

А. О. Поляков, В. М. Лачинов,
П. Т. Тукбаев

(Институт интеллектуальных систем и технологий
Санкт-Петербургского государственного политехниче-
ского университета)

УПРАВЛЕНИЕ В СЛОЖНЫХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Приведено обоснование авторского взгляда на биотехническое управление через накопление целостного образца в биотехнических системах. Предлагаемая концепция позволяет на уровне современных технических средств и систем управления строить реальные системы класса виртуальных клиник, обеспечивающие адекватное взаимодействие человека и созданной им биотехнической среды.

Настоящая работа представляет собой обоснование авторского взгляда на управление в биологических системах, сложность которых вообще не сводима к какому-либо одному из известных формальных определений, и на то, каким оно должно быть в биотехнических системах с преобладанием биологического компонента.

Известное “классическое” утверждение о сходстве управления в живом и машине — не более чем указание на его внешнее подобие, на подобие фазовых и механических траекторий эффекторных органов организмов и соответствующих траекторий их кибернетических моделей. Сходство (возможно, даже на уровне гомоморфизма) существует лишь на самом нижнем “моторном” уровне управления, полное же управление в живом представляет собой целостную иерархию систем, в которой некорректно выделять отдельный уровень, даже если он представим в рамках формализма структур, изучаемых кибернетикой. Сходство фазовых траекторий модели и организма может наблюдаться также на очень высоких уровнях организации управления организма.

Сегодня достаточно ясно, что изложенное относится ко всему живому, начиная от отдельной клетки, отдельного нейрона вплоть до “интеллекта как такового”. Традиционная же кибернетика оперирует структурами типа обратной связи и их комбинациями:

$$S_k = S \left\{ T, \frac{1}{p}, k \right\}, \quad (1)$$

где T — постоянная времени, $1/p$ — оператор интегрирования, k — коэффициент усиления.

В общей теории систем по М. Месаровичу вводятся в рассмотрение структуры вида $S_s = S\{A(M, S_k)\}$, где $A(M)$ — некоторый автомат с

памятью, S_k — кибернетическая структура. Далее, в синергетике расширяется круг изучаемых структур до $S_{\text{син}} = S\{A(M), N(S_k)\}$, где N — некоторый нелинейный оператор над структурой кибернетического типа, т.е. множество кибернетических моделей расширяется и включает в себя также все нелинейные и “синергетические” варианты структур.

Вряд ли справедливо утверждать, что все происходящее в мире (в живом) сводится к этим трем типам структур. Однако развитие кибернетики привело именно к такому утверждению; более того, это утверждение долго полагалось едва ли не априорным. Как будет показано далее, в реальных живых системах постоянно возникают ситуации, равносильные нарушению основных постулатов, на которых построена математика, аппарат моделирования. Например, живое не представимо в метрических шкалах, но только в ультраметрических (это общеизвестно), при функционировании биосистем возникают процессы и подсистемы с обратимыми отношениями транзитивности, требование целостности образа системы, который она использует для построения ультраметрики, прямо противоречит канторовскому определению множества и т.д.

При любом из перечисленных условий математическая модель, корректная для живой системы в некоторое конечное время T , в любой следующий момент $T + \Delta t$ может превратиться в бессмыслицу, записанную с помощью математической символики. Попытки априори свести живое к математической модели приводят к невыполнению условий корректности применения математического аппарата. Таким образом, реальная задача организации управления в живом состоит в синтезе адекватного аппарата моделирования, во множестве конкретных случаев не сводимого к математической аксиоматике. Поэтому из кибернетики можно заимствовать только один безусловный тезис: управляющее устройство не менее сложно, чем управляемое.

Для разработки нового типа управления в живом целесообразен выбор построений П.К. Анохина и А.А. Ухтомского [1], опередивших построения Н. Винера. Эти построения определили традиционное, кибернетическое понимание управления еще до появления “кибернетического” подхода.

Биология и биотехника. В течение долгого времени полагали, что технические системы требуют одного аппарата представления, живые — другого (так и не найденного до настоящего времени) аппарата. В связи с этим в биотехнических исследованиях использовался только математический аппарат, и, соответственно, биотехнические системы имели преимущественно техническое представление.

