

УДК 615.471:617.7

ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Попечителей Е.П.***Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург, e-mail: eugeny_p@mail.ru*

В данной статье рассмотрен термин «Биотехнические системы» (БТС), предложенный профессором В.М. Ахутиным в 1975 году. Автор статьи объясняет суть данного понятия, формулирует основные преимущества БТС перед чисто техническими системами, утверждает, что определенный объем таких знаний необходим любому специалисту по техническому направлению образования, так как все они разрабатывают и создают технические системы и комплексы, которыми управляет человек.

Ключевые слова: биотехническая система, объект управления, человек-оператор, человек-пациент, технические комплексы, рабочая среда.

SYNTHESIS PROBLEM BIOTECHNICAL SYSTEMS**Popchitelev E.P.***Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg,
e-mail: eugeny_p@mail.ru*

In this article the term «Biotechnical Systems» (BTS) proposed by Professor VM Akhutina in 1975. The author explains the essence of this concept, formulates the main advantages of the BTS to the purely technical systems, says that a certain amount of knowledge is necessary for any technician towards education as they develop and create technical systems and facilities operated by people.

Keywords: biotech system, facility management, human operator, a human patient, complexes, working environment.

Уже давно прекращена научная дискуссия о преимуществах автоматизированных систем управления перед автоматическими, так как доказано, что управление сложными системами должен осуществлять человек (человек-оператор ЧО), включенный в контур управления. В таких системах человек отвечает за постановку задач и анализ результатов, наделяется большими полномочиями по выбору целей и способов решения прикладных задач и непосредственно «втянут» в процесс решения как активный участник, обладающий специфическими свойствами. Он становится носителем «целостного восприятия всей задачи, системы ценностей и критериев принятия решений, отвечает за сохранение целостности решаемой задачи при ее расчленении на части и распределении работ среди других участников при ее выполнении» [1, 2].

Для характеристики подобных систем профессором В.М. Ахутиным (1975 г.) был предложен термин «Биотехнические системы» (далее БТС) для выделения «особого класса больших систем, представляющих собой совокупность биологических и технических элементов, связанных между собой в едином контуре управления» [3, 4]. Он же сформулировал и основные их преимущества БТС перед чисто техническими системами, которые должны состоять «в сочетании положительных качеств этих

систем при взаимной компенсации их недостатков». Эти преимущества могут быть достигнуты, по его мнению, за счет выполнения двух основных принципов синтеза БТС:

– адекватности согласования управленческих характеристик технических и биологических элементов системы»;

– идентификации информационной среды, требующей оптимизации информационных потоков и формы предъявления информации, которой обмениваются между собой биологические и технические звенья системы.

Проблемы человеко-машинных систем – систем управления типа «человек-машина-среда» (СЧМС) – были предметом изучения других известных научных школ. Однако в концепции биотехнических систем не заостряется внимание только на человека; предполагается включение в их структуру любых биологических объектов, не только включенных в системы управления техническими комплексами, но и являющихся внешними объектами изучения или исследования, проводимых с помощью технических систем. К этому классу были отнесены и все системы медицинского и биологического назначения, в которых в качестве внешнего объекта, на состояние которого влияет БТС, выступают человек-пациент и другие виды организмов [4].

Для оценки и управления состоянием биологических объектов нашли применение диагностические и терапевтические комплексы, средства реабилитации, экстракорпоральная, протезирующая и имплантируемая техника, системы управления средой обитания, аналитические исследования биологических проб, синтез новых лекарственных препаратов и биологических добавок, исследования биосовместимых материалов и т. д. [5, 6, 7]. Изменилось отношение ко всему животному миру, включая задачи биологии, зоологии, ботаники и других наук, изучающих или использующих живые системы, для исследования которых разрабатываются специальные технические средства.

К биотехническим системам были отнесены также:

- вычислительные комплексы по обработке информации в интерактивном режиме, в котором сам человек определяет направления обработки данных на каждом последующем шаге на основании анализа результатов на предыдущем этапе [см., например, 8];

- системы обучения, в которых применяются технические средства: тестовые комплексы, мультимедийные системы, тренажеры, имитаторы и др. [4, 9],

- средства массовой информации, позволяющие представить любые информационные материалы в наилучшем для восприятия виде и многое другое [10].

