

УДК 615.471:617.7

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ЧЕЛОВЕКУ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Попечителей Е.П.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,  
Санкт-Петербург, e-mail: eugeny\_p@mail.ru*

Рассмотрены проблемы объединения человека и технических устройств в единую биотехническую систему (БТС), приведены классификация и структура каналов взаимодействия этих элементов в БТС разного назначения. Выделено два наиболее часто встречающихся варианта: каналы для подключения в БТС человека-пациента и каналы для включения человека-оператора как управляющего звена БТС. Приведены примеры разных биотехнических систем с различными каналами взаимосвязи.

**Ключевые слова:** биотехническая система, объект управления, человек-оператор, человек-пациент, технические комплексы, рабочая среда, каналы взаимодействия, типы каналов.

## CONNECTING TO THE PERSON TECHNICAL MEANS BIOENGINEERING SYSTEM

Popchitelev E.P.

*Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg,  
e-mail: eugeny\_p@mail.ru*

The problems of combining human and technical devices in a single biotech system (BPS) shows the classification and structure of channels of interaction of these elements in the BPS for different purposes. Select two most common options: channels to connect to the BPS human patient and channels to enable the human operator as the control unit of the BPS. Examples of various biotechnical systems with different relationship channels.

**Keywords:** biotech system, facility management, human operator, a human patient, complexes, work environment, communication channels, channel types.

**Биотехнические системы** (БТС) приспособлены для решения прикладных задач в двух назначениях, которые определяются положением в них человека. В первом из них человек выполняет роль управляющего звена, т. е. выполняет функции **человека-оператора** (ЧО) и от его действий зависит работа всего технического комплекса [1, 2, 3], а во втором – он сам может выступать в роли объекта познания/управления [4,5]; эту функцию определим как функцию **человека-пациента** (ЧП). В первом варианте такие системы используются для реализации интересов человека при решении им же поставленных задач, например, на производстве, при выполнении научных исследований и других, а во втором – БТС призваны оценивать и поддерживать его здоровье как в обычных условиях, так и во время выполнения им трудовой деятельности.

В статье рассмотрены возможные варианты подключения к человеку **технических комплексов** (ТК), формирующих совместно с ним биотехнические системы. Для этого используются специализированные каналы взаимосвязи, при разработке которых необходимо учитывать особенности трёх взаимодействующих подсистем – человека,

рабочей среды и технических устройств. В зависимости от задач, которые решает человек, структуры этих каналов различаются, а от качества их выполнения зависит эффективность работы всей биотехнической системы в целом.

### Человеческий фактор в управлении техническими системами

Не всякую техническую (искусственную) систему, находящуюся под управлением человека, следует относить к биотехнической в полной мере, как непосредственно управляемую человеком. Известны автоматические технические комплексы, которые вообще работают без участия человека в соответствии с вложенными в них программами, однако эти программы и сами автоматические комплексы разработаны и изготовлены человеком. Следовательно, несмотря на различные целевые функции, к биотехническим в равной степени следует отнести все известные на сегодня системы разного назначения; все существующие технические комплексы отражают представления человека об их устройстве, назначении, качестве работы и эксплуатационных характеристиках.

*Совокупность свойств человека, влияющих на эффективность функционирования*

технических систем, объединяется под общим термином “**человеческий фактор**”, который *всегда присутствует в любых изделиях, созданных человеческим разумом*. И так будет всегда, так как живой объект с другими свойствами и характеристиками имел бы вокруг себя иные устройства и системы, приспособленные к этим свойствам и характеристикам. Следовательно, *все, что делает человек, создавая различные технические изделия, подчинены его интересам и отражают его свойства, как разработчика, изготовителя или пользователя* (не обязательно того, кто создавал конкретное техническое устройство). Такие изделия отражают присущие человеку свойства, в них используется интеллектуальный потенциал и опыт подобных разработок не одного человека, а опыт и знания всего человечества. Поэтому так важна задача изучения особенностей организма и поведения человека для дальнейшего совершенствования его технического окружения.

Для оценки степени включения человека в процесс достижения целей, ради которых создаётся БТС, в [1, 2] введено представление об “**уровне биотехничности**”, характеризующем *степень приспособления технических средств к человеку*. Тогда за “нулевой” уровень следует принять такой, при котором они и организация работы с ними вообще не рассчитаны на участие человека в трудовом процессе, или они созданы без его участия. Однако на сегодня трудно представить работающие технические системы, с которыми человек вообще не был бы связан. В реальных условиях жизни на Земле искусственных систем с нулевым уровнем биотехничности вообще нет, но степень участия человека в процесс управления этими средствами может быть разной, что и учитывает этот показатель для той или иной биотехнической системе. Количественно определить этот показатель пока не представляется возможным, но в то же время качественные оценки приспособленности технической части БТС к человеку, который ею пользуется, вполне возможны и даже целесообразны, так как позволяют выявить недостатки и предложить пути совершенствования этих систем.

Включение человека непосредственно в процесс управления техническим комплексом, когда с ним связана работа всего комплекса, возможно только за счёт повышения уровня биотехничности. Для этого необхо-

димо включить дополнительные технологические операции, позволяющие *согласовать характеристики человека с параметрами технических блоков, входящих в БТС*, они и определяют техническую часть биотехнической системы, а в сложных случаях необходим ещё целый ряд дополнительных приёмов повышения надёжности работы человека [ ]. Кроме того, на качество работы человека влияют изменения состояния рабочей среде (РС), параметры которой оказывают значительное влияние на трудовой процесс. Поэтому контроль состояния среды и поддержка оптимальных рабочих условий, а также текущий контроль состояния человека, на каком бы месте в БТС он не находился, позволяет повысить качество и эффективность выполнения поставленной задачи.

Положение человека на месте управляющего звена, т. е. выполняющего функции **человека-оператора** (ЧО), хорошо изучено в технической литературе [см., например, 1, 4, 5], к которым следует отнести:

- пользователя, когда его функции сводятся к включению-выключению техники и настройке её параметров к решаемой задаче;
- эксперта, оценивающего в целом качество работы технических средств и уровень подготовки обслуживающего персонала;
- управленца, определяющего программу работы всего технического комплекса в реальном времени с учётом всех факторов, от которых зависит работа комплекса.

На этом месте человек осуществляет трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с объектами управления (или исследования) не непосредственно, а через технические средства, которые с одной стороны формируют для него информационные модели объекта управления, а с другой – помогают передавать его решения в исполнительные устройства. В различных научных и практических изданиях представлены разнообразные способы и методы повышения эффективности работы человека на месте ЧО, при этом для его успешной работы необходимо выполнить преобразования:

- формы входных воздействий на ЧО, так как информация ему должна быть представлена в присущих ему *сенсорных модальностях* (в основном это зрение, слух, тактильные ощущения);
- специальные преобразования решений ЧО в виде командных сигналов, с по-

мощью которых человек может изменять программы обработки информации или непосредственно управлять блоками управления состоянием человека-пациента.

В качестве объекта управления в БТС могут быть включены различные объекты, в том числе и сам человек как **человек-пациент** (ЧП), который в этом варианте становится предметом профессионального интереса для ЧО. На этом месте к нему подключается БИП, с помощью которых определяются параметры его текущего состояния, и, при необходимости, *технические средства управления* (ТСУ), оказывающие лечебное или корректирующие воздействия. Примерами такого положения могут быть:

- посетитель лечебно-профилактического учреждения при выполнении профилактических, диагностических, лечебных или реабилитационных мероприятий;

- кандидат на занятие определённого места в трудовом процессе, когда к нему предъявляются особые требования по психическим и психофизиологическим характеристикам или определяется его профессиональная пригодность к конкретной профессии;

- обучающийся при проверке уровня подготовки и овладения профессиональными навыками, оценке уровня готовности к выполнению конкретной работы, особенно в экстремальных условиях, когда к здоровью человека предъявляются повышенные требования.

Этот список примеров можно продолжать, потому что проблема оценки состояния здоровья человека и определение его личностных характеристик возникает в разных прикладных задачах, справиться с которыми может только он сам. Для этого варианта подключения технических средств к человеку преобразование состояния ЧП в информационную модель состояния происходит в соответствии с записью:

$$(C_{\text{чп}})_{\text{БИП}} \Rightarrow (ИМ_{\text{ОУ}})_{\text{ЧО}} \quad (2)$$

в которой  $(C_{\text{чп}})_{\text{БИП}}$  – состояние ЧП, оценённое на основании показаний *блок измерительные преобразователи* (БИП),  $(ИМ_{\text{ОУ}})_{\text{ЧО}}$  – информационная модель ОУ, представленная ЧО на устройстве воспроизведения.

Чтобы получить от ЧП полную информацию о его состоянии и управлять этим состоянием, необходимо учитывать ещё два преобразования:

- информации о состоянии человека, которая содержится в параметрах разнообразных физических полей, сопровождающих жизнедеятельность организма человека;

- решений ЧО в непосредственное воздействие, на которое будет реагировать ЧП.

Эта задача также хорошо известна и обсуждена в доступной литературе [ ], а основные проблемы исследования и управления состоянием ЧП связаны с требованиями обеспечения безопасности здоровью человека как при выполнении исследований, так и при оказании лечебных и корректирующих воздействий.

### Техническая часть биотехнической системы

При анализе структуры БТС, особенно, когда человек-оператор управляет сложным техническим комплексом, содержащим большое число различных устройств и блоков, трудно отделить в ней техническую часть, необходимую для организации работы человека и всегда присутствующую независимо от типа объекта управления (ОУ). В общем случае при решении любой задачи с помощью БТС нельзя обойтись без блока измерительных преобразователей ( $БИП_{\text{чп}}$ ), подключённого к объекту управления, системы отображения информации ( $СОИ_{\text{чп}}$ ) для представления человеку-оператору информации о состоянии ОУ, блока управления ( $БУ_{\text{чп}}$ ) состоянием этого объекта, включающего пульт управления ( $ПУ_{\text{чп}}$ ) и генераторы воздействий ( $ГВ_{\text{бу}}$ ), а также без системы обработки информации и формирования команд ( $СОИФК$ ).

Все такие блоки представлены на рис. 1 для варианта БТС, в котором в качестве объекта управления выступает ЧП. Подстрочные индексы при обозначениях разных блоков для ЧП и ЧО отражают связь этих блоков с конкретным положением человека в БТС.

Перечисленные узлы должны быть в определённой степени универсальными, т.е. присутствовать в различных биотехнических системах, хотя их конкретное содержание может изменяться. Выделенные блоки вместе и образуют техническую часть БТС ( $ТЧ_{\text{БТС}}$ ). Для того чтобы вся биотехническая система в целом смогла эффективно выполнять своё назначение, каждый из входящих в  $ТЧ_{\text{БТС}}$  блоков должен результативно выполнять вполне определённые функции.

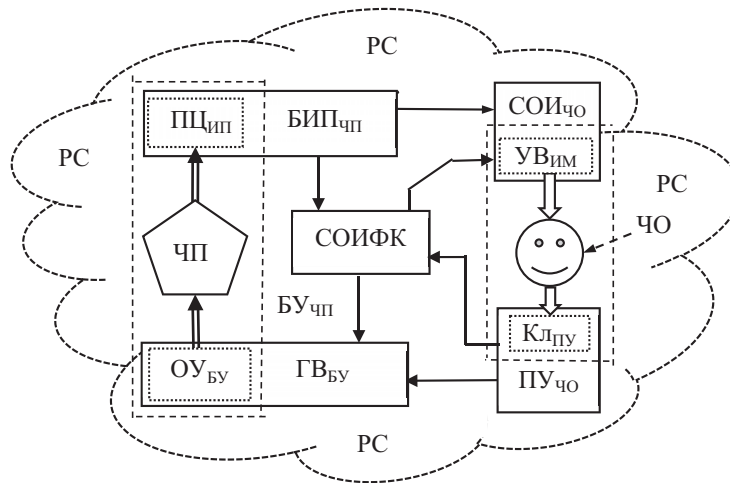


Рис. 1. Техническая часть БТС

На рисунке 1, кроме этих узлов, которые необходимы для выполнения главной её задачи, предусмотрены блоки, связанные с непосредственным подключением к человеку технических устройств, причём для разных положений человека преобразования, выполняемые этими блоками, различаются.

Два отмеченных узла: оконечные устройства блока управления (ОУ<sub>БУ</sub>) и первичные цепи измерительных преобразователей (ПЦ<sub>ИП</sub>) необходимы для подключения к человеку-пациенту средств оценки и управления его состоянием. Они отражены на рис. 1 в пунктирных прямоугольниках, которые расположены внутри соответствующих блоков БИП<sub>ЧП</sub> и БУ<sub>ЧП</sub>.

Два других два узла: устройство воспроизведения в составе СОИ(УВ<sub>СОИ</sub>) и клавиатура пульта управления (КЛ<sub>ПУ</sub>) охватывают ЧО для обеспечения его работы; они отражены в пунктирных прямоугольниках в блоках УВ<sub>СОИ</sub> и ПУ<sub>ЧО</sub>.

Без отмеченных технических узлов включить человека в структуру БТС невозможно, а при разработке таких узлов должна учитываться характеристики сенсорных и эффекторных модальностей человека, используемых для выполнения им работы. Эти узлы и входят в состав каналов связи человека и технических узлов [ ]; эти каналы на рис.1 обведены пунктирными линиями с широкими штрихами.

Широкие стрелки в этих каналах подчёркивают, что преобразования, происходящие внутри их различны.

### Структура информационных преобразований, выполняемых в технической части БТС

Легко убедиться в том, что все преобразования, выполняемые в ТЧ<sub>БТС</sub>, связаны с преобразованиями осведомительной или командной информации кроме этапа формирования управляющих воздействий. В качестве таких воздействий можно включать физические и другие факторы, позволяющие управлять состоянием объекта управления; но и здесь известны методы информационного воздействия, которые приводят к изменению состояния ЧП [ ]. Условная запись всех преобразований в цепи «ЧП ↔ ЧО» приведена на рис. 2.

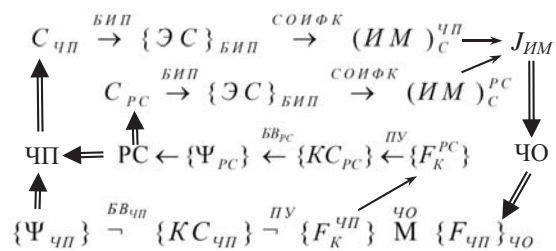


Рис. 2. Условная запись преобразований в цепи ЧП ↔ ЧО

Состояние человека-пациента  $C_{ЧП}$  передаёт совокупность электрических сигналов  $\{ЭС\}_{БИП}$  измерительных преобразователей, включённых в состав БИП. После их обработки в СОИФК формируется информационная модель  $(ИМ)_{С}^{ЧП}$  этого состояния в виде множества показателей, которые с помощью системы отображения информации



СОИ представляется на устройстве воспроизведения  $УВ_{им}$  в виде визуального изображения ( $J_{им}$ ). По этим изображениям ЧО формирует множество суждений  $\{F_{чп}\}_{чО}$  (концептуальных моделей [ ] ) о состоянии ЧП. Такие оценки в значительной степени зависят от подготовки ЧО к принятию решений, поэтому в обозначение введены два дополнительных идентификатора. Принимаемые суждения содержат и знания о выбранных командах для блоков воздействия.

Свои решения в виде командных сигналов  $\{КС\}_{пу}$  ЧО через устройство ввода команд  $ВК_{пу}$  (чаще всего это клавиатура, рассчитанная на его *моторную деятельность* человека) пульта управления ПУ должен передать в блоки управления состоянием ЧП. У ЧО есть два способа управления состоянием ЧП: непосредственное управление (команды  $\{F_K^{чп}\}$ ) и управление через изменение параметров рабочей средой (команды  $\{F_K^{рс}\}$ ). Командные сигналы  $\{КС_{чп}\}$  и  $\{КС_{рс}\}$  передаются через пульт управления состоянием человека-пациента ПУ в блоки воздействия  $БВ_{чп}$  и  $БВ_{рс}$ . Управляющие воздействия  $\psi_{чп}$  и  $\psi_{рс}$  изменяют состояние ЧП в нужном направлении. В записи на рис. 2 стрелками обозначено направление развития процесса, причём тонкие стрелки определяют технические этапы преобразований, а широкие – преобразования, связанные непосредственно с ЧП и ЧО.

На рис. 2 представлена вся последовательность преобразований от оценки текущего состояния человека-пациента  $S_{чп}$  до подведения воздействий  $\{\psi\}_{чп}$ , создаваемых на основании принятых человеком-оператором решений, и отражены два пути подведения воздействий к ОУ: с помощью прямого воздействия на ЧП – поток воздействий  $\{\psi_{чп}\}$  и воздействия на него через изменения параметров рабочей среды – поток воздействий  $\{\psi_{рс}\}$ , поэтому:

$$\{\psi\}_{чп} = \{\psi_{чп}\} + \{\psi_{рс}\}. \quad (1)$$

Анализ состояния и непосредственное управление состоянием ОУ самим человеком-оператором возможно только в очень частных задачах, а включить человека в структуру БТС в любом его положениях (так в качестве ЧО, так и как ЧП) напрямую тоже невозможно. Качественный характер и низкая точность дифференцирования человеком различных свойств внешних по отношению к нему объектов, ограниченность модальностей физических носителей ин-

формации, на которые может реагировать человек, затруднения при объективном учёте влияний **рабочей среды** (РС) на состояние управляемого объекта и ряд других факторов определяют низкий уровень организации непосредственного управления. Здесь в понятие «рабочая среда» включается всё внешнее окружение БТС, которое может повлиять на её работу.

### Каналы связи человека с техническими средствами

Работа ЧО представляется наиболее затратной по отношению к использованию ресурсов организма человека, так как он несёт 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 взаимодействия человека с ТК. От этого зависит ясное понимание человеком в реальном времени поставленной перед ним задачи, состояния объекта управления и рабочей среды, в которой он работает, ясное представление о собственном состоянии здоровья. От этих знаний в конечном счёте зависит успешность решения всей задачи в полном объёме.

На рис. 1 приведены только обязательные технические блоки БТС, а блоки  $УВ_{чО}$ ,  $П_{чО}$  и  $ПЦ_{ОУ}$ ,  $ОУ_{ГВ}$  позволяют частично реализовать проблему сочетания положительных качеств биологических и технических элементов при компенсации их недостатков, если при их проектировании учитываются свойства входящих в них разнородных элементов. Кроме этого, очень часто принимаемые решения зависят от состояния окружающей (рабочей РС) среды, поэтому и параметры среды целесообразно отображать на  $УОИ_{чО}$ , для чего необходимо также предусматривать специальные технические средства.

В литературе имеется большое количество изданий, посвящённых сравнению возможностей человека и современных технических средств (см., например, [2], [7], и др.). Во всех этих изданиях подчёркивается мысль о том, что человек имеет существенные преимущества перед техническими системами, которые не позволяют исключить его из процесса управления. Но и технические средства за счёт скорости, точности и качества выполнения многочисленных операций превосходят человека. Вот здесь и

возникает проблема в сочетании положительных качествах этих подсистем.

Отмеченные каналы связи не исчерпывают все необходимые узлы, которые требуется учитывать при оценке эффективности биотехнической системы, поэтому на рис. 3 представлена развёрнутая структура БТС. “Стержнем”, системообразующим фактором любой биотехнической системы исследований или управления является взаимодействующая пара элементов “ $ЧО \overset{PC}{\rightleftharpoons} ЧП$ ”, в этой записи отражён факт, что такой контакт осуществляется через рабочую среду. В развёрнутой структуре сохранены естественные связи, не соединённые с техническими узлами, и показаны новые связи и технические блоки, позволяющие повысить эффективность системы в целом.

Чтобы разобраться в структуре БТС, целесообразно выделить в этой структуре две ветки, разделяемые линией (линия АВ на рис. 3), одна из которых (верхняя) связана с получением и обработкой информации о характеристиках ЧП, а другая (нижняя) – с разработкой решений по управлению состоянием ЧП и осуществления этого управления. Целесообразно также отдельно выделить связи между техническими блоками БТС (тонкие стрелки на рис. 3) и связи этих блоков с ЧП и ЧО (широкие стрелки на рис. 3).

Для получения измерительной информации необходим переход от качественной оценки свойств ЧП к количественной характеристике его параметров, к объективизации процесса постановки диагноза. Для этого в верхней части БТС предусматриваются технические средства оценки состояния (ТСОС), которые обрабатывают сигнала

лы с блока измерительных преобразователей (БИП), подключённых к ЧП через первичные цепи преобразователей (ПЦ<sub>ЧП</sub>). Диагностическая информация уже может быть представлена в виде множества цифровых показателей и записей процессов, на основании анализа которых базируется заключение ЧО о состоянии ЧП.

Далее существует две возможности: первая связана с оценкой, которую делает ЧО, для чего вся информация после обработки в ТСОС представляется на устройствах воспроизведения УВ<sup>1</sup><sub>ЧО</sub>, а вторая связана с её передачей в технические средства программной обработки информации и формирования команд СОИФК. Разработка автоматизированных информационных систем освобождает ЧО от рутинной работы по обработке информации, а в ряде случаев позволяет решать задачи распознавания образов с целью поиска информативных признаков, классификации, прогнозирования по заранее составленным программам обработки. Такие системы могут формировать решения по воздействию на ЧП даже независимо от человека, хотя и под его контролем.

Одной из тенденций применения вычислительной техники при анализе осведомительной количественной информации является *интерактивный* режим обработки; в этом режиме человек сам формирует программу обработки в реальном масштабе времени [ ]. Для управления СОИФК со стороны ЧО в системе предусматривается дополнительный канал связи КС<sup>2</sup><sub>ЧО</sub>, включающий устройство воспроизведения УВ<sup>2</sup><sub>ЧО</sub> и клавиатура КЛ<sup>2</sup><sub>ЧО</sub> (например, экран монитора и клавиатура компьютера).

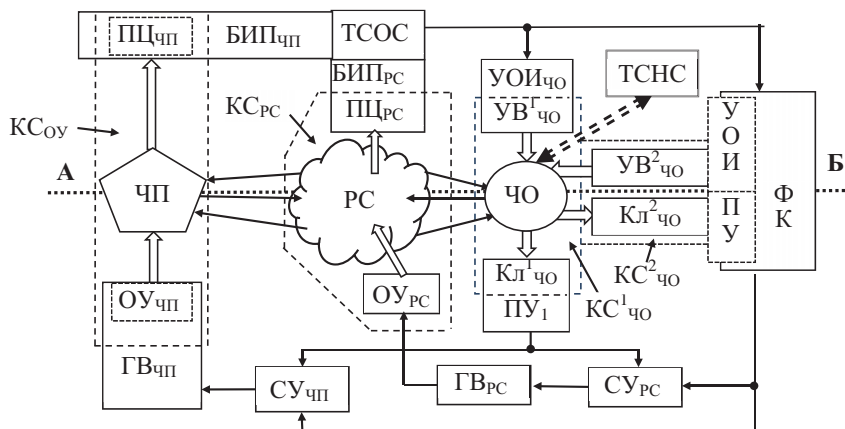


Рис. 3. Каналы взаимодействия в БТС

Инструментальные средства управляемых воздействий включены во вторую часть структуры БТС, в которую введены технические средства непосредственного управления состоянием ЧП (средства управления – СУ<sub>чп</sub>), и средства *опосредованного управления его состоянием* через управление параметрами рабочей среды (СУ<sub>рс</sub>) путём изменения её характеристик. Часто такие системы должны не только оценивать параметры среды (первичные цепи ПЦ<sub>рс</sub> измерительных преобразователей) в замкнутых объёмах пребывания ЧП, но и содержать технические средства изменения этих параметров (генераторы воздействий ГР<sub>рс</sub>) в соответствии с применяемой технологией управления. Первая часть этих средств – СУ<sub>чп</sub> – использует физические или информационные методы воздействия на ЧП через генератор воздействия ГВ<sub>оп</sub>. Вторая их часть – СУ<sub>рс</sub> – изменяет физические параметры РС (например, температуру, влажность, давление, кислородосодержащие и т. п.) через генератор ГР<sub>рс</sub>. Параметры РС поступают на ТСОС, а затем могут быть представлены вместе с другими характеристиками на УВ<sup>1</sup><sub>чо</sub> для информирования человека-оператора или быть переданными в СОИФК, где производится их обработка и учёт при принятии решений.

Таким образом, в структуре БТС в общем случае предусматриваются *четыре канала связи*, охватывающие ОУ, ЧО (два канала) и РС (рис. 4), через которую также можно управлять состоянием ЧП. Все отмеченные каналы обеспечивают оптимальное включение этих элементов в БТС и служат для выполнения всех функций по управлению всей системой.

Сложность систем, для которых невозможно заранее составить жёсткую программу управления, предугадать весь ход экспе-

римента, работа в условиях, когда могут возникнуть непредвиденные ситуации, требующие быстрой смены программы работы, затрудняют работу ЧО. В таких условиях он уже становится звеном, ограничивающим надёжность функционирования всей системы в целом, поэтому человек сам становится элементом, состояние которого контролируется и управляется с помощью специальных **технических средств нормализации состояния** (ТСНС<sub>чо</sub>) [ ]. На рис. 2 этот канал подключён к ЧО (широкая пунктирная стрелка на рис. 2), но не раскрыт полностью; он содержит измерительные преобразователи и средства воздействия для оценки и для поддержания рабочего состояния человека-оператора такого же типа, как и рассмотренные выше, но значительно более простые, так как детальная диагностика состояния ЧО в этом случае не предусматривается.

Отмеченные каналы не выполняют никаких других функций, кроме согласования языков общения технических узлов с объектами другой, биологической природы и обеспечивают целостность всей системы. В этом состоит основное отличие структур биотехнических систем от чисто технических.

В положении ЧП (рис. 4, а) для управления его состоянием используются воздействия различной физической природы [ ], при этом оконечные устройства ГВ<sub>чп</sub> – ОУ<sub>чп</sub> – должны быть приспособлены к типу воздействия. Ответом на такое воздействие может быть два: один из них – это совокупность показателей состояния ЧП, регистрируемых с помощью БИП, второй выражается в параметрах поведения человека в ответ на воздействие, которые также легко зафиксировать с помощью специальных датчиков.

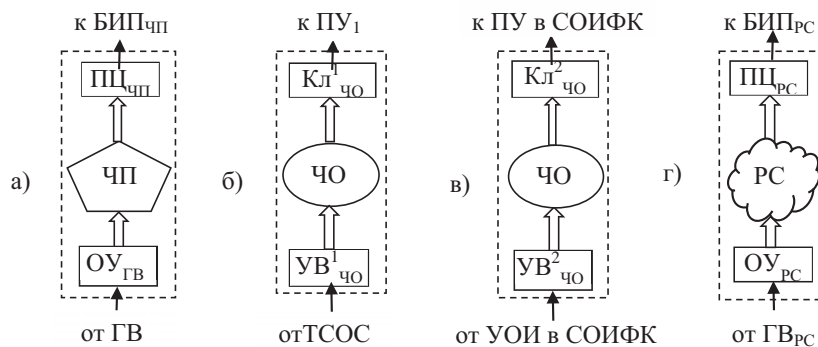


Рис. 4. Каналы связи для включения человека и рабочей среды в БТС

Человек-оператор в БТС (рис. 4, б) в основном занят информационной работой: анализирует поступающую через  $УВ_{\text{ЧО}}$  информацию, и на основании этого принимает решения, которые дальше передаёт в виде командных сигналов через пульт управления  $ПУ_{\text{ЧО}}$  в ГВ. У него есть возможность и другого способа управления состоянием ЧП – через блок СОИФК, используя  $УВ^2_{\text{ЧО}}$  и  $Кл^2_{\text{ЧО}}$ , входящие в состав этого блока. Кроме того, в структуре БТС присутствует ещё возможность управления состоянием ЧП через РС (рис. 4, г). Этот канал включает генератор воздействия  $ГВ_{\text{РС}}$ , параметры воздействия задаёт ЧО через пульт  $ПУ^1_{\text{ЧО}}$ , к которому подключается и генератор  $ГВ_{\text{ЧП}}$ .

### Заключение

Рассмотренные каналы связи обеспечивают подключение к человеку технических узлов разного назначения. Вместе с ним эти узлы и формируют биотехнические системы. Такие каналы сами выступают как биотехнические блоки, так как при их разработке необходимо учитывать свойства и характеристики человека и сочетаемых с ним

технических элементов, Структура каналов связи разного назначения универсальна и может быть разработана независимо от назначения и функций той БТС, в которую они входят в качестве её подсистем.

### Список литературы

1. Попечителей Е.П. Человек в биотехнической системе: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2006. – 160 с.
2. Падерно П.И., Попечителей Е.П. Надёжность и эргономика биотехнических систем / под общей редакцией проф. Е.П. Попечителя. – СПб.: ООО “Техномедиа”, Изд-во “Элмор”, 2007. – 264 с.
3. Основы инженерной психологии: учебник для студентов ВУЗов / под ред. Б.А. Душкова. – Екатеринбург: Академический Проект, 2002.
4. Попечителей Е.П. Проблемы синтеза биотехнических систем // Медтехника. – 2013. – №2 (278). – С. 1-6.
5. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Биотехнические системы медицинского назначения. – Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2014. – 685 с.
6. Попечителей Е.П. Каналы взаимодействия биологических и технических звеньев в биотехнических системах // Известия ЛЭТИ. – 1982. – Вып. 318. – С. 14-22.
7. Попечителей Е.П. Системный анализ медико-биологических исследований. – Старый Оскол: ТНТ, 2014.
8. Попечителей Е.П. Технологии обучения и оценки уровня готовности к совместной работе малых групп операторов // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. – 2009. – Т. 15. – С. 3-8.