

УДК 796.01:612

## ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА К НАГРУЗКАМ

А.И. Пьянзин

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», Чебоксары, Россия  
Для связи с автором: e-mail: pyanzin@gmail.ru

### Аннотация:

Живой организм обладает способностью приспосабливаться к влиянию среды, формируя функциональную систему, в которой результат выступает главным системообразующим фактором. Адаптация представляет собой процесс формирования функциональной системы. Она присутствует лишь там, где нет сложившейся функциональной системы. Организм в процессе спортивной тренировки обладает широкими возможностями по созданию функциональных систем с конкретными параметрами результата и процесса и способен задавать любую длительность их «рабочего цикла».

**Ключевые слова:** функциональная система, результат, специфичность, принципы взаимодействия, рабочий цикл

### FUNCTIONAL SYSTEM FORMATION AS A BASE FOR TRAINING LOAD ADAPTATION OF AN ATHLET'S BODY

A.I. Pyanzin

Chuvash State Teachers Training University named after I. Y. Yakovlev, Cheboksary, Russia

#### Abstract:

Living body has an ability of adaptation to the environment influence via formation functional system, in which the result performs as the main factor. Adaptation is a process of functional system formation. It takes place only when the functional system is not been formed. In the training process the body has a wide possibilities for creating functional systems with the certain parameters of the process and result and is capable to set any duration of their "work cycle".

**Key words:** functional system, result, specificity, principles of interaction, work cycle.

Функциональные системы как объективно существующие самоорганизующиеся и саморегулирующиеся построения пронизывают всё мироздание - от атомных и молекулярных отношений до сложных космических явлений. Но наиболее отчётливо они представлены в живых организмах.

В процессе выполнения человеком любой двигательной деятельности, в том числе тренировочной и соревновательной, мы имеем дело не с отдельными мышцами, внутренними органами или биохимическими реакциями, а с целостным живым организмом, который в аспекте двигательных проявлений представляет собой двигательную функциональную систему. В физическом воспитании и спортивной тренировке, где непосредственно приходится иметь дело с целостным живым организмом, необходимо прежде всего

знание основных свойств, закономерностей функционирования и развития, присущих ему именно как целостному образованию. Это, соответственно, требует применения системного подхода и рассмотрения организма как биосистемы определённого уровня, а в двигательном аспекте – как двигательной функциональной системы [1].

Пониманию закономерностей целого организма в значительной степени способствовало развитие системного подхода в биологии и медицине и прогресс кибернетики как науки об управлении в живых и неживых организациях. Однако К.В. Судаков отмечает, что теория функциональных систем коренным образом отличается от системного подхода, предложенного Л. фон Берталанфи и его последователями. В соответствии с общераспространённым системным подходом под

системами понимается только «совокупность составляющих их элементов». В отличие от этого функциональные системы являются динамически функционирующими организациями, обеспечивающими своей саморегуляторной деятельностью полезные для организма приспособительные результаты.

П.К. Анохин раскрыл кибернетические принципы работы функциональных систем организма. Предложенное им понятие «функциональная система» наиболее полно отражает основной смысл кибернетических закономерностей при изучении систем с автоматической регуляцией. Основные физиологические закономерности таких систем были сформулированы ещё в 1935 г., т.е. задолго до того, как были опубликованы первые работы по кибернетике, однако смысл этих публикаций и формулировок в точности соответствовал тем принципам кибернетики, которые были опубликованы впоследствии. Он постулировал положение о том, что любая функциональная система организма работает по принципу саморегуляции с постоянной информацией о состоянии её конечного приспособительного результата.

Наличие в центральной архитектонике функциональных систем аппарата предсказания свойств потребного результата - акцептора результатов действия - делает их универсальными организациями для оценки циркулирующей и поступающей к ним информации. Функциональная система по П.К. Анохину – это:

- законченная единица деятельности любого живого организма, состоящая из целого ряда узловых механизмов, которые обеспечивают логическое формирование поведенческого акта;
- всякая организация нервных процессов, в которой отдельные и разнообразные импульсы нервной системы объединяются на основе одновременного и соподчинённого функционирования, заканчивающегося полезным приспособительным эффектом для организма [8];
- динамическое понятие, в котором акцент ставится на законах формирования какого-либо функционального объединения, обя-

зательно заканчивающегося полезным приспособительным эффектом и включающего в себя аппараты оценки этого эффекта;

- функциональное объединение различных локализованных структур и процессов на основе получения конечного приспособительного эффекта [12];
  - круг определённых физиологических проявлений, связанных с выполнением какой-то определённой функции [10];
  - комплекс нервных образований с соответствующими им периферическими рабочими органами, объединёнными на основе выполнения какой-либо вполне очерченной и специфической его функции [10];
  - единица интеграции целого организма, складывающаяся динамически для достижения любой его приспособительной деятельности и всегда на основе циклических взаимоотношений, избирательно объединяющая специальные центрально-периферические образования [10];
  - комплекс избирательно вовлечённых компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата [5];
  - избирательное интегративное образование целого организма, создающееся при динамическом формировании любой качественно (специфически) очерченной деятельности целостного организма [5];
  - система, обладающая способностью к экстренной самоорганизации, динамически и адекватно приспособляющаяся организм к изменению внешней обстановки [5].
- Системообразующим фактором и ведущим компонентом функциональной системы любой степени сложности является полезный приспособительный для системы и организма в целом результат. «Включение в анализ результата значительно изменяет общепринятые взгляды на систему вообще и даёт новое освещение ряду вопросов, подлежащих глубокому анализу. Прежде всего оказалось возможным всю деятельность системы и её всевозможные изменения представить целиком в терминах результата, что ещё более подчёркивает его решающую роль в поведе-