При решении многих технических проблем, связанных с реализацией перечисленных задач, требуется учет свойств и параметров живых систем, к которым они подключаются. Такое расширение не случайно; оно отражало тот факт, что биологический объект (БО) в структуре БТС может занимать разное положение, и способы подключения технических средств к нему существенно зависят от роли и задач, решаемых этим объектом. В то же время существуют общие принципы соединения живого с неживым – принципы, руководствуясь которыми следует подключать к биологическим объектам технические (искусственные) устройства.

На рис.1 показаны возможные положения биологических объектов по отношению к техническим комплексам (ТК). Конечно, главным объектом является человек, поэтому на рисунке указано несколько положений человека при взаимодействии с ТК:

- ЧП – человек-пользователь, основными его функциями является включение ТК, установка режимов и контроль работы (для этого у ЧП имеется пульт управления ПУ); все остальные операции ТК осуществляет по заложенной в него программе;

- ЧЭ – человек-эксперт, анализирующий качество работы всей системы, включая не только работу ТК, но и поведение остальных участников;

- ЧО – человек-оператор, который управляет работой ТК в реальном масштабе времени, определяя программу работы, выбирая принципиальные операции исходя из поставленных перед БТС задач;

- ОУ – объект управления; здесь может быть подключен человек, как пациент, нуждающийся в помощи, но кроме него возможны и любые объекты: технические, биологические (одиночные или целая популяция), экономические, информационные и т.д., т. е. такие, с которыми или над которыми работает ЧО;

- ГС – группа совместно работающих специалистов разных специальностей: исследователи, разработчики, конструктора, испытатели и другие, без активного труда которых никакие технические средства и технологии их использования появиться не могут.

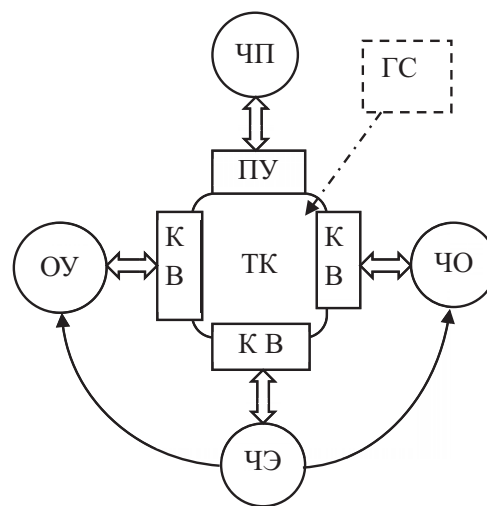


Рис. 1. Положение человека в структуре БТС

Если для первой группы достаточно использовать пульт управления, то технические средства подключения человека в других его ролях требует более сложного оборудования: определим его как “каналы взаимодействия” (КВ).

Роль ГС особенно велика при создании ТК, так как для этого необходимо вложение их знаний и опыта по поиску и оптимизации решений новых идей, подбору материалов и комплектующих изделий, конструированию и выпуску в практику любых технических средств. Отсюда следует, что человеческий фактор всегда присутствует, в любых технических изделиях, созданных человеческим разумом; во всех таких изделиях отражаются присущие человеку свойства.

Если ГС непосредственно не применяет на практике продукт своего труда, но создает его, то остальные варианты подключения технических комплексов к ОУ относятся к их использованию для решения конкретных практических задач. Следует иметь в виду также, что на разных постах человека, работающего с ТК, вместо одного может быть включено несколько человек – группа специалистов, что создает дополнительные проблемы в организации деятельности такой группы и, как следствие, возникает задача обучения всей группы к совместной работе [11, 12]. В качестве ОУ может быть группа таких объектов (популяция); при этом необходимо давать оценку характеристик не одного конкретного объекта, а группы в целом.

