенаправленного поведения	47
LabVIEW версия модели «Микромоторика живого прототипа»	53
Аналогичное поведение 4-х элементов в X-Y среде функционирования	56
Особенности «последовательного поведения» мышей (многократное изменение $T^{\circ}C$)	57
Выводы по результатам исследования поведения животных	62
LabVIEW модель многократного системообразования.....	64
Как возникает эпифеномен целеполагания в системах «ДО-ПОСЛЕ»	67
Как математические системы «ДО-ПОСЛЕ» поедают экзогенную негэнтропию	71
Заключение	75
ЧАСТЬ II. ПРОБЛЕМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НЕРВНОЙ КЛЕТКИ	
Введение	81
Формальный нейрон.....	83
Постспайковая рефрактерность	88

«Габитуация»	90
«Сенситизация»	92
Формальный нейрон с пейсмекером	95
Синаптическая функциональная обратная связь (ФОС)	97
Стохастический принцип организации нейронной активности	101
Небольшое естественно-научное отступление	106
Влияние пейсмекерного потенциала на вероятность генерации ПД	109
Активность нейрона с ФОС, реализуемой через вероятность генерации ПД	111
LabVIEW формализация процесса устранения избыточного числа степеней свободы	113
Заключение. Можно ли научить мыслить логарифмическую линейку?	117
 ЧАСТЬ III. КОНЦЕПЦИЯ НЕЙРОСИНЕРГИЗМА	
Введение	121
Фантастическое, но вполне научное допущение -	125
LabVIEW интерпретация модели «палец-кнопка»	135
Обсуждение результатов	145
Как будущий результат организует процессы, направляемые из прошлого на его получение	148
Обсуждение результатов	159
Откуда появляется цель и как она выполняет свою направляющую функцию	162
Заключение	165
 ЧАСТЬ IV. ЧТО ТАКОЕ ОБУЧЕНИЕ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ	
Введение	170
Формирование циклического инструментального поведения	176
LabVIEW версия формирования инструмен-	

тального пищедобывательного поведения.....	182
Альтернативный вариант того же самого.....	188
Методика «сюрприза» как инструмент объективизации целевых параметров.....	190
Оперативное сенсомоторное поле: как увидеть то, что в материальном мире не существует.....	203
Общие принципы формирования темпоральных полей самоорганизации функциональных систем	209
Обсуждение результатов.....	225

ЧАСТЬ V. НЕЙРОСИНЕРГЕТИКА НЕМАТЕРИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Введение	227
Измерялочка межспайковых интервалов.....	232
Многоканальный регистратор нейроимпульсов...	234
Частотомер процесса генерации потенциалов действия.....	235
Методика обработки полученных данных.....	236
Результаты.....	237
Обсуждение.....	249
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	254
Литература.....	263

Прил. 1. «Живые» нейроны и их нейрокомпьютерные аналоги	274
---	-----

Прил. 2. История науки, к сожалению, не терпит сослагательного наклонения.....	284
--	-----

Прил. 3. О стимулах внешних и внутренних	294
---	-----

Прил.4. Темпоральное поле системной самоорганизации как «субстрат» формирования опредмеченной нематериальной реальности.....	322
Оглавление	337