нии системы. Эта деятельность может быть полностью выражена в четырёх вопросах, отражающих различные этапы формирования системы: 1) Какой результат должен быть получен? 2) Когда именно должен быть получен результат? 3) Какими механизмами должен быть получен результат? 4) Как система убеждается в достаточности полученного результата? В этих вопросах выражено всё то, ради чего формируется система» [3]

Совокупная деятельность множества функциональных систем в их взаимодействии определяет сложные процессы гомеостаза организма и его взаимодействия со средой обитания. Целый организм представляет сложную интеграцию множества функциональных систем, одни из которых своей саморегуляторной деятельностью определяют устойчивость различных показателей внутренней среды - гомеостазис, другие - адаптацию живых организмов к среде обитания. Одни функциональные системы генетически детерминированы, другие складываются в индивидуальной жизни в процессе взаимодействия организма с разнообразными факторами внутренней и внешней среды, т.е. на основе обучения [2].

Теория функциональных систем сложилась со своими понятиями, манерой аргументации и логикой изложения. Как и другие теории, она строится на основе нескольких ведущих постулатов: 1) результат деятельности как объективный, ведущий показатель активности функциональных систем в организме; 2) саморегуляция – принцип динамической самоорганизации функциональных систем; 3) изоморфизм функциональных систем различного уровня; 4) голографический принцип отражения свойств целостной функциональной системы в деятельности составляющих её отдельных элементов; 5) избирательная мобилизация результатов деятельности отдельных органов и тканей в целостную организацию функциональной системы; 6) взаимодействие элементов в функциональных системах достигнуто их конечных результатов; 7) консерватизм и пластичность в деятельности функциональных систем; 8) иерархия функциональных систем;

9) мультипараметрическое взаимодействие функциональных систем по конечным результатам; 10) последовательное динамическое взаимодействие функциональных систем; 11) системогенез как общий принцип становления функциональных систем [2].

По своей архитектуре функциональная система целиком соответствует любой кибернетической модели с обратной связью, и поэтому изучение её свойств, по мнению самого П.К. Анохина [4, 6], несомненно, послужит познанию любых систем с автоматической регуляцией. Функциональная система имеет однотипную организацию и включает следующие общие для разных функциональных систем периферические и центральные узловых механизмы:

- полезный приспособительный результат как ведущее звено функциональной системы;
- рецепторы результата;
- обратную афферентацию, поступающую от рецепторов результата в центральные образования функциональной системы;
- центральную архитектуру, представляющую избирательное объединение нервных элементов различных уровней;
- исполнительные соматические, вегетативные и эндокринные компоненты, включающие организованное целенаправленное поведение.

Центральным системообразующим фактором функциональной системы является результат её деятельности, определяющий в целом для организма нормальные условия течения метаболических процессов [6]. Каждый поведенческий акт, приносящий тот или иной результат, формируется по принципу функциональной системы [13]. Приспособительный эффект, являющийся ядром функциональной системы, определяет состав, перестройку эфферентных возбуждений и неизбежное обратное афферентирование [9]. Результат в концентрированной форме выражает потребности системы в данных условиях, направленность её движения, иными словами, он – выражение, воплощение решения. Он довлеет над операциями по организации и регулированию системы. Ведь и то и другое осуществляется во имя результата [16]. От со-

стояния конечного эффекта и от его промежуточных колебаний будет зависеть в данный момент динамическое поведение всей функциональной системы [10].

П.К. Анохин [13] выдвигает ряд аргументов, отражающих необходимость и важность результата как системообразующего фактора для функциональной системы:

В функциональной системе результат представляет собой органическую часть, оказывающую решающее влияние как на ход её формирования, так и на все последующие реорганизации.

Наличие вполне определённого результата как решающего компонента функциональной системы делает недостаточным понятие «взаимодействия» в оценке отношений компонентов системы между собой. Именно результат отбирает адекватные для данного момента степени свободы компонентов системы и фокусирует их усилие на себя.

Если деятельность системы заканчивается полезным в каком-то отношении результатом, то «взаимодействие» компонентов данной системы всегда будет протекать по типу взаимодействия компонентов, направленного на получение результата.

Взаимодействие компонентов системы достигается тем, что каждый из них под влиянием афферентного синтеза или обратной афферентации освобождается от избыточных степеней свободы, которые вместе содействуют получению надёжного конечного результата. Включение результата в функциональную систему исключает необходимость применять как несовершенные формулировки самой системы, так и многие другие («управляющая система», «управляемый объект», «биоуправление» и т.д.).

Именно конечный функциональный результат определяет, в каком направлении и в каких комбинациях будут интегрироваться частные механизмы интегративной деятельности. Они интересны исследователю-физиологу, в то время как животному организму всегда интересны лишь результаты. Именно поэтому вся жизнь организма развивается от результата к результату и поэтому ни животное, ни человек никогда не задумываются над тем, с

помощью какой комбинации мышц эти результаты получены [10].

В этом плане примечателен пример, который приводит П.К. Анохин в своих работах [4, 5]. «Посмотрите на котёнка, который проделывает ритмические чесательные движения, устраняя какой-то раздражающий агент в области уха. Это не только тривиальный «чесательный рефлекс». Это в подлинном смысле слова консолидация всех частей системы в результате. Действительно, в данном случае не только лапа тянется к голове, т.е. к пункту раздражения, но и голова тянется к лапе. Шейная мускулатура на стороне чесания избирательно напряжена, в результате вся голова наклонена в сторону лапы. Туловище также изогнуто таким образом, что облегчаются свободные манипуляции лапой. И даже три не занятых прямо чесанием конечности расположены таким образом, чтобы с точки зрения позы тела и центра тяжести обеспечить успех чесания».