Для отражения уровня приспособленности ТК к работе человека целесообразно ввести некий показатель “уровня биотехничности” θ [1], определяющий степень согласования характеристик двух взаимодействующих элементов разной физической природы. Пока нет соотношений для его расчета, но интуитивно чувствуется, что этот показатель для разных вариантов систем различен, хотя, конечно, всегда нужно стремиться к максимальному его значению. Но это зависит от многих трудно учитываемых обстоятельств: важности задач, решаемых БТС, уровня использования человека, материально-технической базы, развития технологического и информационного обеспечения, экономических показателей и т.п. [13]

Казалось бы, что наиболее простые функции выполняет человек-пользователь – ЧП. И хотя для этого варианта к человеку не предъявляются повышенные требования, так как он освобождается от многих частных операций по управлению ТК, ЧП должен соблюдать определенные правила управления, знать инструкции по эксплуатации ТК, может иметь опыт ликвидации предаварийных ситуаций, и даже осущест-

влять обслуживание, а при необходимости проводить мелкий ремонт. Пользователь должен быть обучен приемам работы с ТК, а при разработке самого комплекса должны быть предусмотрены средства, позволяющие ЧП разобраться в органах управления ТК, выполнять командные функции, понять возникающие ситуации, чтобы вовремя предотвратить возможные аварии. Обычно минимальные требования к пользователю излагаются в инструкциях по эксплуатации ТК.

Функции человека-эксперта – ЧЭ – более разнообразны. Он должен оценить качество не только ТК, но и БТС в целом с учетом взаимодействия всех ее элементов. Здесь должны учитываться многие факторы, связанные с подготовкой ЧО и потребительскими свойствами ТК, такие как: достаточный объем и наглядность отображения осведомительной информации, простота и доступность органов управления, минимальные затраты энергии на управляющие движения, требуемый уровень подготовки ЧО и многие другие. Уровень θ должен быть очень высоким, чтобы учесть все факторы, которые могут влиять на качество БТС. В частности эксперт ставит задачи для ЧО, анализирует принятые им решения, изменяет условия работы, может изменять состав группы и т. д., т. е. менять условия эксперимента для выявления всех достоинств и недостатков всей БТС. Часто такая работа поручается группе экспертов, которая должна вынести согласованное заключение о перспективности всей разработки.

Наиболее затратной по отношению к использованию ресурсов организма человека представляется работа человека-оператора – ЧО, так как он несет полную ответственность за выполнение поставленной задачи и от его состояния и знаний в значительной степени зависит качество работы БТС в целом. Для оптимизации работы ЧО требуется тщательная проработка всех сторон взаимосвязи человека с техникой, поэтому остановимся на этой проблеме подробнее (рис. 2).

Изучая внешний по отношению к себе мир и приспособляя его в соответствии со своими потребностями, исследователя (данном случае ЧО) должен иметь определенные связи с объектами из этого мира ОУ, по которым он отправляет “запрос” на интересующее его свойство и получает “ответ” об этом свойстве. Эти запросы и ответы могут реализовываться разными способами, с помощью разных приемов и методов.

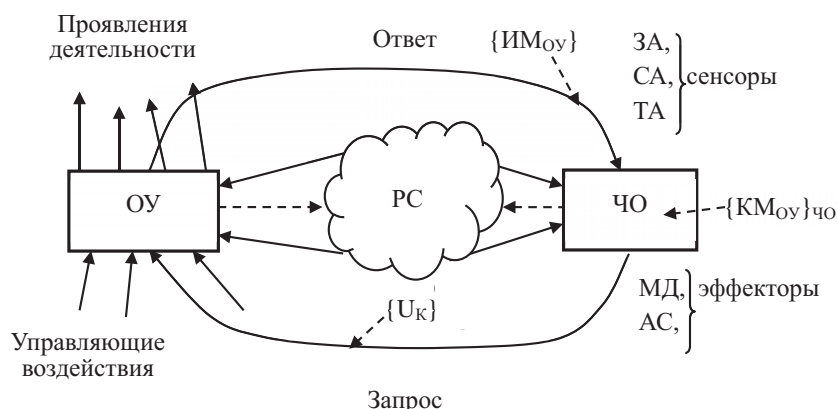


Рис. 2. Модель взаимодействия человека-оператора ЧО с объектом управления ОУ

Считается доказанным, что само взаимодействие между различными объектами внешнего мира может быть вещественным, энергетическим и информационным, поэтому связи должны быть приспособлены к передаче вещества, энергии или информации. При этом для передачи информации необходим ее носитель, который может быть вещественным или энергетическим [1, 13].

Само взаимодействие осуществляется через окружающую эти элементы среду, причем имеется в виду, что не вообще вся природная среда, а та ее часть, которая находится в ближнем окружении человека и ОУ, т.е. реальная среда (РС) – среда непосредственно в месте проведения экспериментов. В нее включается все, что не входит в исследуемую БТС. Эта среда активна и оказывает влияние на все биологические и технические объекты, находящиеся в ней, но и эти объекты, в том числе и БТС, также изменяют параметры РС.