Цивилизация породила техногенную среду, существенно влияю-

щую на природу, свела природную биологическую эволюцию (что бы под этим ни понимала та или иная школа) к эволюции биотехнической. В результате биотехнической революции техногенные и биологические компоненты стали неразделимы, т.е. появились системы биотехнические. Укажем, что, к примеру, в современной клинике происходит взаимодействие не только групп специалистов и пациентов, но и биотехнических комплексов, причем технические компоненты все более существенным образом влияют на решения, принимаемые людьми. Учитывая некоторую условность математической символики, можно записать:

$$S_{бт} \in (S_б \cup S_т), \quad S_б \rightarrow A_б, \quad S_т \rightarrow A_т, \quad A_б \rightarrow A_т, \quad (2)$$

где $S_{бт}$ — некоторая биотехническая система; $S_б$ — биологическая часть биотехнической системы; $S_т$ — техническая часть биотехнической системы; $A_б$ — выбранный аппарат представления биологической составляющей биотехнической системы; $A_т$ — выбранный аппарат представления технической составляющей биотехнической системы; $A_б \rightarrow A_т$ — выбранное для исследований условие преимущественно технического описания аппарата представления биологической части биотехнической системы.

В современном представлении биотехнических систем предполагается, что рецепторы биологической части могут давать количественно измеряемые сигналы. Соответственно, во всех случаях состояние объекта управления описывается многомерной, т.е. векторной, переменной x , компонентами которой являются величины x_i :

$$x = (x_1, \dots, x_N). \quad (3)$$

Величину x можно назвать переменной или вектором состояния объекта управления (биологической функциональной системы).

Величины x_i изменяются непрерывно в некотором диапазоне значений или принимают конечное множество значений. При этом величина x также принимает конечное множество значений, и ее k -е значение обозначают через $x^{(k)} = (x_1^{(k)}, \dots, x_N^{(k)})$, где $k = 1, \dots, n$.

Тогда множество $X = \{x^{(1)}, \dots, x^{(n)}\}$ представляет собой пространство возможных состояний объекта управления. Пространство X можно назвать пространством решений, поскольку выбор некоторого конкретного состояния x из множества X представляет собой возможное решение задачи управления.

Ясно, что на значения x_i накладываются различные ограничения (системы алгебраических уравнений или неравенств).

Аналогично вводится конечное или бесконечное (обычно сводимое для простоты к конечному) множество

$$\Theta = \{\theta^{(1)}, \dots, \theta^{(h)}\}, \quad (4)$$

называемое пространством состояний природы (состояний окружения объекта).

Отметим, что вместо точного знания состояния природы θ во многих случаях приходится ограничиваться лишь знанием вероятностей $\xi(\theta)$ различных состояний природы во множестве Θ . Это же относится и к управлению: обычно используют управление, состоящее из нескольких управляющих воздействий u_i , так что управление u представляет собой в общем случае многомерную величину $u = (u_1, \dots, u_R)$.

Множество допустимых управлений u может быть бесконечным или конечным:

$$U = u^{(1)}, \dots, u^{(r)}.$$

Под действием сигналов управления u объект управления изменяет свое состояние. Проходящие при этом процессы определяются скоростью изменения переменной состояния объекта $\dot{x} = dx/dt$, которая представляет собой многомерную величину

$$\dot{x} = (\dot{x}_1, \dots, \dot{x}_N), \quad (5)$$

где $\dot{x}_1, \dots, \dot{x}_N$ — скорости изменения состояния компонент многомерной переменной x .

Для динамических систем, в которых физические процессы протекают непрерывно во времени, скорость \dot{x} в некоторый момент времени зависит от состояния объекта управления в тот же момент времени. Это состояние, в свою очередь, зависит от значений переменной состояния x , состояния природы θ и используемого управления u . Эту зависимость описывают системой дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_i = g_i(x, \theta, u), \quad x_i(0) = c_i, \quad (6)$$

где величины $c_i, i = 1, \dots, N$, характеризуют начальное состояние объекта управления. Таким образом, наличие эфферентных и афферентных связей в построениях П.К. Анохина определяет тип системы управления, соответствующий приведенным выше выражениям (3), (5), (6).

Отметим, что все изложенное справедливо тогда и только тогда, когда сигналы, поставляемые рецепторами в нервную систему, действительно являются числами, т.е. воспринимаются ею в некоторой метрической шкале. Исследователь видит некоторые числа на шкалах приборов, однако *числами* они станут только после того, как нервная система

воспримет некоторые совокупности этих сигналов и сопоставит их с диапазоном параметров своей жизнедеятельности.

Простые значения чисел живыми системами не воспринимаются. Например, рецепторы человека способны реагировать на температуру 0 °С, но интерпретация таких сигналов не имеет смысла в диапазоне параметров функциональных систем. Она имеет смысл только в диапазоне параметров “ситуационного окружения”.

Отдельно взятый сигнал рецептора — это величина, зависящая от порога восприятия. И только когда будет воспринято некоторое количество сигналов такого рода и они будут сопоставлены с аналогичными сигналами других рецепторов, тогда сигнал рецептора становится значением на порядковой шкале.

Таким образом, в этом случае появляются основания воспользоваться математическими соотношениями и моделями. Биологическая часть биотехнической системы пользуется не абстрактными числами, но “числами”, которые вообще имеют смысл только для некоторого целостного образа [2], создаваемого всей совокупностью рецепторов системы.