Взаимодействие, взятое в его общем виде, не может сформировать системы из «множества компонентов». Следовательно, и все формулировки понятия «система», основанные только на «взаимодействии» и на «упорядочении» компонентов, оказываются сами по себе несостоятельными [13]. Результат является неотъемлемым и решающим компонентом системы, создающим упорядоченное взаимодействие между всеми другими её компонентами.

Упорядоченность во взаимодействии множества компонентов системы устанавливается на основе степени их содействия в получении целой системой строго определённого полезного результата. «Главное качество биологической самоорганизующейся системы и состоит в том, - пишет П.К. Анохин [13], - что она непрерывно и активно производит перебор степеней свободы множества компонентов, часто даже в микроинтервалах времени, чтобы включить те из них, которые приближают организм к получению полезного результата». То есть всякий компонент может войти в систему только в том случае, если он вносит свою долю содействия в получение запрограммированного результата. Компо-

нент при своём вхождении в систему должен максимально использовать именно те степени свободы, которые в той или иной мере содействуют получению конечного полезного результата данной системы, и немедленно исключить все те степени своей свободы, которые мешают или не помогают получению результата. Степени же свободы каждого компонента системы, не помогающие получению полезного результата, устраняются из активной деятельности. Таким образом, к системе с полезным результатом её деятельности более пригодно не термин «взаимодействие», а термин «взаимосодействие» [15, 17]. В.Г. Афанасьев [16] рассматривает результат в двух аспектах. С одной стороны, результат есть конечный итог управленческого цикла, содержащего: анализ ситуации; обработку информации, полученной в процессе анализа; постановку цели и выработку решения; операции по реализации решения и контроль за выполнением; подведение итогов, анализ и оценку управленческих операций; сопоставление результата с заданной программой. С другой стороны, результат – начало нового цикла, сигнал к новому анализу ситуации, новым операциям и т.д.

К.В. Судаков [26] при изучении поведения живого организма выделяет 4 группы полезных приспособительных результатов: внутренние константы организма, взаимосвязанные гомеостатические показатели, определяющие его нормальный метаболизм; результаты приспособительной деятельности организмов к внешней среде, направленные на удовлетворение их внутренних биологических потребностей и на сохранение вида и рода; результаты групповой деятельности животных и человека, направленные на удовлетворение их биологических потребностей; результаты социальной деятельности человека.

Ведущим свойством функциональной системы любого уровня организации является принцип саморегуляции. Отклонение того или иного результата деятельности функциональной системы от уровня, определяющего нормальную жизнедеятельность организма, само является причиной мобилизации всех её компонентов на возвращение измененного

результата к уровню, определяющему оптимальное течение процессов жизнедеятельности. Все эти процессы протекают непрерывно с постоянным информированием центра об успехе достижения полезного приспособительного результата [7].

В процессе достижения результата поведение системы определяется его достаточностью или недостаточностью: в случае его достаточности организм переходит на формирование другой функциональной системы с другим полезным результатом, представляющим собой следующий этап в универсальном континууме результатов. В случае недостаточности полученного результата возникает активный подбор новых компонентов, создаётся перемена степеней свободы действующих синоптических организаций и, наконец, после нескольких «проб и ошибок» находится совершенно достаточный приспособительный результат [5, 13, 15].

В функциональной системе соответствующий полезный приспособительный результат воспринимается специфическими рецепторами. Соотношение функций рецепторов с приспособительным результатом – это основной «узел», без которого нельзя представить саморегуляции [14].

Каждый поведенческий результат имеет физические, химические, биологические, а для человека – социальные параметры, по которым постоянно происходит его оценка организмом [18]. Параметры результата регистрируются соответствующими рецепторами, генетически настроенными на получение информации только определённой формы.

Несмотря на генетический консерватизм рецепторов, воспринимающих конечный результат, функциональные системы являются в высшей степени пластичными организациями, способными достигать одного и того же приспособительного результата различными путями. Высокая пластичность функциональных систем определяется их центральными механизмами и широко разветвлённым взаимозаменяемым исполнительным аппаратом. Консерватизм рецепторов и чрезвычайная пластичность исполнительного аппарата делают функциональные системы удивительно

точным механизмом, обеспечивающим на основе принципа саморегуляции устойчивость жизненно важных результатов, посредством чего и обеспечивается относительное постоянство внутренней среды организма и его устойчивость к экстремальным воздействиям [7].

Из теории функциональной системы следует, что циркуляция информации по компонентам системы не может быть «информацией вообще»; это всегда информация, которая в специфическом коде данного конкретного элемента системы содержит эквивалент будущего или уже полученного результата. Все эти соображения дают возможность сформулировать следующие положения:

Наличие приспособительного результата во всякой саморегулирующейся и самоорганизующейся системе радикально ориентирует все потоки информации в системе на этот результат.

Любой элемент системы проводит или преобразует информацию только в эквиваленте какой-то доли этого результата.

Каждый элемент системы, информация которого не отражает параметров результата, делается помехой для системы и немедленно преодолевается пластическими перестройками всей системы в целом [10].

По этой причине П.К. Анохин считает необходимым для более продуктивного исследования функциональных систем организма ввести понятие «информационный эквивалент результата», который имеет место во всех звеньях системы. Информация, циркулирующая в системе, всегда в какой-то степени отражает эквивалент результата.