Объекты интереса человека в РС проявляют свою деятельность в разных физических полях, параметры которых содержат сведения о его характеристиках и свойствах [14, 15]. Однако человек непосредственно реагирует только на такие сигналы, которые воспринимаются его сенсорными анализаторами – органами чувств. При непосредственном контакте ЧО с ОУ он может подключить все свои сенсорные и эффекторные образования, чтобы получить так называемый “оперативный образ” ОУ – информационную модель $\{ИМ_{ОУ}\}$ (совокупность всех представлений об объекте управления), и в соответствии со своими представлениями (знания, опыт, решаемая задача и др.) формирует свои суждения о состоянии этого объекта – концептуальную модель

$\{КМ_{ОУ}\}_{ЧО}$, а также команды $\{U_k\}$ для изменения оперативного образа, перестраивая $\{ИМ_{ОУ}\}$ к оптимальному (на его взгляд) виду. Следует иметь в виду, что для разных ЧО формируемые им концептуальные представления $\{КМ_{ОУ}\}_{ЧО}$ могут сильно отличаться даже для одного и того же вида $\{ИМ_{ОУ}\}$ [13].

Существуют естественные ограничения возможностей человека как по восприятию поступающей информации, содержащей необходимые для профессиональной работы человека сведения (данные), так и по передаче команд на ОУ. Для восприятия информации о параметрах ОУ лучше других приспособлены зрительный (ЗА), слуховой (СА) и тактильный (ТА) анализаторы (определим их как “сенсорные модальности”). Для передачи команд от ЧО в ТК пригодны моторная деятельность (МД) и акустический сигнал (АС) – (“эффекторные модальности”). Остальные анализаторы пока трудно приспособить для этих целей, хотя известны варианты их ограниченного использования; такая же ситуация характерна и для эффекторов человека. Подобные ограничения характерны для всех представителей биологического мира, причем их свойства настолько разнообразны [16], что подключение к ним технических систем носит весьма специфический характер.

Чтобы получать информацию о свойствах в физических полях, на которые отсутствуют у человека сенсорные системы, и расширить возможности воздействия на ОУ, человек вынужден создавать специальные средства познания (СП) (рис. 3), включающие технические средства съема информации и воздействия на ТК (на рис. 3 – это множество обозначено как $\{\lambda\}$).

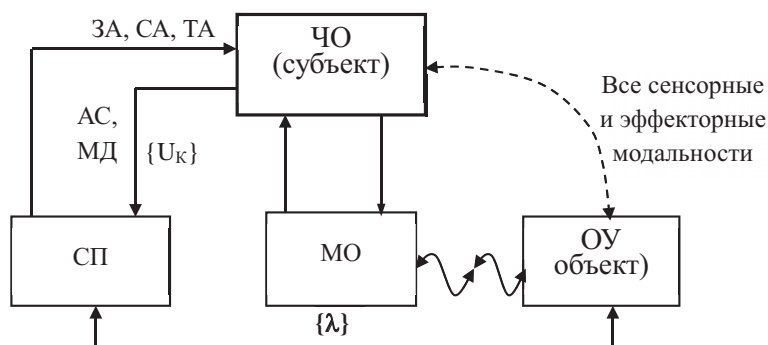


Рис. 3. Место и роль средств познания в диалоге «Исс-ОбИ»

Но управлять этими средствами он может, используя эффекторные модальности (в основном механического типа), а воспринимать информацию, используя сенсорные модальности через три носителя информации – оптические изображения в видимом спектре, акустические сигналы и тактильные прикосновения. Следовательно, подключение таких СП к человеку возможно только при использовании специальных преобразователей физических форм носителя информации в одну из сенсорных и эффекторных модальностей.

Таким образом, средства познания, которые являются искусственными, созданными самим человеком и отражающими его соображения о том, что и как он хочет изучать, представляют собой средства опосредованного изучения ОУ. И, хотя такие средства предоставляют новые возможности, все равно они не позволяют получить всестороннее суждение об ОУ, улучшая только его модель (МО), формируемую в сознании конкретного ЧО. Эта модель отражает объект управления (субъект познания), но с тех сторон, которые нужны в данный момент и с сильной степенью зависят от подготовки и уровня знаний человека (субъекта познания). В БТС человек-оператор взаимодействует не с самим объектом познания, а с его моделью, которую сам и строит на основании собственных представлений (см. рис. 3).