В кибернетических системах и математических моделях присутствуют ограничения, принятые их разработчиками. Таким образом, системы остаются замкнутыми, а значит, адекватно моделируемыми с помощью существующего контекстно-независимого математического аппарата и языков программирования. Изложенное соответствует формуле

$$S = \bigcup_{i=1}^N S_i, \quad S_i \notin \bigcup_{j=1}^i S_j, \quad (7)$$

где S — некоторая система; S_i — набор подсистем, полученный при декомпозиции системы S на N составляющих, причем эти подсистемы не подвергаются декомпозиции. Декомпозиция системы может быть проведена разными способами, не обязательно соответствующими одной логической системе в смысле вычислимости по Гедделю.

В современном понимании [3] открытость системы начинается с необходимости учета внешних воздействий на нее — воздействий, априори неопределимых за недостаточностью прецедентного материала. Биотехническая система наследует лишь “способ построения” биологической системы и некоторые начальные значения параметров, что соответствует формуле

$$S = \bigcup_{n=1}^N C_n, \quad (8)$$

где S — некоторая выделенная для изучения система; $\bigcup_{n=1}^N C_n$ — объединение всех возможных внешних относительно S систем (N априори неизвестно), могущих влиять на выделенную систему S в процессе ее существования.

П.К. Анохин рассматривал систему, изначально признаваемую всеми живой [1]. В отличие от кибернетики, такой подход не требовал применения сложного математического аппарата для его описания. Более того, гомеостаз функционально достаточно понятен и соответствует следующей формуле:

$$S_t \xrightarrow{U} S_{t_1}, \quad S_{t_1} \approx S_t, \quad (9)$$

где S_t — состояние некоторой системы в момент времени t ; S_{t_1} — состояние системы в момент времени t_1 ; U — воздействие на систему в промежутке между t и t_1 .

Для гомеокинеза аналогичная формула имеет вид

$$S_t \xrightarrow{U} \{S_{t_1}\}, \quad (10)$$

где S_{t_1} — множество состояний системы S , в которых она считается тождественной самой себе в состоянии S_t .

Схема биологической функциональной системы из работы [4], дополненная собственной памятью для отражения “реакции системы на накопленный образ”, может быть положена в основу рассмотрения уже не только биологических, но и биотехнических систем как систем с обратной связью. Последние в современном понимании требуют рассмотрения на уровне обмена не просто сигналами, а сообщениями [5], обеспечивающими осознанную реакцию или модификацию ранее выработанного рефлекторного отклика, что соответствует формуле

$$E = AF_{\text{ЦНС}} = U_{\text{вых}}, \quad (11)$$

где E — вырабатываемое в функциональной системе сообщение (эфферентная связь); A — сообщение афферентной связи; $F_{\text{ЦНС}}$ — функция сравнения полученного сообщения с ранее известными сообщениями и выработки реакции на них, приводящей к положительным для системы результатам; $U_{\text{вых}}$ — выходное сообщение от центральной нервной системы (ЦНС), эквивалентное сообщению эфферентной связи.

Теория доминанты А.А. Ухтомского относится к теории открытых функциональных систем, которые имеют “собственное” восприятие и влияние (например, приспособительное) на внешний мир [1]: “По отношению к каждой доминирующей (в некоторый конкретный момент)

функциональной системе все другие функциональные системы в соответствии с их биологической и социальной значимостью выстраиваются в определенном иерархическом порядке, начиная от молекулярного вплоть до организменного и социально-общественного уровней. После удовлетворения ведущей потребности деятельностью организма завладевает следующая, ведущая по социальной или биологической значимости потребность, которая и строит доминирующую функциональную систему. По отношению к этой функциональной системе другие также выстраиваются в иерархическом порядке . . .”.

В случае, когда системы некоторого множества $\{S\}$ функциональных систем функционируют одновременно (естественное состояние любого живого организма), между этими системами возникает отношение доминирования. Обычно говорят, что некоторый x доминирует над y ($x \gg y$), если x в чем-то превосходит y . Между элементами множества функциональных систем имеет место отношение доминирования, если эти элементы удовлетворяют следующим условиям:

1) никакая система не может доминировать над собой, т.е. утверждение $x \gg x$ всегда должно (антирефлексивность);

2) в каждой паре индивидуумов в точности один индивидуум (система) доминирует над вторым, т.е. отношения $x \gg y$ и $y \gg x$ взаимоисключаются (несимметричность).

В отношении доминирования систем свойство транзитивности не имеет смысла. Действительно, если некоторая система x доминирует над системой y , а система y доминирует над системой z , то это не значит, что x доминирует над z . В случае живого организма свойство транзитивности может иметь смысл только при наличии в системе единого обрабатывающего центра, что ведет к линейному упорядочиванию подсистем по их доминированию.