Обратная афферентация является той стержневой основой, которая определяет целенаправленную деятельность функциональной системы. В то же время в каждой функциональной системе есть ведущий канал афферентной сигнализации о конечном приспособительном результате и второстепенные каналы информации о работе её исполнительных компонентов, объединённых в подсистемы. Таким образом, обратная афферентация в любой функциональной системе многопараметрична. Она может направлять-

ся из разных периферических источников, включающихся в различной временной последовательности, объединять нервные и гуморальные механизмы [7].

Центральная архитектура функциональных систем складывается из следующих узловых стадий: афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез, формирование самого действия, оценка достигнутого результата.

Адаптивные результаты, образующие различные функциональные системы, могут проявляться на молекулярном, клеточном, гомеостатическом, поведенческом, психическом уровнях и при объединении живых существ в популяции и сообщества. Отсюда понятно, что целостный организм на основе нервных, гуморальных и информационных механизмов объединяет множество слаженно взаимодействующих функциональных систем, часто принадлежащих к разным структурным образованиям и обеспечивающих своей содружественной деятельностью гомеостазис и адаптацию к окружающей среде [14].

Состав функциональной системы не определяется топографической близостью структур или их принадлежностью к какому-либо разделу анатомической классификации. В неё могут быть избирательно вовлечены как близко, так и отдалённо расположенные структуры организма. Она может вовлекать дробные разделы любых цельных в анатомическом отношении систем и даже частные детали отдельных целых органов. В то же время, в различные функциональные системы избирательно включаются одни и те же органы своими различными метаболическими степенями свободы.

«Такой аппарат может быть очень разветвлённым. Он может включать в себя различные анатомические образования, комбинации гуморальных веществ, специальные периферические и центральные нервные механизмы. Однако объединение всех центральных и периферических компонентов в ту или иную функциональную систему всегда строится не на анатомическом принципе, а для того, чтобы осуществить наилучшее, быстрее, наиболее экономное обеспечение того или

инного приспособительного результата деятельности организма», - пишет К.В. Судаков [7].

Многочисленные функции организма являются основными элементами постоянно протекающих в нём приспособительных реакций, и «уравновешивание организма с окружающей средой обеспечивается всегда на основе одного и того же стандартного феномена – усиления или ослабления функций» [19]. Поскольку элементарные функции являются производным жизнедеятельности тканей организма, то единственное, что он может делать, реагируя на разнообразные средовые воздействия, – варьировать комбинации из стандартного набора функций, имеющихся в запасе. Таким образом, компоненты любой функциональной системы – это не органы и ткани (которые, к слову, «обнаруживаются» в том числе в неживом организме, но при этом самим организмом никаким образом не могут быть задействованы), а именно функции, являющиеся производными «деятельности» тех или иных органов и тканей [20, 21, 22]. «Образно говоря, морфологический субстрат представляет только клавиатуру рояля, на которой различные функциональные системы разыгрывают разнообразные мелодии, удовлетворяющие различные потребности человека» [2].

Единственным фактором, определяющим избирательность этих соединений, является биологическая и физиологическая архитектура самой функции, а в отдельных случаях даже её механика (например, прыжок). Единственным же критерием полноценности этих объединений является конечный приспособительный эффект для целого организма, который наступает при развёртывании процессов в данной функциональной системе [4]. Подводя итог сказанному, необходимо подчеркнуть следующие моменты:

- архитектура функциональной системы соответствует кибернетической модели с обратной связью и содержит в себе: полезный приспособительный результат, рецепторы результата, обратную афферентацию, центральную архитектуру, исполнительные компоненты;

- главным системообразующим фактором является результат деятельности функциональной системы, формирующий упорядоченное взаимодействие между всеми её компонентами;
- компонент функциональной системы входит в её состав, только если он вносит свою долю содействия в получение полезного результата;
- поведение функциональной системы определяется достаточностью или недостаточностью достижения результата;
- каждый результат, регистрируемый соответствующими рецепторами, имеет ряд параметров, по которым постоянно происходит его оценка организмом;
- обратная афферентация определяет целенаправленную деятельность функциональной системы и всегда многопараметрична;
- центральная архитектура функциональной системы включает в себя: афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез, формирование действия, оценку результата;
- компонентами функциональной системы выступают не органы и ткани, а функции, являющиеся производными их деятельности;
- объединение компонентов в ту или иную функциональную систему строится не по анатомическому признаку, а по признаку достижения приспособительного результата деятельности организма.

Организм человека представляет собой сложный объект, состоящий из взаимосвязанных функциональных систем. Жизнедеятельность составных элементов организма определяется динамикой его внутренней среды, которая характеризует функциональные возможности взаимосвязанных систем организма в их реакции на колебания внешней среды. Для функциональных систем окружающая среда становится неотъемлемым компонентом, внешним звеном саморегуляции, средой их деятельности. Организм и окружающая его среда представляют единство.

Функциональная система всегда строго специфична. Эта специфичность обусловлена адекватным и активным отражением организмом средовых воздействий [23]. «Внешне» её

специфичность определяется промежуточными и конечными результатами её деятельности. «Внутреннее» же обеспечение специфичности функциональной системы осуществляется, прежде всего, её нервно-рецепторным аппаратом и далее – её функционально-структурной архитектурой [21].