Это очень важное соображение об ограниченности знаний человека и индивидуальности действий ЧО по управлению ТК. Расширение возможностей средств познания, создание новых средств, методов и технологий для изучения внешнего объекта способствует более глубокому его изучению, но такие процессы только улучшают качество модели, оставляя за ее пределами

непознанное. Из всего выше сказанного следует один важный вывод: все, что делает человек, создавая различные технические средства, подчинены его интересам и отражают его индивидуальные свойства, как разработчика, изготовителя или пользователя.

Профессор В.М. Ахутин высказал идею о наличии у БТС свойства суперадаптации, которое связано с наличием внешнего и внутреннего контуров адаптации [4, 17]. Внешний контур связан с приспособлением системы к изменяющимся внешним условиям работы ТК, а внутренний отражает взаимную адаптацию технических средств и ЧО. Оптимальная организация этих двух контуров позволяет достигать высокого качества функционирования всей системы в целом. Для учета всех проблем, связанных с подключением к биологическим объектам технических средств им был предложен специальный метод поэтапного моделирования, при пользовании которого удастся не только учесть многие особенности разнородных элементов при их соединении, но и отразить возможности материально-технического обеспечения разработки в целом [17, 18].

В информационно-технологическом мире большая часть функций, выполняемых человеком, связана с его участием в информационных процессах; и здесь роль человеческого фактора нельзя преувеличить, так как он обладает рядом преимуществ перед техническими элементами (см., например, [2, 15, 19 и др.]). При этом невозможно обойтись без создания специальных технических средств, позволяющих подключить к человеку искусственные (технические) комплексы, таких средств, которые могли бы обеспечивать выполнение двух выше упомянутых принципов. Вот здесь и возникает про-

блема сочетания положительных качеств биологических и технических элементов при взаимной компенсации их недостатков. Поэтому необходимы специальные преобразования:

- формы входных воздействий со стороны ТК на человека, что связано с созданием систем отображения информации:

- специальные преобразования его решений в управляющие сигналы, которые поступают от человека в ТК, что приводит к разработке устройств ввода команд в технические комплексы.

Такие средства названы В.М. Ахутиным “логическими фильтрами-преобразователями” [4], но, на наш взгляд, их правильно было бы назвать “каналами информационного взаимодействия” (КИВ) [1, 2, 13] (рис. 4). Это специальные технические средства, позволяющие подключить к любому биологическому объекту внешние технические устройства. Они составляют основное отличие биотехнических от чисто технических систем. На рис. 4 показаны два типа каналов: для ОУ и для ЧО – КИВ₁ и КИВ₂.

КИВ₁ включает объект управления; для каждого его типа применяется свой блок измерительных преобразователей (БИП), с помощью которых оцениваются параметры ОУ, и устройства воздействия (УВ) – оконечные технические устройства, через которые воздействие поступает непосредственно на ОУ. Для разных вариантов БТС состав БИП и УВ существенно различается. Особое внимание к составу этого блока уделяется, если в качестве ОУ выступает биологический объект [5, 6].

Данные о состоянии ОУ после обработки электрических сигналов с БИП в технических средствах оценки состояния (ТСОС) поступают в технические средства обработ-

ки информации (ТСОИ) и напрямую через устройства отображения информации (УОИ) к ЧО. Поток разнородных данных, поступающих к ЧО из ТСОС, может быть настолько большим, что человек не справляется с его анализом за отведенное для этого время. Возникает проблема оптимизации таких потоков за счет:

- сокращения объемов информации путем ее предварительной фильтрации (удаление лишней и ненужной в конкретный момент информации) сокращения количества индикаторов в поле зрения ЧО, отображения интегральных, комплексных показателей и т.п.;

- оптимизации способов представления информации человеку, например, в наглядном виде условных образных отображений – двумерных картин, в которых отдельные параметры информационных моделей отражены в категориях визуального кодирования;

- оптимального подбора категорий визуального кодирования, позволяющих представить условные картины, ассоциирующиеся с правильным действием ЧО.