Рассмотренная ситуация касается только отдельной биосистемы и ее подсистем. В сложных биосистемах (коллективных и биотехнических) отношения транзитивности возникают ввиду необходимости отношений между подсистемами. Очевидно, что диалог в том и заключается, чтобы отношения доминирования между участниками *меняли* направление. Соответственно, некоторые отношения во взаимосвязях также изменяются.

Известно, что математика может оперировать с частично транзитивными системами, но аппарата, оперирующего системами с *обращаемой* транзитивностью, до сих пор не создано.

Современное понимание обобщенной модели функциональной биологической системы может быть представлено в виде схемы, изображенной на рис. 1. Эта схема отличается от других известных вариантов общей схемы функциональной системы учетом иерархических

и изменяющихся в ситуационной обстановке отношений между функциональными подсистемами (указаны на рис. 1 толстыми дугами со стрелками).

Модель активной биотехнической системы (БТС-А). В информационной среде возможно построить модель БТС-А на основе информационного сопряжения ее биологической и технической составляющих и объединения их задач в блок с единой целевой установкой. Таким образом, приходим к формулировке активной БТС, имеющей право на самостоятельное существование в техногенном мире. Общая схема такой объединенной конструкции БТС-А может соответствовать, например, схеме, представленной на рис. 2.

Отметим, что если все известные схемы были получены из рассмотрения существующих типов БТС мониторингового типа [6], то схема на рис. 2 является результатом теоретического поиска обобщенной конструкции. Это вполне самостоятельная, активная система, имеющая собственные целевые установки.

БТС-А такого рода не только дополняет, но и принципиально расширяет собственные возможности биологической системы информационно-техническими возможностями ее технического компонента.

Как видно из рис. 2, БТС-А рассматривается при условии дополнения собственных афферентных связей биологической функциональной системы аналогичными связями (отмечены пунктирными стрелками), организованными с использованием технических средств. Фактически это объединение “автоматизированного исследователя” и самой биологической системы в единую систему порождения афферентных связей. Во многих случаях такая схема может оказаться более эффективной, чем биологическая. Например, биологическая система не всегда дает объективную оценку тем или иным своим действиям или ситуациям, что может иметь как психологические причины, связанные с недостатком опыта поведения в сложных ситуациях, так и причины, связанные с той или иной болезнью.

На рис. 2 представлена обработка сообщений в БТС-А, но принципиально можно представить также связь БТС-А с приборным комплексом — общей технической частью БТС всех известных конструкций и схем организации (рис. 3). Отметим еще раз, что такого рода концептуальные модели являются эффективным средством описания информационных систем высокого уровня сложности.

В БТС-А информационный контакт и управление являются неразрывными частями одного процесса — достижения некоторой цели. В системах мониторингового типа биологическая система просто не имеет возможности активного управления. В системах тренингового (обу-

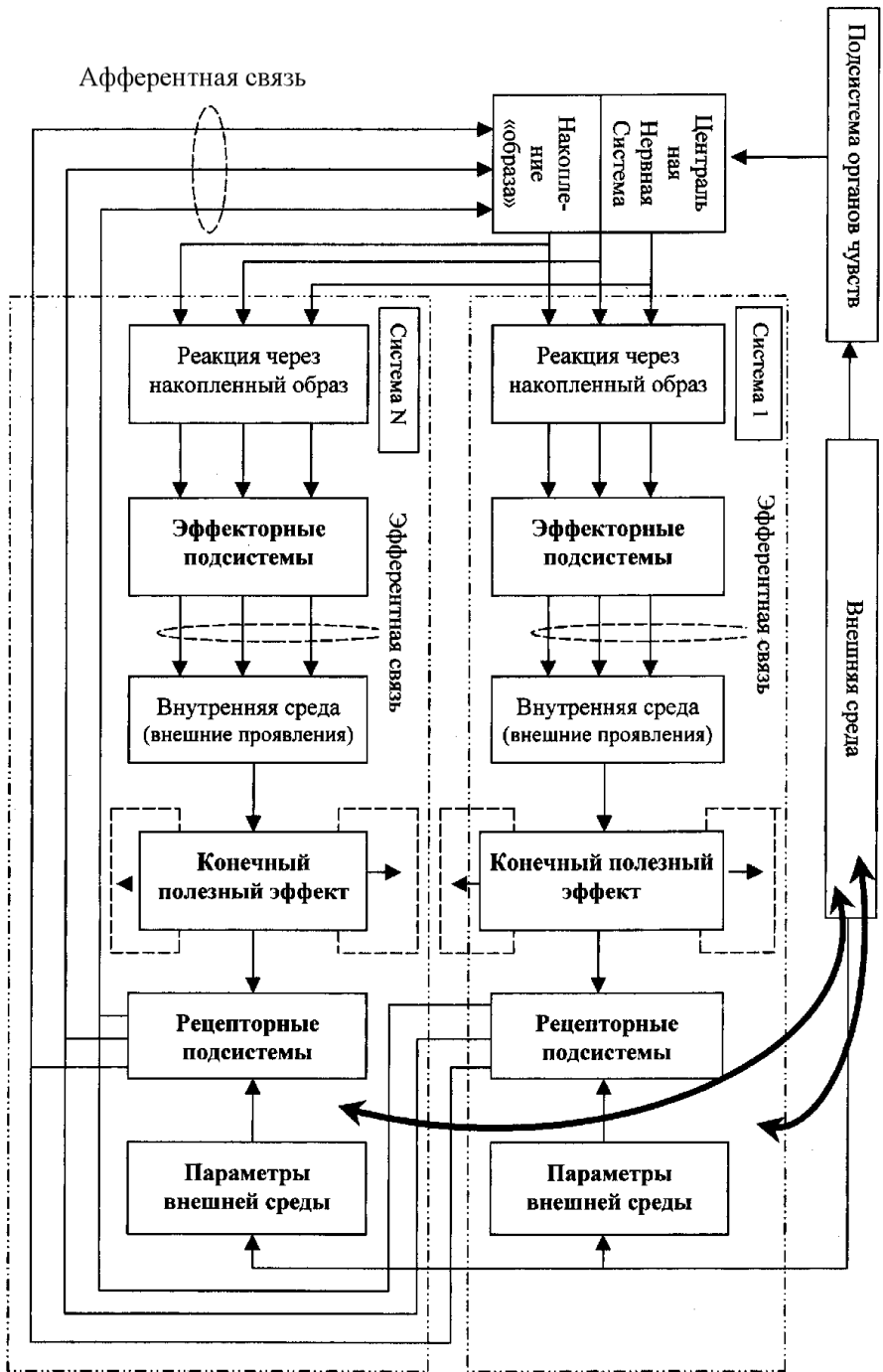


Рис. 1. Общая схема функциональной системы при системном подходе и учете положений теории доминанты

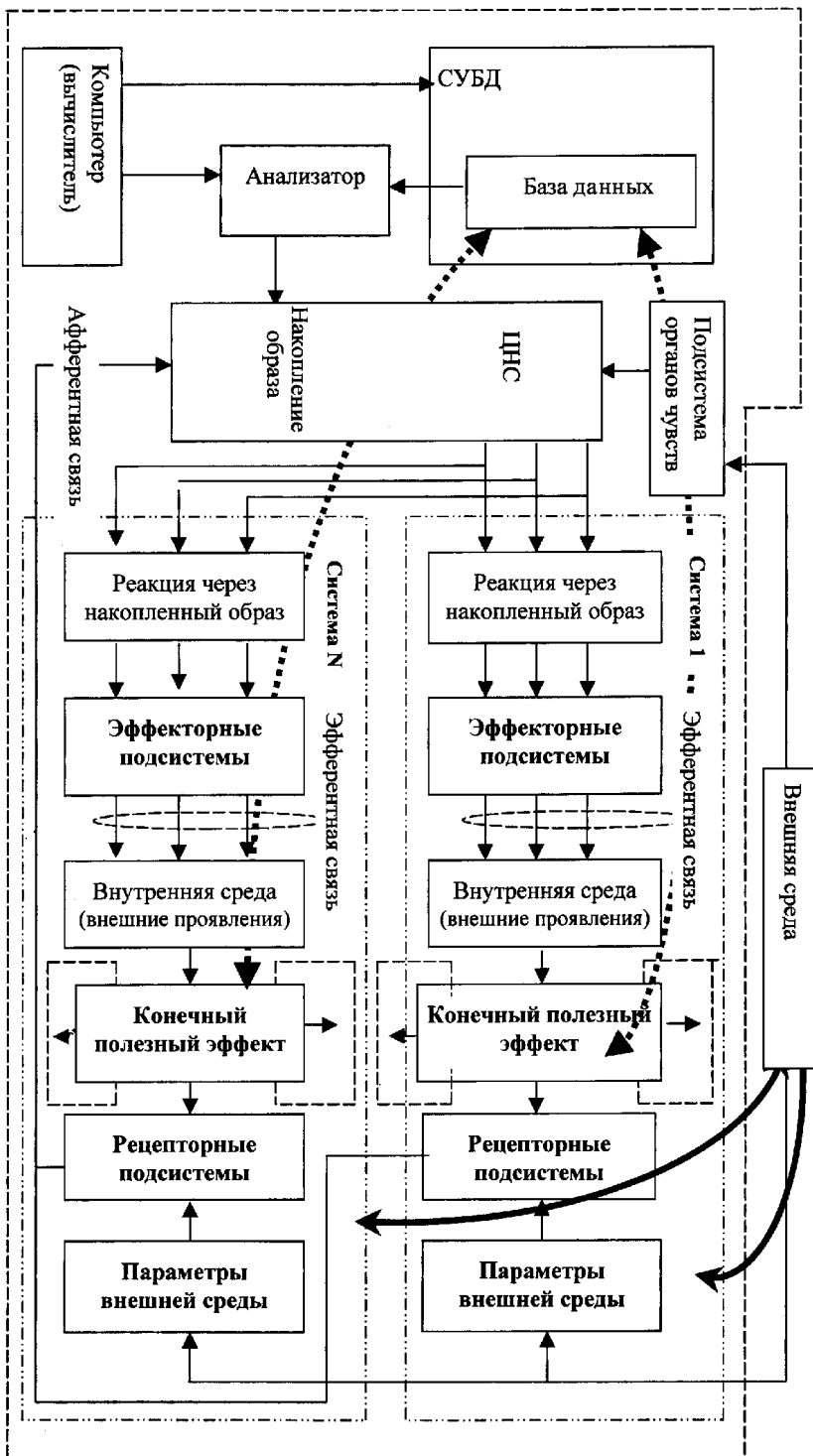


Рис. 2. Модельное представление БТС-А

чающего) типа собственную активность биологической системы необходимо либо искусственно подавлять, либо игнорировать.

Наконец, при рассмотрении общего случая прямого контакта исследователя и биологической системы выясняется, что адекватного аппарата организации взаимодействия (управления) для “автоматизированного исследователя” пока найти не удалось по причине невозможности замены контекстно-зависимого языка биологической системы контекстно-независимым языком всех существующих методов и механизмов анализа (см. рис. 2).

Для углубленного рассмотрения описываемой ситуации обратимся к рис. 3 (представление иерархической схемы многоуровневого управления заимствовано из работы [6] для пояснения того факта, что в предлагаемых построениях учитывается конкретная иерархия памяти нервных клеток).

Обработка сообщений технической части представима на уровне их рецепторного (например, слухового, зрительного) восприятия. В этом смысле афферентные сообщения могут подаваться на тот уровень, который адекватен уровню конкретного сообщения функциональной системы.

На рис. 3 представлена схема организации информационного взаимодействия на биологическом уровне, гораздо более сложном, чем технический уровень. Исследователь, желающий получить полное представление об организации информационного взаимодействия, должен учитывать все особенности такого многоуровневого управления, поскольку в схеме на рис. 3 заложено структурное представление реального разделения контекстно-зависимого информационного потока биосистемы на его составляющие в биологическом организме.

Построение биотехнической функциональной системы. Сформулируем основные свойства той системы, которая на рис. 3 обозначена как ЦНС и которую необходимо построить при создании жизнеспособных БТС.

1. Основное свойство, следующее из анализа схем, — это свойство целостного образа (того, что создает ЦНС), а значит, и самой ЦНС. При этом любая совокупность фрагментов и частичных “подобразов” за любое конечное время существования ЦНС также является целостным образом. Однако это противоречит постулату Кантора: “совокупность всех подмножеств данного множества множеством не является”, т.е. первоосновам всей математики. Следовательно, искомая модель ЦНС не является машиной в смысле моделей вычислений, это не вычислительная машина в смысле Тьюринга или любом другом известном.

2. В то же время, ЦНС должна накапливать опыт, т.е. пользоваться в

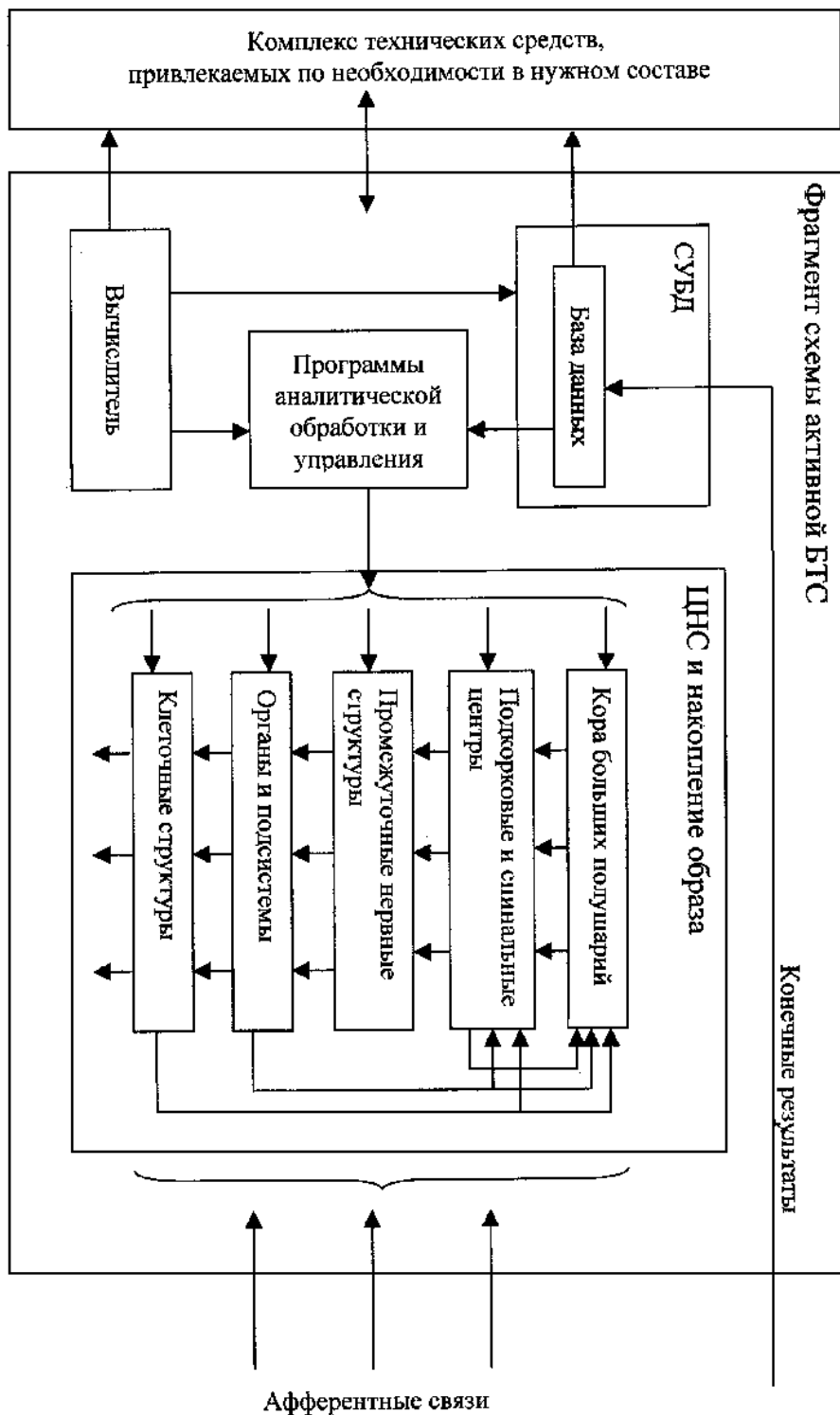


Рис. 3. Конкретизация управления и связи с техническими средствами

том числе и статистикой. Для этого она должна в каждом акте диалога с внешним миром сохранять объективно возникающие из этого диалога отношения транзитивности.

3. Выполнить пункты 1 и 2 возможно в том и только том случае, если все блоки в иерархии подсистем ЦНС устроены в точности по одному образцу, т.е. если любая функциональная подсистема от отдельного нейрона до ЦНС в целом устроена по одному и тому же принципу. Только при строгой рекурсивности всей иерархии процессов в системе возможно сохранение и использование объективных отношений транзитивности, накопление опыта.

4. Выполнение пунктов 1–3 возможно только в том случае, если память ЦНС сохраняет естественные последовательности сигналов внешнего мира, порядок их поступления во времени, “последовательность текстов”. Должны сохраняться также все естественным образом возникшие взаимосвязи и их временная последовательность, т.е. вся иерархия “последовательностей контекстов”. Таким образом, память должна быть “голограммой”, но не обычной трехмерной, а заранее неопределимой размерности. Это возможно, только если любое значение текста или контекста любого уровня адресуется непосредственно самим значением текста или контекста (“безадресная память”).

5. Внутренняя организация системы создается не одним типом обратной связи или априори заданным числом типов (т.е. типов структур), но иерархией обратных связей с помощью фрагментов образа, комплексов фрагментов и последовательностей подобразов. Динамическая система сохраняется в памяти как неотъемлемая часть целостного образа системы.

6. Живые системы существуют как реалии физического мира, т.е. память их существенно трехмерна. Значит, в основе устройства системы должен лежать механизм свертки иерархии контекстов, позволяющий размещать голограмму произвольной размерности в физической трехмерной памяти.

Ввиду ограниченности размера публикации здесь невозможно подробно рассмотреть построение искомой системы, поэтому отметим, что в работе [3] подробно изложен весь процесс конструирования “машины ЦНС” как самостоятельного формализма, альтернативного математическим и кибернетическим представлениям. Интересные дополнительные сведения о физической реализуемости и конструкции устройства, реализующего свертку контекстов, многомерную голограмму, можно найти в работе [7].