Так же, как бесконечно число возможных результатов поведенческих актов, бесконечно и число «создаваемых» организмом функциональных систем, которые включают в себя огромное многообразие отдельных компонентов [6]. Изменения как самого результата работы той или иной системы и его параметров, так и параметров процесса, благодаря которому был получен конкретный результат, всегда свидетельствуют о формировании принципиально новой функциональной системы. Так, увеличение скорости работы диктует необходимость построения уже иной функциональной системы с иным конечным результатом, хотя внешние субъективно оцениваемые проявления этой целостной деятельности на первый взгляд могут быть идентичны проявлениям деятельности предшествующей. Следовательно, не может существовать функциональной системы движения «вообще» (как и функциональных систем «прыжка», «плавания», «ходьбы», «бега» и проч.). Существуют функциональные системы двигательных актов с конкретными параметрами результата и процесса, которые, в свою очередь, могут становиться компонентами бесчисленного множества более сложных поведенческих актов со своими параметрами результата и процесса [1, 21].

Для осуществления двигательной деятельности определённого характера организм формирует соответствующую двигательную функциональную систему, производя это путём своеобразной подгонки своей пространственной структурно-функциональной организации под пространственную специфику этой двигательной деятельности. Поэтому каждое конкретное движение требует для его реализации своей, также конкретной двигательной функциональной системы, при этом степень сходства или различия между неодинаковыми движениями обуславливает ту же

степень сходства или различия между выполняемыми их двигательными функциональными системами [1].

Обязательным условием полноценного формирования любой функциональной системы является постоянство или периодичность действия (на протяжении всего периода формирования системы) на организм стандартного, неизменного комплекса средовых факторов, «обеспечивающего» столь же стандартную афферентную составляющую системы [4, 5, 9, 21, 22]. Систематическое преобладание в тренировочном процессе активности специфических для данного вида спорта двигательных функциональных систем, обеспечиваемое регулярным применением специализированных упражнений, нейрофизиологически оценивается организмом как важно значимое для жизни. Поэтому для двигательных функциональных систем, которые их реализуют, организм создаёт своего рода «режим наибольшего благоприятствования», при котором его адаптационный ресурс избирательно и преимущественно направляется в компоненты этих систем для обеспечения как высокой текущей их деятельности, так и для усиленного морфофункционального их развития [1].

Диапазон возможностей по созданию специфичных функциональных систем у организма поистине высок. Очень важной, на наш взгляд, для понимания сути взаимоотношений между нагрузкой и реакцией организма на неё является способность организма задавать в формируемой им функциональной системе ту или иную длительность «рабочего цикла». Организм, согласно внутреннему стремлению к экономизации своих функций, способен создавать функциональные системы со сколь угодно длительным «рабочим циклом». Сложность и протяженность «рабочего цикла» функциональных систем не имеет границ во времени и пространстве. Организм способен формировать функциональные системы, временной интервал «рабочего цикла» которых не превышает долей секунд, и с таким же успехом может «строить» системы с часовыми, суточными, недельными и т. д. «рабочими циклами». То же можно сказать



и о пространственных параметрах функциональных систем [20, 21, 22]

Итак, специфичность функциональной системы проявляется в следующем:

- организм и окружающая его среда представляют собой единство, в котором среда выступает в качестве внешнего звена саморегуляции;
- каждая функциональная система строго специфична и имеет конкретные параметры результата и процесса;
- диапазон возможностей по созданию специфичных функциональных систем у организма очень высок; организм способен создавать функциональные системы с любой длительностью «рабочего цикла»;
- функциональная система формируется на основе ограниченного числа составляющих её компонентов, однако число возможных функциональных систем бесконечно, как бесконечно число возможных состояний среды. Число возможных функциональных систем живого организма определяется сложностью строения самого организма, сложностью и разнообразием внешних средовых воздействий. В этой связи у человека оно может быть очень большим. С одной стороны, данный факт указывает на невозможность систематизации и упорядочения функциональных систем организма человека. С другой стороны, в соответствии с законом необходимого разнообразия W.R. Ashby, многочисленные и разнообразные компоненты сложной системы проявляют между собой связи, которые определяют логику их взаимоотношений. Знание связей, проявляемых между компонентами, по мнению W.R. Ashby, позволяет выявить принципы, следуя которым становится возможным упорядочение кажущегося на первый взгляд абсолютного беспорядка среди компонентов системы.

В нашем случае встаёт вопрос об упорядочении большого разнообразия функциональных систем в организме человека, которые обладают разветвлённой сетью взаимосвязей. К.В. Судаков [2, 14] утверждает, что взаимодействие функциональных систем в организме осуществляется на основе принципов иерархического доминирования, мультипа-

раметрического и последовательного взаимодействия, системогенеза и системного квантования процессов жизнедеятельности.

Иерархическое доминирование функциональных систем проявляется в том, что в организме человека непрерывно совершается множество разнообразных метаболических реакций, составляющих в целом многопараметрическую общую потребность организма. Однако каждая специфическая функциональная система организма формируется только каким-либо одним параметром внутренней среды, составляющим только часть общей потребности организма. Всегда один из параметров общей потребности организма выступает в роли ведущего доминирующего, будучи наиболее значимым для адаптации человека во внешней среде, формируя доминирующую функциональную систему. В каждый момент времени жизнедеятельности организма доминирует ведущая функциональная система. При этом все другие функциональные системы либо вытормаживаются, либо своей результативной деятельностью способствуют деятельности доминирующей функциональной системы. По отношению к каждой доминирующей функциональной системе субдоминирующие функциональные системы в соответствии с их значимостью выстраиваются в определенном иерархическом порядке – от молекулярного до социально-общественного уровня. Иерархические взаимоотношения функциональных систем в организме строятся на основе результатов их деятельности, где результат подчинённой системы входит в результат деятельности системы более высокого уровня доминирования [2, 7, 14]

По существу любая из функциональных систем является лишь промежуточной между системами более высокого и более низкого уровня. При организации больших систем всякий более низкий уровень должен как-то организовывать контакт результатов, что позволяет составить следующий, более высокий их уровень и т.д. Таким образом, иерархия систем идёт параллельно с иерархией результатов [5, 7, 24]. В.Н. Платонов приводит наглядный пример из области физических

упражнений. «Например, - пишет он, - функциональная система, обеспечивающая старт, является системой более низкого уровня по отношению к системе, обеспечивающей спортивный результат в целом, и системой более высокого уровня – по отношению к системе, обеспечивающей время реакции на стартовый сигнал» [25].

