УДК 81.95; 37:004:316.772.5

Попечителев Евгений Парфирович
доктор технических наук, профессор, кафедра биотехнических систем
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
г. Санкт-Петербург, Россия
ORCID ID 0000-0003-4141-8393
eugeny_p@mail.ru

Буров Александр Юрьевич
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
Институт информационных технологий и средств обучения НАПН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0003-0733-1120
ayb@iitlt.gov.ua

СИНТЕТИЧЕСКАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СРЕДА: ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы трансформации обучения при переходе от привычной материально-объектной среды к обучению в цифровой синтетической среде. Обращается внимание на то, что сегодня учащиеся отдают предпочтение онлайн и смешанному обучению, в которых взаимодействие человека с техническими средствами обучения не только создает новые возможности, но и требует согласования их взаимодействия. Приводится краткая характеристика основных особенностей обучения с использованием новых технологических возможностей с выделением таких его аспектов как виртуальная и дополненная реальность, а также использование игро-ориентированных технологий с акцентом на рефлексивных играх. Проведен анализ изменений свойств новой обучающей среды с позиций биотехтоники, развивающей принципы согласования возможностей человека с техническими системами (учета человеческого фактора) в условиях цифровой обучающей среды, в которой человек переносится в новое интерактивное пространство с помощью устройств, отражающих сигналы в его сенсорных органах и устройствах, воспринимающих различные действия. Предложены варианты технологий обучения на новых принципах, позволяющих повысить качество усвоения учебного материала. Отмечается, что основой создания сложных синтетических учебных сред являются биотехнические системы, в которых предусмотрены разнообразные средства управления содержанием изображений для моделей этих сред как со стороны исследователя, так и со стороны обучающегося человека. Предлагается расширить понятие «биотехническая система» включением в неё так называемых «биотехнических технологий», что становится особенно актуальным в цифровом мире. Отличие этого типа технологий заключается в том, что среди технологических операций, включаемых в них, большое значение должно уделяться операциям, которые связаны с обеспечением безопасности работы и созданию оптимальных условий жизни-и трудовой деятельности человека. При этом человек взаимодействует главным образом с информационными технологиями, с информацией и знаниями, воздействующими на него, а не с материальными предметами, и в процессе управления, и в процессе изучения внешнего мира с целью его эффективного использования.

Ключевые слова: синтетическая обучающая среда; эргономика; биотехническая система; принципы согласования характеристик человека и техники; биотехтоника; технологии обучения.

1. ВВЕДЕНИЕ

В течение последнего столетия психологи и исследователи в сфере образования разработали много теорий и концепций для объяснения того, как люди учатся, как приобретают, организуют и усваивают знания и умения, прежде всего, в школьные годы [1]. С возникновением и распространением информационно-коммуникационных

© Е. П. Попечителев, А. Ю. Буров, 2018.

технологий (ИКТ), их развитием и проникновением во все сферы деятельности человека появилась потребность и возможности их использования в образовании. Необходимость в широком внедрении инноваций в обучении на всех этапах и уровнях жизни вызваны развитием новых технологий и переходом человечества к информационному обществу. Такая тенденция меняет приоритеты общества, связанные:

– с развитием человеческого капитала, учитывающим специфические условия его функционирования в информационной среде и внедрением новых форм и средств обучения на протяжении всей жизни [2];

– ростом требований к когнитивным возможностям человека, когда характер умственной деятельности приобретает все больше черт операторского труда [3];

– возможностью создания адаптивных эргатехнических систем и переходом к автоматизации всего процесса обучения с учетом функциональных возможностей человека [4];

– созданием эффективных биотехнических систем [5], в том числе в киберпространстве, и, соответственно, обеспечение их безопасности [6].

При этом теоретически и экспериментально доказано, что оптимальное (человеко-ориентированное) проектирование систем [7] создает предпосылки для эффективной деятельности и ее контроля даже в сложных условиях [8], особенно при возрастании скорости и объемов этой деятельности [9].

Постановка проблемы. Названные выше тенденции меняют требования к обучению и переподготовке, умению и готовности перехода к овладению новыми профессиями, которые еще не существовали при начальном выборе [10]. При этом постоянно возрастает использование обучения в синтетической или совмещенной (искусственной и естественной) среде, где моделирование и симуляция позволяют обучающемуся исследовать объекты и явления, недоступные (в общем случае) в обычном учебном заведении. Такой подход позволяет ученику легче усвоить сложные понятия и быстрее применить их к решению практических задач.

В обучении все большее распространение получают игровые технологии [11, 12]. В результате этого процесса возникает необходимость в новых методиках моделирования для описания поведения субъектов учебно-воспитательного процесса. Такие методики возникают благодаря ИКТ не «в классе», а в цифровой синтетической среде [13], где происходит интеграция участников учебного процесса. При этом возрастает необходимость учета различных аспектов взаимодействия техники/технологий и человека, безопасности жизнедеятельности последнего, которые не ограничиваются проблемами физической безопасности, а требуют учета человеческого фактора в широком смысле на различных этапах жизни [3].