Построение такой системы управления, не менее сложной, чем живой мозг, необходимо, например, для автоматизации проведения профи-

лактики и оздоровления населения. Такие системы позволяют, в частности, создавать полноценные варианты виртуальных клиник [8], которые дают возможность мониторинга, учета личностных интересов и общения с пациентом не только на техническом, но и на языковом уровне, доступном любому индивидууму без специальной технической подготовки.

Достаточно очевидно, что модель активной биотехнической системы одновременно является вариантом представления взаимодействия человека с современной окружающей средой. Это взаимодействие задано, однако, пока только на уровне функциональных систем.

Можно утверждать, что биотехнические системы сегодня находятся на пути преобразования совокупности биологических и технических элементов в совокупность активных систем в их техногенном окружении [9].

Выводы. Концепция биоуправления через накопление целостного образа как метамеханизма конструирования набора собственных логик системы (возможно, не являющихся геделевскими) оказывается более продуктивной, чем концепции классической кибернетики и традиционного системного анализа М. Месаровича. Попытки математически постулировать, что такое интеллект, что такое информация, т.е. отдельно взятые феномены вне их целостной совокупности, так и останутся в рамках частных прикладных исследований.

Предлагаемая концепция позволяет уже сейчас, на уровне современных технических средств и систем управления данными, обеспечить адекватное взаимодействие человека и созданной биотехнической системы, создавать интеллектуальные биотехнические комплексы типа виртуальных клиник.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физиология. Основы и функциональные системы / Под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
2. Б о у л д и н г К. Общая теория систем — скелет науки // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 106–124.
3. Л а ч и н о в В. М., П о л я к о в А. О. Метамашина. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.
4. П о п е ч и т е л е в Е. П. Методы медико-биологических исследований. Системные аспекты. – Житомир: Изд-во ЖИТИ, 1997. – 186 с.
5. П о л я к о в А. О. От количественной информации к информодинамической машине. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 80 с.
6. Б и о т е х н и ч е с к и е системы. Теория и проектирование // Под ред. В.М. Ахутина. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – 220 с.
7. P e n r o s e R. Shadows of the Mind. – London: Vintage, 1995.

8. Поляков А. О., Попечителей Е. П., Тукабаев П. Т. Виртуальная клиника как основа организации медицинской поддержки населения в области здравоохранения и профилактики // Системный анализ и управления в биомедицинских систем. – Воронеж: Изд-во “Водолей”, 2003. – Т. 2. – № 3. – С. 194–202.
9. Тукабаев П. Т. Системотехническое представление активных биотехнических систем // Изв. СПбГТУ (ЛЭТИ). Сер. Биотехнические системы в медицине и экологии. – 2003. – Вып. 1. – С. 3–8.

Статья поступила в редакцию 28.11.2003.

Александр Олегович Поляков родился в 1946 г., окончил в 1972 г. ЛЭТИ. Д-р техн. наук, профессор кафедры интеллектуальных систем управления Института интеллектуальных систем Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член ученого и диссертационного советов СПИИА РАН. Действительный член Академии инженерных наук РФ. Автор более 120 научных работ, в том числе восьми монографий, в области информатики и управления в сложных системах.



A.O. Polyakov (b. 1946) graduated from the Leningrad Electrotechnical Institute in 1972. D. Sc. (Eng.), professor of the Department for Intellectual Control Systems of the Saint-Petersburg State Polytechnic University, leading researcher and member of academic and dissertation councils of the Saint-Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences. Full member of Academy of Engineering Sciences of the Russian Federation. Author of over 120 publications, including 8 monographs, in the field of informatics and control in complex systems.

Владимир Михайлович Лачинов родился в 1942 г., окончил в 1972 г. ЛЭТИ. Автор более 60 научных работ, в том числе четырех монографий, в области информатики и управления в сложных системах.



V.M. Lachinov (b. 1946) graduated from the Leningrad Electrotechnical Institute in 1972. Author of over 60 publications, including 4 monographs, in the field of informatics and control in complex systems.

Павел Тамьянович Тукабаев родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Военно-медицинскую академию им. С.М. Кирова и в 1980 г. Северо-западный политехнический институт. Канд. мед. наук, директор Новороссийского филиала Современного гуманитарного института. Автор более 50 научных работ, в том числе монографии, в области взаимодействия биологических и информационных систем, самосовершенствования и саморазвития человека.



P.T. Tukabaev (b. 1952) graduated from the Military Medical Academy n. a. S.M. Kirov in 1975 and North-West Polytechnic Institute in 1980. Ph. D. (Medicine), director of the Novorossiysk Branch of the Modern Humanitarian Institute. Author of over 50 publications, including a monograph, in the field of interaction of biologic and information systems, self-perfection and self-development of a human being.