Деятельность любой системы должна непременно определяться достижением полезного результата. Биологический смысл формирования каждой более высокой системы на основе субсистем состоит в том, что объединяются именно результаты субсистем, а уже это объединение результатов составляет новый уровень саморегулирующихся систем с новым конечным полезным результатом. В свою очередь, эти более высокоорганизованные функциональные системы заканчиваются также результатом, а эти последние результаты могут объединяться в функциональные системы ещё более высокого уровня. Из этих положений следует, что всякая функциональная система более высокого уровня организации составляется на основе результатов субсистем, т.е. результатов функциональных систем более низкого уровня организации [4, 5].

Удовлетворение ведущей потребности приводит к тому, что начинает доминировать другая важная для сохранения индивидуума или вида потребность. Теперь она формирует доминирующую функциональную систему, по отношению к которой другие также выстраиваются в иерархическом порядке, и т. д. [4, 7].

Иерархия функциональных систем в организме человека, упрощенно говоря, отражает их взаимодействие по вертикали. Другим принципом, отражающим их взаимодействие, является принцип мультипараметрического взаимодействия. Он отражает обобщенную деятельность различных функциональных систем в организме человека. В организме осуществляется *коррелятивная*, неоднозначная зависимость органов и их функций, которая выражается в том, что под влиянием изменения одних органов и функций происходит соотносительное изменение и других органов и функций [16, 23]. Особен-

но отчетливо он проявляется в деятельности функциональных систем гомеостатического уровня, в которых изменение одного показателя внутренней среды, представляющего результат деятельности какой-либо функциональной системы, немедленно сказывается на результатах деятельности других связанных с ним функциональных систем.

На основе этого принципа строится гомеостазис как обобщенный результат взаимосвязанной деятельности различных функциональных систем, поскольку отклонение оптимального уровня того или иного параметра обобщенного результата выступает в качестве стимула к направленному перераспределению в определенных соотношениях значений всех других параметров результатов других системных организаций, связанных с данной функциональной системой [2]. Принцип последовательного взаимодействия функциональных систем основывается на том, что в организме человека деятельность различных функциональных систем разворачивается во времени. Она определяется результатом деятельности одной функциональной системы, а затем формирует другую потребность и соответствующую ей функциональную систему [2].

Принцип системного квантования поведения проявляется в том, что каждый поведенческий «квант» включает формирование соответствующей внутренней потребности, возникновение на её основе доминирующей мотивации, целенаправленную деятельность по удовлетворению данной потребности, этапные и конечные результаты деятельности и их постоянную оценку за счёт обратной афферентации. В функциональных системах организма отклонение результата деятельности функциональной системы от уровня, определяющего нормальную жизнедеятельность, заставляет все элементы функциональной системы работать в сторону его возвращения к оптимальному уровню. При этом формируется субъективный информационный сигнал - отрицательная эмоция, позволяющая живым организмам оценивать возникшую потребность. Достижение оптимального уровня результата, наоборот,

сопровождается информационной положительной эмоцией. При удовлетворении потребности соответствующий ей «квант» поведенческой деятельности заканчивается, и она определяется уже новой потребностью, которая формирует следующий «квант» поведения и т.д. [2, 14]

Саморегуляторная деятельность функциональных систем определяется дискретными процессами системного квантования жизнедеятельности. Сменяющие друг друга циклы саморегуляции функциональных систем - от потребности к ее удовлетворению - составляют отдельные системокванты, которые выступают в роли исполнительных операторов функциональных систем. Дискретность системоквантов определяется их триггерными свойствами. Под влиянием потребности возбудимость составляющих «системокванты» элементов последовательно наращивается до критического уровня. По достижении критического уровня наблюдается наиболее интенсивная активность «системоквантов», которая снижается по мере удовлетворения исходной потребности. Таким образом, в зависимости от состояния регулируемого результата функциональные системы усиливают или, наоборот, снижают интенсивность своей саморегуляторной деятельности [2, 14].

Поскольку полезный для организма результат определяется деятельностью специфической функциональной системы, «квант» поведения имеет системную организацию, что даёт основание говорить о системном «квантовании» поведения. Возникающие на основе доминирующих потребностей «кванты» поведения по своей сути направлены на будущие результаты поведения, удовлетворяющие эти потребности. По существу, вся жизнь живых существ, в том числе и человека, в значительной степени направлена на будущие события.

Системные представления об организации функций человека открывают новые возможности оценки его состояния в процессе различных проявлений жизнедеятельности. С позиций теории функциональных систем, нормальное состояние человека может быть определено как слаженное взаимодействие

функциональных систем разного уровня организации в их иерархических, мультипараметрических и временных соотношениях по горизонтали и вертикали, обеспечивающее оптимальный для жизнедеятельности организма гомеостазис и адаптацию к условиям обитания [2].