КИВ₂ предназначен для включения ЧО в структуру управления БТС. Набор технических средств, которыми должен управлять ЧО, может быть разнообразным; это зависит от назначения БТС. Поэтому пульт управления (ПУ) в общем случае представляет собой сложное техническое устройство, включающее разнообразные средства передачи команд (кнопки, переключатели, штурвалы, рычаги, громкоговорители и т. п.) в исполнительные устройства – технические средства: воздействия (ТСВ) на УО и управления средой (ТСУС). Эти устройства часто совмещаются с индикаторами, подтверждающими принятые решения.

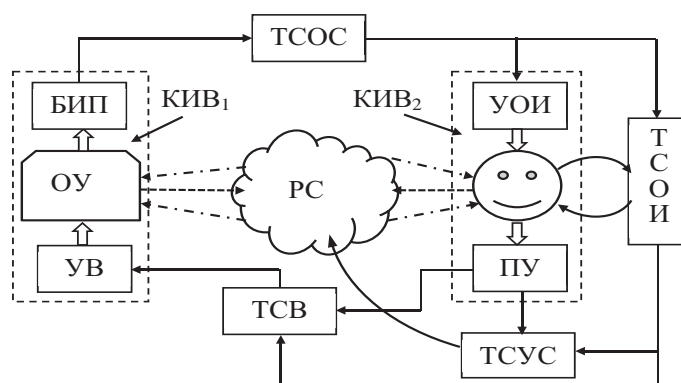


Рис. 4. Место КИВ в структуре БТС

Еще один пульт управления (не показан на рис. 4, на его местоположение указывают полукруглые стрелки от ЧО к ТСОИ) требуется для управления работой ТСОИ. Несмотря на то, что данные о состоянии ОУ поступают на ТСОИ непосредственно от ТСОС, работа средств обработки должна осуществляться под контролем ЧО. Он выбирает программы обработки, часто используя интерактивный режим анализа, способы детального или интегрального представления результатов на мониторах и в зависимости от этого принимает командные решения по выбору программ обработки информации [2, 8, 13].

Каналы КИВ₁ и КИВ₂ сами по себе уже являются биотехническими устройствами, так как включают дополнительные узлы технического типа и элементы подсистем организма человека – его сенсорные и эффекторные подсистемы, если ОУ тоже относится к объектам биологического типа. Характеристики этих подсистем организма человека и ОУ определяют структуру и параметры КИВ.

От реализации КИВ зависит качество работы ЧО и достоверность всех информационных процессов в единой биотехнической системе. На качество ее работы влияют многие функциональные характеристики человека, такие как: восприятие информации через сенсорные системы, память, моторные движения, процессы мышления и особенности принятия решений и их качество, многие другие свойства личности человека, определяющие его работоспособность [2, 10, 19]. И здесь не обойтись без обеспечения оптимальных условий для его работы и жизнедеятельности, а, следовательно, без использования систем диагностики и управления состоянием, обучения, профориентации и профотбора, тестирования и т.п. Вот несколько задач, которые необходимо выполнить и при разработке самих КИВ:

– обеспечить восприятие информации через сенсорные системы человека; т.е. при синтезе КИВ₁ должны быть использованы знания о свойствах этих типов сенсорных систем;

– обеспечить возможность передачи решений ЧО по выбору методов и способов управления ТК; т.е. при синтезе КИВ₂ должны быть использованы знания о свойствах эффекторных систем человека;

– подготовить ЧО к выполнению всех работ: он должен обладать необходимыми

навыками, техническими знаниями и соответствующим функциональным; здесь большое значение приобретают профотбор, профориентация и подготовка человека к работе с ТК, т. е. необходимы системы обучения и тестирования:

– иметь системы контроля состояния ЧО в реальном масштабе времени и своевременного вывода его из контура управления, когда накапливается усталость и его функциональное состояние не соответствует рабочим режимам, решать проблемы организации труда – периодов работы и отдыха.

В последней проблеме необходимо обратить внимание на изменения в технологиях использования БТС, связанные с наличием в их структуре биологических объектов. В технологических схемах должны предусматриваться условия по поддержанию жизнедеятельности такого объекта: регулярный инструктаж, физические и интеллектуальные тренировки, интервалы работы и отдыха, кормления, развлечения, активизации ресурсов и др. Для разных видов БО эти операции сильно различаются [1, 10], а для их выполнения требуются дополнительные материальные и экономические ресурсы.

Это перечисление можно было бы продолжить, включая все новые и новые задачи, цель которых – оптимальная организация взаимодействия объектов разной природы в “единую согласованную систему целенаправленного поведения”.

Все искусственные, созданные человеком средства познания внешнего мира и управления им в соответствии со своими представлениями сегодня связываются с формированием в биосфере новой составляющей – “биотехносферы”, которая является продуктом деятельности человечества, создающего средства изучения внешнего мира и самого человека, как его элемента. Это некоторая интегральная совокупность всех искусственных устройств, созданных человеком для осуществления трудовой и жизнедеятельности, с помощью которых происходит развитие всех реальных процессов, протекающих в биосфере при участии человека. Появилось представление о производственном и экологическом факторах антропогенного происхождения, т.е. формируемых в ходе трудовой деятельности человека. Эти факторы способны вызвать негативные изменения здоровья человека, непосредственно занятого в производственном процессе, и окружающей среды, в

которой протекает его жизнь и осуществляется трудовая деятельность. Можно привести и множество примеров обратного влияния – человеческой деятельности на природные объекты. От решения всех перечисленных проблем зависит будущее человечества и Земли, и все это связано с развитием биотехнических систем, создаваемых человеком и позволяющих решать множество задач по обеспечению его жизни на Земле.

Высказанные выше соображения позволяют выделить самостоятельный круг научных и прикладных проблем синтеза биотехнических систем, которые до настоящего времени еще не рассматривались как единая концепция взаимодействия живых систем с техническими системами во всем их разнообразии. В этот круг проблем следует включить не только технические реализации самих каналов информационного взаимодействия, но и многие задачи по изучению возможностей человека как элемента, к которому подключаются технические средства:

- методы и средства оценки функциональных возможностей человека, включая исследование зрительных функций, психологических характеристик (прежде всего, психологической устойчивости в стрессорных ситуациях, способностей работы в коллективе специалистов и др.), параметров двигательной активности и т.п.;

- методы оценки, формирования и тренировки профессиональных навыков, необходимых для управления соответствующими ТК, создание необходимых тренажерно-моделирующих комплексов, имитаторов и простых тренажеров для этих целей;

- методы и средства уменьшения напряженности труда, поддержки функциональных характеристик в процессе работы;

- методы научной организации труда человека, создания условий быстрого восстановления человека после трудовых вахт;

- методы синтеза биотехнических систем и технологий различного назначения, приспособленных к различным видам внешних объектов управления с целью их диагностики и практического использования и многие другие.

Рассмотренные представления о проблемах и особенностях объединения в одной целесообразной системе биологических и технических элементов позволяет с иных позиций рассматривать взаимодействие этих объектов. Известно несколько

научных направлений, связанных с изучением человека и других представителей биологического мира, в том числе и с позиций его включения в технические системы. Однако, на наш взгляд, они, имеющие, несомненно, большое значение для многих прикладных направлений, сами по себе отражают лишь частные вопросы той фундаментальной проблемы, о которой шла речь в данной статье. Новые возможности такого соединения постоянно изменяются по мере развития технологических потенциалов, а это позволяет расширять возможности Человека по изучению, освоению и приспособлению окружающего мира к своим потребностям. Возрастает роль представлений об их свойствах и необходимости их взаимной адаптации, при этом важны знания о свойствах биологических объектов, включаемых в биотехническую систему, и возможности техники и технологий на конкретном этапе развития человечества. Изучение и раскрытие еще неизвестных, и поэтому неиспользуемых возможностей биотехнических систем дает основание для формулировки в технических науках нового научно-технического и прикладного направления исследований – **биотехтоника** [20]. Этот термин объединяет в себе два хорошо известных термина – бионика и техника, и наилучшим образом отражает смысл нового направления. Предметом изучения биотехтоники становится уже упомянутая выше проблема оптимизации взаимосвязи живого с неживым с учетом характеристик и параметров взаимодействующих элементов, а результатом – синтез оптимизированных биотехнических систем целенаправленного поведения.

Высказанные выше соображения привели к введению в Перечень направлений высшего технического профессионального образования нового направления “Биотехнические системы и технологии” [21], которое объединяет несколько известных ранее направлений подготовки бакалавров и магистров. По этому направлению подготовлен новый стандарт ГОСЗ, в котором среди обязательных дисциплин предусматривается несколько дисциплин медико-биологического цикла, такие как “Системный анализ медико-биологических исследований”, “Биофизические и биохимические основы жизнедеятельности”, “Технические методы диагностических исследований и лечебных воздействий” и ряд других. Основное на-

значение этих дисциплин – дать техническому специалисту представление о свойствах биологического объекта как объекта изучения и управления, к которому подключаются технические устройства. Поэтому выбор учебного материала по этому разделу образовательной программы должен быть очень взвешенным, так как главная задача – подготовка технического специалиста. На наш взгляд, определенный объем таких знаний необходим любому специалисту по любому техническому направлению образования, так как все они разрабатывают и создают технические системы и комплексы, которыми управляет человек. Такая дисциплина с условным названием “Биотехнические проблемы инженерной деятельности” может быть включена, например, как обязательная в гуманитарный или общеинженерный цикл подготовки.

Список литературы

1. Попечителей Е.П. Системный анализ медико-биологических исследований. – Саратов: Научная книга, 2009.
2. Попечителей Е.П. Человек в биотехнической системе. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2006.
3. Ахутин В.М. Бионические аспекты синтеза биотехнических систем: в кн. Информационные материалы: Кибернетика. – 1976. – № 4 (82). – С. 3-26.
4. Ахутин В.М. и др. Биотехнические системы. Теория и проектирование / под общей редакцией проф. Ахутина В.М. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981.
5. Корневский Н.А., Попечителей Е.П., Серегин С.П. Медицинские приборы, аппараты, систем и комплексы: учебник. Курск. гос. ун-т. – Курск: ОАО «ИПП “Курск”», 2009.
6. Гусев В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на них. – М.: Машиностроение, 2004.
7. Попечителей Е.П. Технические методы диагностики биоматериалов: учебное издание. – СПб.: Изд-во “Технолит”, 2011.
8. Попечителей Е.П., Романов С.В. Анализ числовых таблиц в биотехнических системах обработки экспериментальных данных. – Л.: Изд-во «Наука», 1985.
9. Ахлаков М.К., Болсунов К.Н., Попечителей Е.П. Тестовые системы в медико-биологических исследованиях. – СПб.: СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», 2003.
10. Попечителей Е.П. Биотехнические системы и технологии на их основе: сб. «Биотехнические системы в медицине и биологии». – СПб.: Изд-во Политехника, 2002. – С. 5-12.
11. Зигель А., Вольф Д. Модели группового поведения в системе человек-машина. – М.: Мир, 1973.
12. Червинская К.Р., Щелкова О.Ю. Медицинская психодиагностика и инженерия знаний / под ред. проф. Л.И. Вассермана. – СПб.: Изд-во Ювента; – М.: Издательский центр «Академия», 2002.
13. Падерно П.И., Попечителей Е.П. Надежность и эргономика биотехнических систем / под общ. ред. проф. Е.П. Попечителя. – СПб.: ООО “Техномедиа”, Изд-во “Элмор”, 2007.
14. Попечителей Е.П. «Функциональная система» медико-биологических исследований // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 806-818.
15. Попечителей Е.П. Система технических методов управления состоянием человека // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Системный анализ. Теория и практика. – 2010. – Том 16, № 2. – С. 29-34.
16. Общая физиология сенсорных систем. Руководство по биологии и биофизике / В.И. Гуткин, С.П. Серегин, С.Д. Долженков, Н.А. Корневский. Курск. гос. тех. ун-т. – Курск: ОАО “Курск”, 2009.
17. Ахутин В.М. Поэтапное моделирование и синтез адаптивных биотехнических и эргатических систем: в кн. Инженерная психология. – М., 1977. – С. 149-180.
18. Попечителей Е.П. Задачи поэтапного моделирования при синтезе биотехнических систем // Известия СПбГЭТУ. – 2008. – Вып. 4. – С. 67-73.
19. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ: в 7 т. / под ред. В.Н. Четверикова. – М.: Высшая школа, 1990.
20. Попечителей Е.П. Биотехтоника – наука о синтезе биотехнических систем: в кн. Многоконцептуальность в науке. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ-УПИ, 2011. – С. 404-412.
21. Попечителей Е.П. Становление медико-технического образования в России // Медицинская техника. – 2009. – №2. – С. 1-8.