Поскольку тенденция использования синтетической искусственной среды (СИС) в образовании является достаточно новой, ее преимущества, недостатки и последствия остаются непредсказуемыми до сих пор. Проблемой создания и использования среды в учебном процессе занимались, прежде всего, исследователи в области эмерджентных технологий, космической и военной сфер [14]. Большое внимание уделялось сбалансированию технологий, стоимости создаваемой среды, доверия к ней и измерению/оценке её эффективности, а также анализу возможностей СИС для обучения в целом и в системах моделирования обучения как такового [15]. Однако подобные изменения средств и структуры среды обучения меняют учебную нагрузку на ученика/студента и актуализируют проблему учета психологической и психофизиологической «цены» подобной учебной деятельности [16].

Как показывают результаты последних исследований [17], онлайн обучение является сегодня предпочтительной формой (на это указали 89% опрошенных), но

смешанная форма вызывает ещё больший интерес (93%). Появление новых средств обучения порождает в цифровом образовании (eLearning) новые тенденции, которые расширяют круг задач эргономики/человеческого фактора, сформулированные всего несколько лет назад [18, 19]. Особенно следует отметить рост интереса к применению средств виртуальной (ВР) и дополненной (ДР) реальности в образовании. Однако эти новые технологии порождают и новые проблемы: ухудшение взаимодействия обучающихся; появление зависимости от смешанной реальности; аппаратные и программные недостатки; большие затраты (на сегодняшний день); ограниченный контент. К тому же следует учитывать, что по психофизиологическим причинам использование этих технологий рекомендуется для детей не младше 12 лет.

Цель работы – анализ особенностей и построение модели взаимодействия человека и технических средств в синтетической обучающей среде.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Синтетическая обучающая среда (СиОС) в значительно большей мере требует внимания специалистов по эргономике и человеческому фактору, чем традиционные подходы, т. к. здесь в явном виде объединяются человек, технические средства и среда обучения в их взаимодействии. Деятельность человека (как учителя, так и обучаемого) приобретает все больше черты операторского труда. Для операторов, включённых в систему управления производственным процессом, разработаны методология и метод оценки уровня их подготовки. Системная методология известна и для медико-биологических исследований [20], разработаны методы обучения и прогнозирования работоспособности оператора [21, 22] (по крайней мере, для операторов-технологов, диспетчеров и манипуляторов). Однако для группы операторов-исследователей, к которым могут быть отнесены учащиеся (в соответствии с принятой в эргономике классификацией видов операторского труда), многие вопросы проектирования и анализа требуют учета деятельности человека в среде, которая может быть одновременно охарактеризована и как техническая, и как технологическая с акцентом на использование информационных технологий. Целесообразно остановиться на главных аспектах указанной проблемы – особенностях СиОС, игровых технологиях обучения в ней и проблемах согласования человека с техническими системами в такой обучающей среде.

2.1. Синтетическая искусственная обучающая среда

Как указывают авторы статьи [17], известные данные свидетельствуют о тенденции к обогащению возможностей обучения путем переноса учебно-развивающей деятельности в синтетическую среду, где содержание обучения смещается в сторону самообучения и проектно-ориентированной деятельности. При этом Дж. Кенон-Боуерс и К. Боуерс (Janis A. Cannon-Bowers and Clint A. Bowers) отмечают в [23], что: «синтетическая среда является реконструированной многофункциональной системой со смесью реальных и компьютерных синтезированных (моделируемых) объектов под управлением компьютера, обеспечивающего взаимодействие между комбинациями реальных и синтезированных объектов». СиОС состоит из цифрового и аналогового представления физической среды с заданной точностью и сложностью; она масштабируется до любого размера и степени сложности. При этом «субъект учебного процесса фактически функционирует как оператор-исследователь, используя для достижения конечной цели (приобретение знаний, умений, компетенций) вспомогательные промежуточные средства (технические, информационные,

организационные и т. д.)» [16]. Кроме того, следует учитывать, что в СИС «человек-оператор переносится в новую интерактивную среду с помощью устройств, отражающих сигналы в сенсорных органах человека и устройствах, воспринимающих различные действия оператора». Следовательно, целесообразно при её создании использовать следующие принципы проектирования мультимедийной учебной среды: согласованности, сигнализации, пространственной смежности и временной суггестии.

С понятием СиОС связано понятие иммерсивной и виртуальной среды. Учебная среда, по мнению С.Ф. Сергеева [24], в содержательном плане возникает всегда как «динамический процесс формирования сети отношений у субъекта обучения, к которому избирательно привлекаются самые разнообразные элементы внешнего и/или внутреннего окружения с целью обеспечения аутопоэзиса организма, стабильности личности и непрерывности ее истории» [25].

Основными свойствам *иммерсивной учебной среды* являются: избыточность; возможность наблюдения; доступность когнитивному опыту; насыщенность; пластичность; позосубьектная пространственная локализация; автономность существования; возможность синхронизации; векторность; целостность; мотивогенность; присутствие и интерактивность.

Виртуальная учебная среда и дополненная реальность. Согласно докладу компании Digi Capital (https://medium.com/swlh/what-is-better-ar-or-vr-mixed-reality-for-education-699005226e81), к 2023 году будет выпущено примерно 3,5 млрд. устройств ДР и это превратится в отрасль с доходом до 90 млрд. долларов. ВР, возможно, будет развиваться медленнее – до 60 миллионов устройств и 15 млрд. долларов дохода в этот же период времени. Естественно, что крупные компании из сферы HiTech уже предпринимают меры по расширению своих услуг, например, Snapchat и Facebook недавно представили расширенные функции ДР и ВР как для развлечения, так и для обучения. Перспективность использования ДР и ВР в образовании учитывается и на уровне государственных программ. Так, США провели 2-летний конкурс на лучшую разработку ДР для медицины; более 170 компаний и институтов Китая с целью ускорения разработок ДР/ВР объединились в Альянс индустрии виртуальной реальности; министерство образования Франции ввело ДР в учебные программы средней школы; в ОАЕ 17 школ присоединились к пилотному проекту по включению ВР в учебные программы.

Прогресс в этой области охватит в ближайшее время, по-видимому, большинство стран. Однако важно понимать разницу в ДР и ВР для оптимизации введения таких инновационных технологий в учебный процесс. Авторы «Дорожной карты Метавселенной» предлагают такую интерпретацию связи познания мира и средств ДР/ВР в СИС [25]. Мы считаем целесообразным дополнить схему результирующим продуктом со стороны моделирования как «Новые возможности познания» (в оригинале авторы [26] не рассматривали результат СИС в этом направлении).

Распространенность термина «синтетическая учебная среда» (СУС) в англоязычной литературе (Synthetic Learning Environment) связана с появлением и быстрым развитием электронных средств обучения. При этом появляются новые возможности для образования и развития новых форм социализации человека, различных подходов к пониманию «синтетичности» учебной среды, места и «присутствия» субъектов учебной среды в учебном процессе. Приобретаемый учащимся «синтетический опыт» имеет уникальный потенциал для взаимодействия со структурами ума и приобретает функции своеобразного экзоскелета мышления [27].

Рис.1. Представление мира в синтетической среде ([26])

Новые технико-технологические решения для создания СУС требуют развития педагогических систем и их методологических основ. По мнению автора, основные педагогические элементы в СУС должны включать: предоставление достаточной справочной информации/ресурсов, встроенных в симуляцию, подготовку учебных настроек, диагностические взаимодействия, сотрудничество, динамическую и контекстно-сензитивную помощь, рефлексивные стратегии, контролируемый студентом опыт.

Возможности методик активного обучения и СУС имеют определенный параллелизм, но со своей спецификой.

2.2. Игро-ориентированные технологии обучения и моделирование

Как известно, в большинстве случаев (при нормальных условиях развития) дети начинают познавать мир в игровой форме. Игра как частная и упрощенная модель мира позволяет моделировать на доступном ребенку уровне ситуации из будущей жизни. Расширение возможностей использования ИКТ, их доступность для различных слоев населения и возрастных групп, общий рост компьютерной грамотности, а также развитие медийных и интеллектуальных средств доступа человека к интернету существенно расширяют игровой потенциал познания мира, а также возможности развития человека в возрастном и когнитивном аспектах. Игра (особенно в цифровом виде) становится важным элементом педагогики для образования в двадцать первом веке. Благодаря использованию моделей игро-ориентированного обучения будущие работники (прежде всего, в сфере индустрии знаний) готовятся к быстрому реагированию на изменения техники и технологий, смены профессии и росту карьеры. Успех сложных видеоигр демонстрирует, что игры могут способствовать развитию стратегического мышления, интерпретационного анализа, способности к решению проблем, формулирования и выполнения плана, а также адаптации к быстрым изменениям.

Перспективной формой организации объективных тестовых методик для оценки возможностей и готовности учащегося может служить компьютерная игра, построенная на принципе рефлексии, т. е. с предоставлением возможности управления со стороны испытуемого предметом деятельности на основе приобретаемого опыта и

воображения без непосредственных информационных контактов с самим предметом. Рефлексивное управление способствует уравновешиванию сенсорных потоков, воздействующих на человека и вызывающих ответные реакции, и способствуют непрерывному гармоническому саморазвитию здорового человека.

Системы, использующие различные информационные тестовые воздействия, реакция на которые со стороны испытуемого дает информацию об изучаемых свойствах его личности, относятся к классу биотехнических измерительно-вычислительных систем с тестовыми воздействиями (БТИВС ТВ) [5, 28]. При построении таких БТИВС ТВ необходимо решить три задачи:

– подбор теста, с помощью которого осуществляется управляемое информационное воздействие на испытуемого;

– выбор “руководящего принципа”, в соответствии с которым испытуемый принимает то или иное решение по изменению содержания тестового объекта;

– реализация “тестовой реакции” на воздействие – ответной реакции испытуемого на предъявляемый тест, позволяющей ему выполнить выбранное решение.

Выбор модальности теста обычно осуществляется с учетом изучаемого личностного свойства и возраста испытуемого, владения им навыками работы с тестами, условиями деятельности и другими факторами. Для реализации тестового действия со стороны испытуемого в ответ на воздействие обычно используются простейшие реакции двигательного характера, которые широко используются в повседневной жизни. Точный подбор всех трех характеристик тестовой методики гарантирует воспроизводимость, надежность и достоверность результатов тестирования.

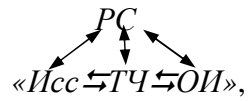
Наиболее простые тестовые исследования основаны на сенсомоторных реакциях (СМР) человека. В качестве тестовых стимулов обычно используют хорошо зарекомендовавшие себя на практике стимулы трех сенсорных модальностей: зрительные, слуховые и тактильные, т. е. те модальности, которые используются в представлении оперативного образа реальной ситуации. Однако в СУС возможности сенсорного воздействия расширяются за счет использования электрофизиологических сигналов для ввода ответа (например, с использованием ДР). При этом фиксируемые показатели дополняют оценку ситуации, характеризуя ее с разных сторон. Дополнительные возможности такого тестирования появляются, если воспользоваться физиологически обоснованными воздействиями для стимуляции этих реакций, особенно на этапах обучения и подготовки к профессии. Но введение таких средств обратной связи требуют учета психофизиологических особенностей учащихся разных возрастных групп, с учетом особенностей их сенситивно чувствительного возраста.

2.3. Особенности биотехтоники синтетической обучающей среды

Из сказанного выше следует, что современные средства познания – обучение, развитие, игры, воспитание – все больше перемещаются из взаимодействия «человек - человек» к взаимодействию в системе «человек – техника - среда», в которой смысл понятия биотехнической системы (БТС) нуждается в расширении. Предложенный В. М. Ахутиным термин «БТС» характеризовал этот класс систем как «*совокупность биологических и технических элементов, объединенных в функциональную единую систему целенаправленного поведения*» [3]. Главным биологическим элементом её считается человек, основной функцией которого предусматривалось управление технической системой, которая должна была выполнять определенные задачи с внешними по отношению к БТС объектами познавательного интереса человека.

С учетом результатов анализа тенденций к расширению понятия БТС, была предложена трактовка нового направления в области научных исследований и образования – «*биотехтоника*», объединяющего все исследования в виде единой научной концепции, имеющей фундаментальный характер, – «*объединение живого с неживым (искусственным) объектом*» [28]. При этом следует учитывать, что сегодня человек живет в информационную (ее часто называют цифровой) эпоху, когда окружающий мир представлен не столько техническими (имеющими пространственную локализацию) средствами, сколько технологическими (в цифровом пространстве технология и среда деятельности все больше совпадают). Поэтому понятие «биотехническая система» может быть расширено до включения в неё так называемых «биотехнических технологий», что становится особенно актуальным в цифровом мире. Отличие этого типа технологий заключается в том, что среди технологических операций, включаемых в неё, большое значение должно уделяться операциям, которые связаны с обеспечением безопасности работы и созданию оптимальных условий жизне- и трудовой деятельности человека. При этом человек взаимодействует главным образом с информационными технологиями, с информацией и знаниями, воздействующими на него, а не с материальными предметами, и в процессе управления, и в процессе изучения внешнего мира с целью его эффективного использования.

Сам процесс познания можно представить в виде диалоговой системы, в которую введена техническая часть (ТЧ), создающая синтетическую учебную среду:



в которой человек-исследователь (Исс) при желании получить представления о свойствах объекта его интереса (ОИ) должен иметь определенные связи с этим объектом. Причём двойные разнонаправленные стрелки подчёркивают, что прямые связи от Исс и ОИ к ТЧ отличаются от обратных связей – от ТЧ к Исс и ОИ.

Все элементы в системе обмениваются своеобразными «запросами» и «ответами», которые могут реализовываться различными способами с помощью различных приемов, методов и технических средств. Такое взаимодействие может быть вещественным, энергетическим и чаще всего информационным, поэтому и связи должны быть приспособлены к передаче вещества, энергии или информации. Сама передача осуществляется через окружающую оба этих элемента среду, причем имеется в виду, что материально-объектная среда представлена частью, которая находится в ближнем окружении Исс и ОИ. Реальная среда (РС) включает среду непосредственно в месте взаимодействия и цифровую среду, являющуюся безграничной (точнее, ограниченной физической сетью, используемой для взаимодействия). Эта среда активна и оказывает влияние на оба биологических объекта, находящихся в состоянии диалога (как в момент непосредственного взаимодействия, так и отсроченного), но сами эти биообъекты также оказывают влияние на характеристики РС.

Объект интереса в реальной среде проявляет свою деятельность в различных физических формах, параметры которых содержат сведения о его характеристиках и свойствах. При этом необходимо отметить, что сам исследователь непосредственно реагирует только на такие сигналы, которые воспринимаются его сенсорными анализаторами. Наиболее часто используемыми для такого взаимодействия считаются: зрительный (ЗА), слуховой (СА) и тактильный (ТА) анализаторы. Ответные реакции Исс чаще всего проявляются в виде двигательных (моторных) движений. Эти

особенности человека необходимо учитывать и при создании СУС, чтобы его деятельность соответствовала обычной трудовой деятельности, что позволяет формировать у него рабочие навыки (рис. 2).

В приведенной на рис. 2 модель процесса взаимодействия исследователя (Исс) с обучающимся человеком ($Ч_{Об}$) отражает в нем место и роль технических устройств, включённых в техническую часть системы обучения (ТЧ). При непосредственном контакте Исс с $Ч_{Об}$, человек может подключить все свои сенсорные и эффекторные образования, чтобы получить представление о $Ч_{Об}$, но его возможности ограничены.

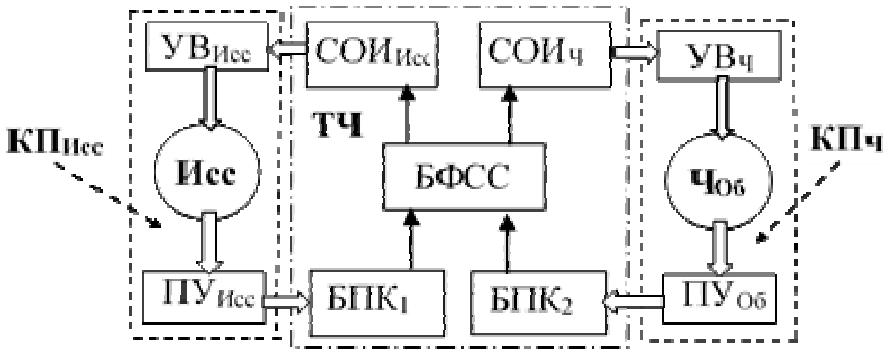


Рис. 2. Обобщённая биотехническая система с одним обучающимся $Ч_{(К)}$

Для расширения его представлений Исс вынужден создавать специальные технические средства, как при получении информации о свойствах $Ч_{Об}$, так и при воздействии на него. К таким блокам следует отнести систему отображения $СОИ_{Исс}$ с устройством воспроизведения $УВ_{ИСС}$, пульт управления $ПУ_{ИСС}$, блок формирования команд $БПК_1$. Учебную среду формирует блок её формирования БФСС; она представляется в виде изображения на $УВ_ч$, который в соответствии с программой обучения может изменять содержание этого изображения с помощью своего пульта управления $ПУ_ч$. Через блок $БПК_2$ $Ч_{Об}$ предоставляется возможность изменить содержание предстваленного изображения в соответстии с решаемой задачай. Для наблюдения своих действий при изучении его сюжета для $Ч_{Об}$ в состав ТЧ может быть включено второе устройство вопроизведения $УВ_ч$, на котором воспроизводится весь процесс его деятельности. БФСС может содержать запоминающие устройства, позволяющие оценить работу $Ч_{Об}$ после завершения исследований.

Основным блоком, от которого зависит вид изображения синтетической среды, способ анализа и изменения её визуального содержания, а также обработка параметров психофизиологического состояния $Ч_{Об}$, является блок формирования синтетической среды БФСС.

По сравнению с материально-объектным миром в цифровой обучающей среде взаимодействие Исс и $Ч_{Об}$ может осуществляться без непосредственных эффекторов человека, путем управления СП с помощью электрических сигналов мозга человека (ЭЭГ, ЭМГ) и соответствующих преобразователей. При этом возрастает информационная и эмоциональная составляющие деятельности человека, роль и возможности ее когнитивной части.

Средства диалога человека и техники сегодня значительно расширились, но принципы синтеза обучающих БТС остались теми же. Виртуальная и дополненная реальность расширяют возможности взаимодействия человека и технико-технологических средств обучения, но Исс по-прежнему формирует в своем сознании

только модель объекта познания (когнитивную модель деятельности), а сам субъект познания взаимодействует не с объектом познания, а с его моделью – изображением на экране $УВ_{ч}$, которую сам и строит на основании собственных представлений исходя из текущего уровня информированности. Расширение возможностей средств познания, создание новых средств, методов и технологий для изучения ОбИ способствует более глубокому его изучению, а такие процессы только улучшают качество модели, оставляя за ее пределами пока еще непознанное.

3. ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. В XXI в. образовательное пространство приобретает новые черты с усилением роли синтетической искусственной учебной среды.
2. Синтетическое учебная среда становится самостоятельным субъектом обучения благодаря расширению ее содержательного и дидактического потенциала, активного участия (предложения, предоставление возможностей выбора и полилога, «погружение», возможность адаптации учебного процесса под нужды и возможности ученика и т. д.) в формировании компетентностей обучающегося, а также возможности его социализации.
3. Основой создания сложных синтетических учебных сред являются биотехнические системы, в которых предусмотрены разнообразные средства управления содержанием изображений для моделей этих сред как со стороны исследователя, так и со стороны обучающегося человека.
4. Дальнейшие исследования рассмотренной проблемы целесообразно сосредоточить на решении вопросов развития научно-прикладного направления биотехтоники в нескольких направлениях: синтеза моделей среды, способов управления содержанием сюжетов и учета особенностей деятельности ученика в подобной обучающей среде разного содержания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] В. Ю. Биков, О. М. Спірін, О. П. Пінчук, «Загальна середня освіта як базова ланка в системі безперервної освіти», Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України), *збірник наукових праць*., Київ, Видавничий дім "Сам", с. 175-245, 2017.

[2] O. Burov, “Life-Long Learning: Individual Abilities versus Environment and Means”, In: *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Vol-1614, pp. 608-619, 2016.

[3] Е. П. Попечителев, *Человек в биотехнической системе*, Старый Оскол, Изд-во ТНТ, 585 с., 2016.

[4] L. J. M. Mulder A. Van Roon, H. Veldman, K. Laumann, O. Burov, L. Quispel, P.J. Hoogeboom, «How to use cardiovascular state changes in adaptive automation». In: Hockey, G.R.J., Gaillard, A.W.K., Burov, O. (Eds.), Operator Functional State. The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks. NATO Science Series. IOS Press, Amsterdam. Pp. 260–272, 2003.

[5] П. И. Падерно, Е. П. Попечителев, *Надежность и эргономика биотехнических систем*, СПб., ООО «Техномедиа, Изд-во «Элмор», 264 с., 2007.

[6] O. Ju. Burov, "Educational Networking: Human View to Cyber Defense", *Information Technologies and Learning Tools*, 52, 144-156, 2016.

[7] В. М. Мунипов, В. П. Зинченко, *Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды*. М., Логос, 356 с., 2001.

[8] G. Wilson, R. E. Schlegel, J. A. Veltman, O.Yu. Burov et al., "Operator functional state assessment". RTO-TR-HFM-104 AC/323 (HFM-104) TP/48 RTO technical report HFM. 2004.

[9] А. Ю. Буров, "Психофизиологическое обеспечение труда операторов", *Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте*. №6, с. 32-34, 1999.

[10] "The Global Human Capital Report 2017. (Preparing people for the future of work)" *World Economic*

Forum 2017, p.V. Access: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Human_Capital_Report_2017.pdf. Дата доступа: 27.11.2017.

[11] R. Blamire, "Digital Games for Learning. Conclusions and recommendations from the IMAGINE project". European Schoolnet, November 2010. [Online]. Available: www.imaginegames.eu

[12] Е. П. Попечителев, К. Н. Болсунов, Рефлексивные методики профессионального отбора малых групп операторов для биотехнических систем", СПб., Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», № 5, 2014, с. 58-64.

[13] E. Ayiter, "Synthetic Worlds, Synthetic Strategies: Attaining Creativity in the Metaverse", in *Metaplasticity in Virtual Worlds: Aesthetics and Semantic Concepts*, 2011. [Online]. Available: http://www.igi-global.com/chapter/synthetic-worlds-synthetic-strategies/50385.

[14] P. Blumschein, "Synthetic Learning Environment" in Encyclopedia of the Sciences of Learning. *Springer US,* pp. 3256-3257, 2012.

[15] "Synthetic Worlds: Emerging Technologies in Education and Economics". Eds. Andreas Hebbel-Seeger, Torsten Reiners, Dennis Schäffer. Integrated Series in Information Systems. Springer. Volume 33, 2014.

[16] О. П. Пінчук, С. Г. Литвинова, О. Ю. Буров, "Синтетичне навчальне середовище – крок до нової освіти", *Інформаційні технології та засоби навчання* , 2017, 4(60), 28-45. ISSN 2076-8184. Електронний ресурс: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1831>. Дата доступа: 26.04.2018.

[17] J. P. Cook, R. J. Palmer, "Learning to Integrate Digital Technologies and Pedagogical Innovations: An Exploratory Investigation". *Ubiquitous Learning: An International Journal*. 2018, V.10, Iss. 4. 25-37. DOI: 10.18848/1835-9795/CGP/v10i04/25-37.

[18] "eLearning Trends for 2018". [Online]. Available: https://www.docebo.com/resource/whitepaper-elearning-trends-2018/. Дата доступа: 05.06.2018.

[19] John R. Wilson, Pascale Carayon, "Systems ergonomics: Looking into the future", *Editorial for special issue on systems ergonomics/human factors*. Applied Ergonomics. Volume 45, Issue 1, Pages 3–4, January 2014.

[20] Е. П. Попечителев, *Системный анализ медико-биологических исследований*. 2014, Старый Оскол, Изд-во ТНТ, 420 с.

[21] А. Ю. Буров, "Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності", автореф. дис. д. т. н: 05.01.04/ Харк. нац. академ. міськ. госп-ва, Харків, 40 с., 2007.

[22] Е. П. Попечителев, *Методики тренировки малых групп операторов на основе принципов уравновешивания и рефлексивных компьютерных игр*. СПб., Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», № 1. 2016. с. 53-69.

[23] J. A. Cannon-Bowers. & C. A. Bowers, "Synthetic learning environments", in Handbook of research on educational communications and technology, J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merrienboer, & M. P. Driscoll (Eds.), (3rd ed.), *Mahwah: Lawrence Erlbaum*, pp. 317–327, 2007.

[24] С.Ф. Сергеев, "Эргономика иммерсивных сред", дис. д-ра наук, каф. эргоном. и инж. психолог. фак-т психолог. СПб гос. ун.-та, СПб, 2010.

[25] *Integrating Multi-User Virtual Environments in Modern Classrooms* (Ed.Qian, Yufeng). IGI Global, 2018, 342.

[26] John Smart, Jamais Cascio, and Jerry Paffendorf, «Metaverse Roadmap. Pathways to the 3D Web». https://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/wiki/images/1/19/MetaverseRoadmapOverview.pdf (06/06/2018). Дата доступа: 06.06.2018.

[27] Julieta Aguilera, "The synthetic experience as an exoskeleton of the mind", *Technoetic Arts*, Volume 9, Numbers 2-3, pp. 271-276(6), 2012.

[28] Е. П. Попечителев, "Биотехтоника – наука о синтезе биотехнических систем", *Научное обозрение. Технические науки*, РАЕ, №1, с. 106-111, 2016.

[29] Е. П. Попечителев, «Подключение к человеку технических средств в биотехнической системе» *Научное обозрение. Технические науки РАЕ*, №2, с. 63-70, 2016.

Матеріал надійшов до редакції 21.06.2018 р

СИНТЕТИЧНЕ НАВЧАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ

Попєчителев Євген Парфірович
доктор технічних наук, професор, кафедра біотехнічних систем
Санкт-Петербурзький державний електротехнічний університет «ЛЕТІ», м. Санкт-Петербург, Росія
ORCID ID 0000-0003-4141-8393
eugeny_p@mail.ru

Буров Олександр Юрійович
доктор технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0003-0733-1120
ayb@iitlt.gov.ua

Анотація. У статті розглянуті питання трансформації навчання під час переходу від звичного матеріально-об'єктного середовища до навчання в цифровому синтетичному середовищі. Звертається увага на те, що нині учні віддають перевагу онлайн і змішаному навчанню, у яких взаємодія людини з технічними засобами навчання не тільки створює нові можливості, а й вимагає узгодження їх взаємодії. Наводиться коротка характеристика основних особливостей навчання з використанням нових технологічних можливостей з виділенням таких його аспектів як віртуальна і доповнена реальність, а також використання ігро-орієнтованих технологій з акцентом на рефлексивних іграх. Проведено аналіз змін властивостей нового навчального середовища з позицій біотехтоніки, яка розвиває принципи узгодження можливостей людини з технічними системами (урахування людського чинника) в умовах цифрового навчального середовища, у якому людина переноситься в новий інтерактивний простір за допомогою пристроїв, що передають сигнали до її сенсорних органів, і пристроїв, що реалізують її різні дії. Запропоновано варіанти технологій навчання на нових принципах, які дозволяють підвищити якість засвоєння навчального матеріалу. Відзначається, що основою створення складних синтетичних навчальних середовищ є біотехнічні системи, в яких передбачені різноманітні засоби управління вмістом зображень для моделей цих середовищ як з боку дослідника, так і з боку того, хто навчається. Пропонується розширити поняття «біотехнічна система» включенням в неї так званих «біотехнічних технологій», що стає особливо актуальним в цифровому світі. Відмінність цього типу технологій полягає в тому, що серед технологічних операцій, що включаються в неї, велике значення має приділятися операціям, які пов'язані із забезпеченням безпеки роботи і створення оптимальних умов життє- і трудової діяльності людини. наразі людина взаємодіє в основному з інформаційними технологіями, з інформацією і знаннями, що впливають на неї, а не з матеріальними предметами, і в процесі управління, і в процесі вивчення зовнішнього світу з метою його ефективного використання.

Ключові слова: синтетичне навчальне середовище; ергономіка; біотехнічна система; принципи узгодження характеристик людини і техніки; біотехтоніка; технології навчання.

SYNTHETIC LEARNING ENVIRONMENT: DESIGN FEATURES

Evgeniy P. Popechitelev
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Biotechnical Systems
St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", Saint-Petersburg, Russia
ORCID ID 0000-0003-4141-8393
eugeny_p@mail.ru

Oleksandr Y. Burov
Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Information Technologies and Learning Tools, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0733-1120
ayb@iitlt.gov.ua

Abstract. The article discusses the transformation of teaching in the transition from traditional material-object environment to learning in a digital synthetic environment. Attention is paid to the fact that, to date, students prefer online and mixed learning, in which human interaction with technical training tools creates not only new opportunities, but also requires the coordination of their interaction. A brief description of the main features of training usage of new technological capabilities is given, with emphasis on such aspects as virtual and augmented reality, as well as the use of game-oriented technologies with an emphasis on reflexive games. The analysis of the changes in the properties of the new learning environment is given from the standpoint of biotechnology, developing the principles of harmonizing human capabilities with technical systems (accounting for the human factor) in a digital learning environment, in which a person is transferred to a new interactive space using devices that reflect signals in his/her sensory organs, and devices that perceive different actions. The variants of teaching technologies on new principles are offered, which allow improving the quality of mastering the educational material. It is noted that the basis for the creation of complex synthetic learning environments are biotechnical systems, which a variety of means for controlling the content of images for the models of these environments are provided in, both by a researcher and a student. It is proposed to extend the concept of "biotechnical system" by including so-called "biotechnical technologies" in it, which becomes especially relevant in the digital world. The difference between these types of technologies is in the fact that great importance should be given to operations that are associated with ensuring the safety of work and creating optimal conditions for the life and work of a person. At the same time, the person interacts primarily with information technologies, with information and knowledge affecting him, but not with material objects, in both the process of management, and the process of studying the outside world for the purpose of its effective use.

Keywords: synthetic learning environment; ergonomics; biotechnical system; principles of harmonization of human characteristics and technology; biotechnology; education technologies.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] V.Iu. Bykov, O.M. Spirin, O.P. Pinchuk, «General secondary education as the basic link in the system of continuous education", Naukove zabezpechennia rozvytku osvity v Ukraini: aktualni problemy teorii i praktyky (do 25-richchia NAPN Ukrainy) [Tekst] : zbirnyk naukovykh prats. - Kyiv : Vydavnychyi dim "Sam", s.175-245, 2017

[2] O. Burov, “Life-Long Learning: Individual Abilities versus Environment and Means”, In: Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Vol-1614, pp. 608-619, 2016.

[3] E. P. Popechitelev, «Human ib the bio-technical system». Staryj Oskol: Izd-vo TNT, 585 s., 2016.

[4] L. J. M. Mulder , A. Van Roon, H. Veldman, K. Laumann, O. Burov, L. Quispel, P. J. Hoogeboom, «How to use cardiovascular state changes in adaptive automation», In: Hockey, G.R.J., Gaillard, A.W.K., Burov, O. (Eds.), Operator Functional State. The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks. NATO Science Series. IOS Press, Amsterdam. Pp. 260–272, 2003.

[5] P. I. Paderno, E. P. Popechitelev, “Realibility and ergonomics of the bio-technical systems”, pod obshh. red. prof. E.P. Popechiteleva. SPb.: OOO «Tehnomedia», Izd-vo «Jelmor», 264, 2007.

[6] O. Yu. Burov, «Educational Networking: Human View to Cyber Defense», Information Technologies and Learning Tools, 52, 144—156, 2016.

[7] V. M. Munipov, V. P. Zinchenko, «Ergonomics: human-oriented design of technology, software and environment». M.: Logos, 356 s., 2001.

[8] G. Wilson, R. E. Schlegel, J. A. Veltman, O.Yu. Burov et al., «Operator functional state assessment». RTO-TR-HFM-104 AC/323 (HFM-104) TP/48 RTO technical report HFM. 2004.

[9] A.Ju. Burov. «Psychophysiological maintenance of operators’ work», Informacionno-upravljajushhie sistemy na zheleznodorozhnom transporte. #6, s.32-34, 1999.

[10] The Global Human Capital Report 2017. (Preparing people for the future of work). World Economic Forum 2017, p.V. Access: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Human_Capital_Report_2017.pdf. Дата доступа: 27.11.2017.

[11] R. Blamire, “Digital Games for Learning. Conclusions and recommendations from the IMAGINE project”. European Schoolnet, November 2010. [Online]. Available: www.imaginegames.eu.

[12] E.P. Popechitelev, K.N. Bolsunov. “Reflexive methods of professional selection of small groups of operators for biotechnical systems”, SPb: Izvestija SPbGJeTU «LJeTI». # 5, 58-64, 2014.

[13] E. Ayiter, “Synthetic Worlds, Synthetic Strategies: Attaining Creativity in the Metaverse”, in Metaplasticity in Virtual Worlds: Aesthetics and Semantic Concepts, 2011. [Online]. Available: http://www.igi-global.com/chapter/synthetic-worlds-synthetic-strategies/50385.
[14] P. Blumschein, “Synthetic Learning Environment” in Encyclopedia of the Sciences of Learning’, Springer US, pp 3256-3257, 2012.
[15] «Synthetic Worlds: Emerging Technologies in Education and Economics». Eds. Andreas Hebbel-Seeger, Torsten Reiners, Dennis Schäffer. Integrated Series in Information Systems. Springer. Volume 33, 2014.
[16] O. P. Pinchuk, S. H. Lytvynova, O. Yu. Burov, "Synthetic educational environment – a footpace to new education", Informatsiini tekhnolohii ta zasoby navchannia, 4(60), 28-45. ISSN 2076-8184. Elektronnyi resurs: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1831>. Data dostupa: 26.04.2018.
[17] J. P. Cook, R. J. Palmer, “Learning to Integrate Digital Technologies and Pedagogical Innovations: An Exploratory Investigation”. Ubiquitous Learning: An International Journal. 2018, V.10, Iss. 4. 25-37. DOI: 10.18848/1835-9795/CGP/v10i04/25-37.
[18] «eLearning Trends for 2018». [Online]. Available: https://www.docebo.com/resource/whitepaper-elearning-trends-2018/. Дата доступа: 05.06.2018.
[19] John R. Wilson, Pascale Carayon, «Systems ergonomics: Looking into the future», Editorial for special issue on systems ergonomics/human factors. Applied Ergonomics. Volume 45, Issue 1, Pages 3–4, January 2014.
[20] E.P. Popechitelev, “System analysis of biomedical research”, Staryj Oskol: Izd-vo TNT, 420 s., 2014..
[21] A.Iu. Burov, “Ergonomic bases of development of systems of human-operator performance forecasting on the basis of psychophysiological models of activity”: Avtoref. dys. d. t. n: 05.01.04/ Khark. nats. akadem. misk. hosp-va, Kharkiv, 40 pp., 2007.
[22] E.P. Popechitelev, “Techniques for training small groups of operators based on the principles of balancing and reflexive computer games”. SPb: Izvestija SPbGJeTU «LJeTI», # 1, 2016, 53-69.
[23] J. A. Cannon-Bowers. & C. A. Bowers, “Synthetic learning environments”, in Handbook of research on educational communications and technology, J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merrienboer, & M. P. Driscoll (Eds.), (3rd ed.), Mahwah: Lawrence Erlbaum, pp. 317–327, 2007.
[24] S.F. Sergeev, «Ergonomics of immersive environments», dis. dokt. nauk, Sankt-Peterburg. каф. эргоном. и инж. психолог. фак-т психолог. СПб гос. ун.-та, СПб, 42 p., 2010.
[25] «Integrating Multi-User Virtual Environments in Modern Classrooms» (Ed.Qian, Yufeng). IGI Global, 2018, 342.
[26] John Smart, Jamais Cascio, and Jerry Paffendorf, «Metaverse Roadmap. Pathways to the 3D Web». https://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/wiki/images/1/19/MetaverseRoadmapOverview.pdf (06/06/2018). Дата доступа: 06.06.2018.
[27] Julieta Aguilera, “The synthetic experience as an exoskeleton of the mind”, Technoetic Arts, Volume 9, Numbers 2-3, pp. 271-276(6), 2012.
[28] E. P. Popechitelev, «Biotehtoniks – the science of the synthesis of biotechnical systems», «Nauchnoe obozrenie. Tehnicheskie nauki» RAE, #1, s. 106-111, 2016.
[29] E.P. Popechitelev, «Connection of technical means to a person in the biotechnical system», «Nauchnoe obozrenie. Tehnicheskie nauki» RAE, #2, s. 63-70, 2016.

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.