Объединяемые в функциональные системы элементы не просто взаимодействуют, а взаимосоздают достижение системой ее полезного приспособительного результата. Их тесное взаимодействие проявляется прежде всего в корреляционных отношениях ритмов их деятельности. Здоровый организм характеризуется, таким образом, системной и межсистемной гармонией. Слаженное взаимодействие функциональных систем в организме человека по иерархическому и мультипараметрическому принципам осуществляется на основе синхронизации ритмов их деятельности, а также ритмов, составляющих их отдельных элементов [2].

Исходя из вышеизложенного можно констатировать следующее:

- принцип иерархического доминирования функциональных систем предполагает иерархию результатов, где результат подчинённой системы является составной частью результата деятельности системы более высокого уровня доминирования, т.е. иерархия систем основывается на иерархии их результатов;
- в соответствии с принципом мультипараметрического взаимодействия изменение одного показателя внутренней среды, представляющего результат деятельности какой-либо функциональной системы, немедленно сказывается на результатах деятельности других связанных с ним функциональных систем;
- согласно принципу последовательного взаимодействия функциональных систем, их формирование происходит не параллельно, а разворачивается во времени последовательно;
- принцип системного квантования поведения отражает реализацию той или иной потребности организма через формирование соответствующего поведенческого «кванта», активность которого снижается по мере удо-

влетворения потребности.

Теория функциональных систем, таким образом, радикально изменяет сложившиеся представления о строении организма человека и его функциях. Взамен представлений о человеке как наборе органов, связанных нервной и гуморальной регуляцией, теория функциональных систем рассматривает организм человека как совокупность множества взаимодействующих функциональных систем различного уровня организации, каждая

из которых, избирательно объединяя органы и ткани, обеспечивает достижение полезных для организма приспособительных результатов, обуславливающих в конечном счете устойчивость метаболических процессов.

Только познав естественную биологическую природу двигательной деятельности и создав соответствующую теорию, можно перейти к разработке педагогической теории целенаправленного построения двигательной деятельности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойко, В.В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека / В.В. Бойко. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
2. Судаков, К.В. Системное построение функций человека [Электронный ресурс] / К.В. Судаков // Математическая морфология – 1999. – Вып. 1. – Т. 3. – Режим доступа : <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-4-html/2.htm>
3. Анохин, П.К. Опережающее отражение действительности / П.К. Анохин // Вопросы философии. – 1962. – № 7. – С. 74-91.
4. Анохин, П.К. Методологическое значение кибернетических закономерностей / П.К. Анохин // Материалистическая диалектика и методы естественных наук. – М.: Наука, 1968. – С. 547-587.
5. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
6. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1980. – 196 с.
7. Судаков, К.В. Общие представления о функциональных системах организма / К.В. Судаков // Основы физиологии функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 1983. – С. 6-26.
8. Анохин, П.К. Теория функциональной системы как основа для понимания компенсаторных процессов организма / П.К. Анохин // Учёные записки МГУ. Психология. Вопросы восстановления психофизиологических функций. – 1947. – Т. 2. – С. 32-41.
9. Анохин, П.К. Внутреннее торможение как проблема физиологии / П.К. Анохин. – М.: Медгиз, 1958. – 472 с.
10. Анохин, П.К. Функциональная система как методологический принцип биологического и физиологического исследования / П.К. Анохин // Системная организация физиологических функций. – 1968. – С. 546 с.
11. Анохин, П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1968. – 547 с.
12. Анохин, П.К. Функциональная система / П.К. Анохин // Ежегодник БМЭ. – 1968. – Е. 1. – С. 1300-1322.
13. Анохин, П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
14. Судаков, К.В. Основные принципы общей теории функциональных систем / К.В. Судаков // Функциональные системы организма: Руководство – М.: Медицина, 1987. – С. 26-48.
15. Анохин, П.К. Философские аспекты теории функциональной системы: Избранные труды / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
16. Афанасьев, В.Г. Мир живого: системность, эволюция и управление / В.Г. Афанасьев. – М.: Политиздат, 1986. – 334 с.
17. Павлов, С.Е. Неспецифические адаптационные реакции организма и медицинская реабилитация / С.Е. Павлов // Актуальные вопросы медицинской реабилитации в современных условиях. – М., 1999. – С. 27-31.
18. Зилов, В.Г. Системная архитектура целенаправленных поведенческих актов / В.Г. Зилов, В.И. Бадиков, К.В. Судаков // Основы физиологии функциональных систем – М.: Медицина, 1983. – С. 204-226.
19. Саркисов, Д.С. Приспособительные и компенсаторные процессы / Д.С. Саркисов, Л.И. Аруин, В.П. Туманов // Общая патология человека: Руководство – М.: Медицина, 1982. – С. 443-532.
20. Павлов, С.Е. Адаптация / С.Е. Павлов. – М.: «Паруса», 2000. – 282 с.
21. Павлов, С.Е. Системные механизмы адаптации организма к двигательной деятельности / С.Е. Павлов, Т.Н. Кузнецова // Физиология мышечной деятельности: тезисы докладов международной конференции. – М, 2000. – С.113-114.
22. Павлов, С.Е. Современная теория адаптации и опыт использования ее основных положений в подготовке пловцов / С.Е. Павлов, Т.Н. Кузнецова, И.В. Афонякин // Теория и практика физической культуры. – 2001. – № 2. – С. 28-31.
23. Фролов, И.Т. О причинности и целесообразности в живой природе / И.Т. Фролов. – М., 1961. – С. 83-84.
24. Плотников, В. Системный подход программирования и управления тренировочным процессом юных десятиборцев / В. Плотников // Лёгкая атлетика. – 2002. – № 6. – С. 23-25.
25. Платонов, В.Н. Управление тренировочным процессом высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта / В.Н. Платонов // Основы управления тренировочным процессом спортсменов. – Киев : КГИФК, 1982. – С. 5-26.
26. Судаков, К.В. Системные механизмы поведения / К.В. Судаков // Функциональные системы организма: Руководство. – М.: Медицина, 1987. – С. 104-292.

**BIBLIOGRAPHY:**

1. Boyko, V.V. The purposeful development of human motor abilities / V.V. Boyko. – Moscow: Physical Culture and Sport, 1987. – 144 pp.
2. Sudakov, K.V. System building of functions of a person / K.V. Sudakov // Mathematical morphology. – 1999. – Iss. 1. – Vol. 3. – Internet (1999): <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-4-html/2.htm>
3. Anokhin, P.K. Forward-looking reflection of reality / P.K. Anokhin // Problems of Philosophy. – 1962. – #7. – P. 74-91.
4. Anokhin, P.K. The methodological significance of cyber laws / P.K. Anokhin // The materialist dialectics and methods of the natural sciences. – Moscow: Science, 1968. – P. 547-587.
5. Anokhin, P.K. Essays on the physiology of functional systems / P.K. Anokhin. – Moscow: Medicine, 1975. – 448 pp.
6. Anokhin, P.K. Central questions of the theory of functional system / P.K. Anokhin. – Moscow: Science, 1980. – 196 pp.
7. Sudakov, K.V. General concepts of functional systems of the body / K.V. Sudakov // Functional system physiology basics / Ed. By K.V. Sudakov. – Moscow: Medicine, 1983. – P. 6-26.
8. Anokhin, P.K. The theory of functional system as a basis for understanding the compensatory processes of the body / P.K. Anokhin // Proceedings of the Moscow State University. Psychology. The restoration of psychophysiological functions. – Moscow, 1947. – Vol. 2. – P. 32-41.
9. Anokhin, P.K. Internal inhibition as a problem of physiology / P.K. Anokhin. – Moscow: Medgiz, 1958. – 472 pp.
10. Anokhin, P.K. A functional system as a methodological principle of the biological and physiological studies / P.K. Anokhin // System organization of physiological functions. – Moscow, 1968. – 546 pp.
11. Anokhin, P.K. Biology and neurophysiology of the conditioned reflex / P.K. Anokhin. – Moscow: Medicine, 1968. – 547 pp.
12. Anokhin, P.K. Functional system / P.K. Anokhin // Yearbook TMB. – 1968. – Vol. 1. – P. 1300-1322.
13. Anokhin, P.K. The principal questions of the general theory of functional systems / P.K. Anokhin // The principles of system organization of functions. – Moscow: Science, 1973. – P. 5-61.
14. Sudakov, K.V. The basic principles of the general theory of functional systems / K.V. Sudakov // Functional systems of the body: A Guide / Ed. by K.V. Sudakov. – Moscow: Medicine, 1987. – P. 26-48.
15. Anokhin, P.K. Philosophical aspects of the theory of functional systems: Selected Works / P.K. Anokhin. – Moscow: Science, 1978. – 399 pp.
16. Afanasyev, V.G. The world of the living: the systematic, evolution and management / V.G. Afanasyev. – Moscow: Politizdat, 1986. – 334 pp.
17. Pavlov, S.E. Non-specific adaptive response of the body and medical rehabilitation / S.E. Pavlov // Actual problems of medical rehabilitation in modern conditions. – Moscow, 1999. – P. 27-31.
18. Zilov, V.G. The system architecture targeted behavioral acts / V.G. Zilov, V.I. Badikov, K.V. Sudakov // Functional system physiology basics / Ed. By K.V. Sudakov. – Moscow: Medicine, 1983. – P. 204-226.
19. Sarkisov, D.S. Adaptive and compensatory processes / D.S. Sarkisov, L.I. Aruin, V.P. Tumanov // General pathology of human: Guide / Ed. by A.I. Strukov, V.V. Serov, D.S. Sarkisov. – Moscow: Medicine, 1982. – P. 443-532.
20. Pavlov, S.E. Adaptation / S.E. Pavlov. Moscow: Parusa, 2000. – 282 pp.
21. Pavlov, S.E. Systemic mechanisms of adaptation to the motor activity / S.E. Pavlov, T.N. Kuznetsova // Physiology of muscle activity: Proceedings of the International Conference. – Moscow, 2000. – P. 113-114.
22. Pavlov, S.E. The modern theory of adaptation and experience in the use of its main principles in the preparation of swimmers / S.E. Pavlov, T.N. Kuznetsova, I.V. Afoniakin // Theory and Practice of Physical Culture. – 2001. – #2. – P. 28-31.
23. Frolov, I.T. About causality and expediency in living nature / I.T. Frolov. – Moscow, 1961. – P. 83-84.
24. Plotnikov, V. The system approach of programming and management of the training process of young decathletes / V. Plotnikov // Athletics. – 2002. – #6. – P. 23-25.
25. Platonov, V.N. Managing the training process of elite athletes specializing in cyclic sports / V.N. Platonov // Management Fundamentals of the training process of athletes. – Kiev: KSIFC, 1982. – P. 5-26.
26. Sudakov, K.V. System behavior mechanisms / K.V. Sudakov // Functional systems of the body: A Guide / Ed. by K.V. Sudakov. – Moscow: Medicine, 1987. – P. 104-292.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

Пьянзин Андрей Иванович – доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедры теоретических основ физического воспитания Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева