

ФОРМИРОВАНИЕ НЕЙРОМЕТОДИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Н.О. Вербицкая, Р.С. Чекотин

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

Статья посвящена анализу возможностей преодоления разрыва между научными исследованиями в нейропедагогике и научно-технологическими инициативами в сфере создания нейронет-среды в России, связанной с принятием с 2016 года президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России дорожной карты «Нейронет» в рамках Национальной технологической инициативы. Проводимое авторами исследование направлено на преодоление разрыва между инициативными процессами формирования новых сфер применения нейронаук в жизнедеятельности человека и традиционным характером адаптации и принятия новых идей в педагогической науке и практике. Исследование предполагает изучение процессов мозговой деятельности (в частности нейропаттернов) в профессиональной деятельности, связанной с процессорными (компьютерными) человеко-машинными взаимодействиями с целью разработки нейрометодики профессиональной подготовки (обучения), ориентированных на поддержку формирования устойчивых, здоровьесберегающих способов человеко-машинного взаимодействия, повышающих эффективность и результативность профессиональной деятельности. В исследовании объектом выступают профессиональные трудовые действия операторов лесных машин с процессорным управлением. В современных условиях применения таких машин обучение и профессиональная деятельность операторов из рабочей профессии трансформируются в высокотехнологичную профессию с элементами инженерно-технологической деятельности. Профессиональная подготовка (обучение) операторов в области сложных человеко-машинных взаимодействий является одной из перспективных и активно развивающихся сфер практического применения нейрометодики профессионального образования. Для исследования нейропаттернов профессиональной деятельности операторов лесозаготовительных машин с процессорным управлением были использованы симуляторы, полностью имитирующие процесс реальной работы оператора в кабине лесной машины с процессорным управлением. Исследование нейропаттернов базировалось на регистрации ЭЭГ-сигналов с применением электроэнцефалографа фирмы Медиком МТД «Энцефалан-ЭЭГР-19/26». В ходе исследования были задействованы операторы с опытом работы на симуляторе и в реальных условиях, а также начинающие операторы, которые только проходят обучение. Проводимые исследования профессиональных действий операторов в симуляционной среде в сочетании с ЭЭГ измерениями выявили наличие устойчивых нейропаттернов, имеющих общую конфигурацию как у начинающих операторов, так и у имеющих опыт практической работы. Результаты измерений обобщены в двух основных нейрометодических подходах нейроориентированного и нейрокорректирующего обучения операторов в условиях сложного человеко-машинного взаимодействия. Формирование нейрометодики профессионального обучения в рамках новой технологической инициативы России позволит получить методологически обоснованные научно-технические продукты, не только развивающие новые направления обучения и работы в человеко-машинном взаимодействии, но и обеспечивающие здоровьесберегающий характер технологических нововведений.

Ключевые слова: электроэнцефалографические (ЭЭГ) паттерны, многозадачные машины с процессорным управлением, интерфейс «мозг – машина», нейро-методика обучения операторов.

Изучение состояния проблемы в научной литературе. Нейропедагогические исследования являются предметом активных обсуждений ученых и практиков образования на рубеже XX–XI вв. и по настоящее время.

В российской науке нейропедагогике и ее прикладным возможностям в образовании положили начало работы В.А. Москвина, Н.В. Москвиной [4]. В дальнейшем в российском образовании развиваются прикладные

направления нейрпедагогике, которые в основном базируются на исследовании влияния межполушарной асимметрии и индивидуального латерального профиля на особенности организации образовательного процесса обучающихся. Основная цель таких исследований – построение дифференцированного и индивидуализированного образовательного процесса с учетом нейropsychологических особенностей различных категорий обучаемых [7]. Довольно активно нейрпедагогические исследования используются в сфере обучения иностранным языкам [10], а также другим прикладным сферам школьного и вузовского обучения.

Среди зарубежных исследователей интерес к применению нейроисследований в образовании послужил основой ряда волн активных обсуждений. Согласно исследованию, опубликованному в журнале *Neuron*, в американских университетах с 1993 по 2013 год количество PhD студентов, связавших свои диссертации с нейроисследованиями, возросло почти в 10 раз и значительно превзошло число исследователей других направлений [11]; в ряде стран нейроисследования рассматриваются как инновационное направление в науке [19].

Успехи нейронаук (*neuroscience*) активно обсуждались учеными в аспекте общего применения нейросинаптических связей и функциональной локализации в образовании [16]. Рассматривались возможности различных модификаций применения достижений нейронаук в образовании: *brain-based learning* (мозговое обучение), *implicit learning* (неявное обучение) и др. в обучении языку, чтению, математике [13, 14, 16]. При этом практически во всех работах присутствует обсуждение нейромифов (*neuromyths*) как возвышенных ожиданий от повышения эффективности образования за счет применения достижений нейронаук и о возможной пропасти (*gulf*) между ними, а также о необходимости ее преодоления [12, 15, 20]. Вследствие исследовательской активности сформировалось научное направление, названное МВЕ (сокращенное от *mind, brain and education* – разум, мозг и образование), вокруг которого активно исследуются вопросы применения нейронаук в образовании детей различных возрастов [17, 18, 21, 23], включая вопросы образовательной политики [24]. Более современные исследования свидетельствуют об

углубленном рассмотрении вопросов применения когнитивных нейронаук в развитии памяти и мозга [22].

Вместе с тем, несмотря на активное развитие научных направлений, связанных с применением нейронаук в образовании, сравнительно небольшое внимание уделяется исследованиям в сфере применения нейронаук в теории и методике профессионального образования, являющейся одной из научных специальностей подготовки научно-педагогических кадров в России. Это формирует противоречие между активно развивающимися прорывными технологическими направлениями развития мировой науки, связанными с применением достижений нейронаук в образовании и сравнительно низкими темпами теоретического и научно-методического развития нейрпедагогического знания в области формирования новых методик профессионального обучения. Особенно остро это противоречие проявляется в отраслях профессиональной деятельности, связанных с человеко-машинным взаимодействием на базе современных процессорных (компьютерных) технологий.

Одной из отправных позиций для формирования научного поля исследования, представленного в настоящей статье, явился научный и политический вызов российской нейрпедагогической науке, связанный с появлением в числе приоритетов научно-технологического развития направления Нейронет, которому необходимо уделить внимание в нашей статье.

Деятельность отраслевого союза Нейронет в России и основная проблема исследования. Процессы формирования научного поля применения достижений нейронаук в образовании в настоящее время испытывают новый импульс развития, связанный с принятием с 2016 года президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России дорожной карты «Нейронет» в рамках Национальной технологической инициативы [5]. Данная инициатива реализуется на принципах научного и экономического партнерства, предполагающего стратегию активного взаимодействия и объединения научного и технического потенциала российских и ведущих зарубежных компаний по поиску потенциально прорывных направлений в области формирования и распространения но-

вых нейропродуктов. В настоящее время формируется «Отраслевой союз по развитию рынка Нейронет» на основе государственно-частного партнерства по вопросам развития рынка Нейронет.

Основными сегментами Нейронет-среды в России (согласно дорожной карте <http://asi.ru/nti/>) являются:

– НейроФарма – средства восстановления и развития нейрокогнитивных функций;

– НейроМедтехника – рынки искусственных органов, протезов конечностей и сенсорных органов;

– НейроОбразование – использование нейрокогнитивных механизмов приобретения новых знаний, обучения и памяти, применение нейрокомпьютерных интерфейсов, элементов виртуальной и дополненной реальности, гибридного интеллекта;

– НейроРазвлечения и спорт – игры, развлекательные гаджеты, системы взаимодействия с виртуальной и дополненной реальностью); биометрия (рынок носимых электронных устройств) и т. п.;

– НейроКоммуникации и маркетинг – автоматизированные системы расчета нейрометрики и системы аналитики категорий состояний на основе нейроданных;

– НейроАссистент – рынок интеллектуальных виртуальных помощников, предназначенных для понимания текущих потребностей пользователя и поиска решений в Интернете, облачных сервисах.

Опережающий характер Национальной технологической инициативы, с одной стороны, служит импульсом для активизации научных исследований в области российской нейропедагогики. С другой стороны, ускоряющиеся процессы активного создания и внедрения нейропродуктов должны иметь научное обоснование, опирающееся на устойчивые методологические позиции. Иными словами, имеет место возрастающий разрыв между инициативными процессами формирования новых сфер применения нейронаук в жизнедеятельности человека и традиционным характером адаптации и принятия новых идей в педагогической науке и практике. На основе приведенных выше работ зарубежных ученых можно сказать о необходимости bridgethegulf (преодоления пропасти) [5] российской нейропедагогики и новым научно-социальным партнерством Нейронет.

Проводимое авторами исследование на-

правлено на преодоление описанного разрыва и предполагает изучение процессов мозговой деятельности (в частности нейропаттернов) в профессиональной деятельности, связанной с процессорными (компьютерными) человеко-машинными взаимодействиями с целью разработки нейрометодики профессиональной подготовки (обучения), ориентированных на поддержку формирования устойчивых, здоровьесберегающих способов человеко-машинного взаимодействия, повышающих эффективность и результативность профессиональной деятельности.

Для дальнейшего описания проводимого исследования введем несколько рабочих понятий.

Под нейропаттерном в исследовании понимается совокупность устойчивых нейросинаптических (сложные электро-химические связи между нейронами головного мозга, отвечающие за процессы обработки и передачи информации) связей на основе функциональной специализации областей головного мозга, проявляющихся при осуществлении человеком конкретных действий.

Человеко-машинное трудовое действие (ЧМТД), human machine interaction laboraction (НМИЛА) – процесс опосредованного взаимодействия человека и предмета его труда (материального и нематериального), при котором посредником выступает процессорно-цифровое устройство, действующее на основе управляющего человеко-машинного интерфейса (программы).

Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) (называемый также мозговой интерфейс, интерфейс «мозг – компьютер», мозго-машинный интерфейс), созданный для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером) [2].

Нейрометодика профессионального обучения – система нейропедагогических подходов, принципов, методов, технологий, применяющаяся для формирования у человека устойчивых здоровьесберегающих нейропаттернов человеко-машинных (как и традиционных) трудовых и учебных действий для решения профессиональных задач.

Проблематизация научного поля исследования. Как мы отметили выше, основными сферами исследований в области применения нейронаук в образовании в подавляющем большинстве являются различные предметные области обучения и развития де-

тей. Вместе с тем, активным сегментом применения нейрообразования в отраслевом союзе «Нейронет» является применение нейрокомпьютерных интерфейсов в профессиональной деятельности взрослых работающих людей.

Основной проблемой представляемого исследования является исследование нейропаттернов работы оператора многозадачных машин с процессорным управлением с целью формирования нейрометодики профессиональной подготовки операторов и выявления перспективных направлений разработки человеко-машинных нейроинтерфейсов в обучении и работе.

Операторская деятельность – это специфический вид экономической, трудовой деятельности человека, возникающей на определенной ступени развития техники и производства в целом [6, 8]. Внедрение автоматизированных и полуавтоматизированных систем в различные отрасли происходит неравномерно. Быстрое развитие получили такие отрасли, как транспортные, оборонительные (воздушные силы, противовоздушные силы), космические [9]. В последнее время операторская деятельность активизировалась и в других отраслях: медицине, лесозаготовках, металлургии, строительстве и т. д.

В нашем исследовании объектом выступают профессиональные трудовые действия операторов лесных машин с процессорным управлением. Данная профессия в России является развивающейся и отвечает новым тенденциям развития технологического обеспечения отраслей экономики в условиях третьей промышленной революции [1]. Лес является для России одним из важнейших возобновляемых ресурсов. В современных условиях применения лесных машин с процессорным управлением обучение и профессиональная деятельность операторов из рабочей профессии трансформируется в высокотехнологичную профессию с элементами инженерно-технологической деятельности. Профессиональная подготовка (обучение) операторов в области сложных человеко-машинных взаимодействий является одной из перспективных и активно развивающихся сфер практического применения нейрометодики профессионального образования в условиях формирования цифровой экономики или Индустрии 4.0.

Рассмотрим, в чем принципиальная новизна нейрометодики как перспективной

составляющей педагогического, в частности нейропедагогического знания. Как российские, так и зарубежные исследования в области нейропедагогики, нейронаук и образования ориентированы в основном на «фоновый» учет нейропроцессов деятельности мозга в повышении качества, эффективности его работы в решении учебных задач, освоении нового. Это формирует общедидактический подход нейропедагогики.

В профессиональном образовании нейрометодика призвана выполнять новую адресную задачу формирования таких устойчивых, здоровьесберегающих нейропаттернов, которые позволяют быстро обучиться, обеспечить экономически эффективную профессиональную деятельность. В качестве примера, можно привести тот факт, что операторы из Финляндии, участвующие в исследовании, имеют дневную производительность в 5–10 раз выше российских операторов при работе на одних и тех же лесных машинах в одинаковых условиях.

Задача нейрометодического подхода в теории и методике профессионального образования – минимизация и оптимизация (в отличие от общепринятой активизации мозговой активности) внутренних биоэнергетических затрат на осуществление трудовых действий, минимизация посторонних видов мозговой активности, концентрация на точности действий и скорости их выполнения. Вместе с тем, такой целевой ориентир в профессиональном обучении не предполагает какой-либо «жесткой» регламентации формирования у всех обучаемых нейропаттернов одинаковой конфигурации. При этом интересен тот факт, что в наших исследованиях подтвердилось наличие общей конфигурации активных зон головного мозга и динамики их изменения в процессе работы, однако мы не обнаружили влияния латеральных (право-, левополушарных) различий на характер рабочего нейропаттерна.

Для успешного развития нейрометодических исследований необходимо принять аксиоматическую возможность биогенетического многообразия в характере мозговой деятельности. Это говорит о возможном наличии несходных друг с другом нейропаттернов при осуществлении одинаковых трудовых действий. Объединяющими во всех случаях схожести и разнообразия являются два эмпирически выявленных нами принципа нейрометодиче-

ского подхода в обучении операторов в человеко-машинном взаимодействии.

1. Принцип минимизации энергии (величина и частотный спектр биоэлектрических потенциалов головного мозга) и времени мозговой активности в процессе выполнения трудовых действий. Чем выше профессионализм оператора в нашем исследовании, тем быстрее и с минимально возможной энергией проявляется нейропаттерн (рис. 4).

2. Принцип оптимизации нейропаттерна и ускорение целенаправленных действий за счет отключения или минимизации излишних видов мозговой деятельности, отвлекающих от выполнения трудового действия. Реализация данного принципа в профессиональном обучении операторов особенно важна для опережающего предотвращения будущих аварий и рисков по вине человека.

Изучение нейропаттернов и формирование на основе их использования новых нейрометодик в теории и практике профессионального образования позволит готовить операторов к работе в условиях сложных че-

раторов во всем мире. Распространенность использования симуляторов лесозаготовительной техники с процессорным типом управления, таких как харвестер и форвардер обусловлена пространственно-временным и экономическим факторами. Первый фактор связан с тем, что центры, проводящие обучение операторов на местах (лесных делянках) находятся в удаленных от образовательных организаций и центров местах. Возможность полноценно обучаться в условиях учебного класса, точно имитирующих реальную работу, служит хорошей пространственно-временной оптимизацией учебного процесса. Вторым экономическим фактором, который способствует использованию симуляторов в подготовке операторов, является высокая стоимость лесозаготовительных машин, поэтому их использование малоопытными операторами может привести к дополнительным материальным издержкам, связанным с ремонтом и восстановлением лесозаготовительных машин. Работа оператора за симулятором представлена на рис. 1.



Рис. 1. Использование симулятора в процессе обучения

ловеко-машинных взаимодействий, когда непосредственный контакт с объектом труда заменяется опосредованным процессорным управлением, переводящим процесс физического труда в виртуальное пространство.

Оборудование и методы исследования.

Для исследования нейропаттернов профессиональной деятельности операторов лесозаготовительных машин с процессорным управлением нами были использованы симуляторы, полностью имитирующие процесс реальной работы оператора в кабине лесной машины с процессорным управлением.

Работа на симуляторах является базовой основой профессиональной подготовки опе-

Оборудование и измерения. Исследование нейропаттернов базировалось на регистрации ЭЭГ-сигналов с применением электроэнцефалографа фирмы Медиком МТД «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» с количеством каналов 26: ЭЭГ (электроэнцефалограмма) – 20 + 1 «N» нейтральный электрод, ЭКГ (электрокардиограмма) – 1, ЭОГ (электроокулограмма) – 2, ЭМГ (электромиограмма) – 1, РД (рекурсия дыхания) – 1 и встроенный в блок акселерометр.

Регистрация биоэлектрического сигнала осуществляется непрерывно в течение всего исследования от 19 отведений монополярно (униполярно) (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3,

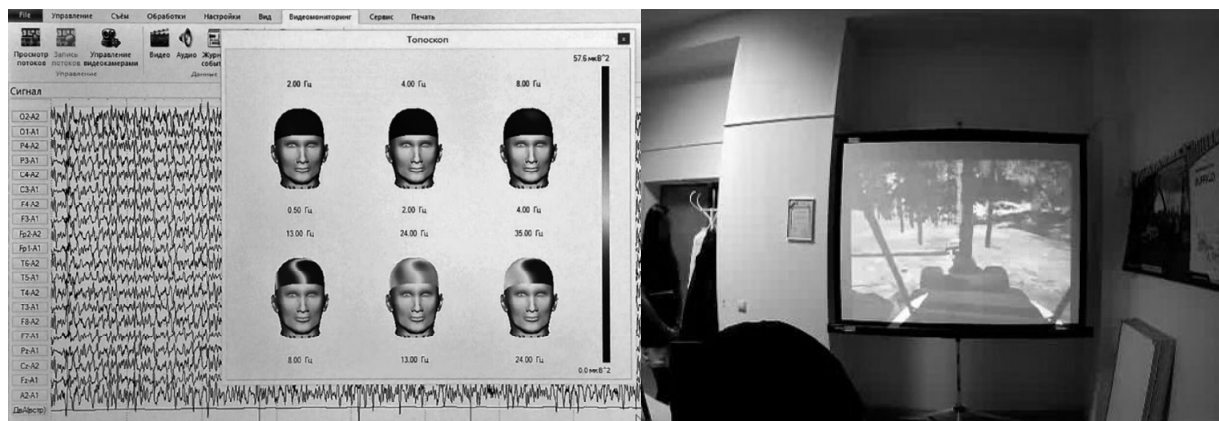


Рис. 2. Окно программы «Энцефалан» при работе оператора на симуляторе

С3, Сz, С4, Т4,Т5, Р3,Рz, Р4, Т6, О1, О2), а также N (нейтральный) по международной схеме 10*20 с объединенными референтными электродами (А1 и А2), которые располагаются на определенных областях головы: Fr – лобный полюс, F – лобная, С – центральная, Р – теменная, О – затылочная, Т – височная. Индекс Z указывает на отведение от вершины черепа. Частота дискретизации сигнала составляла 250 Гц по каналу.

Для того чтобы исключить влияние артефактов (помех и искажений), вызванных не мозговой активностью, а мышечным движением [3], используются дополнительные электроды ЭКГ, ЭОГ, ЭМГ.

Для более точного анализа изменения операторской деятельности производилось разделение общего исследования ЭЭГ на фрагменты для дальнейшей обработки, а также расчет амплитуды, мощности в 6 диапазонах: дельта 1 (0,5–2 Гц), дельта 2 (2–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета 1 (13–24 Гц), бета 2 (24–35 Гц). Длительность эпох для расчета частотных диапазонов составляют 1 с.

Исследование работы операторов проводилось в лаборатории нейропилотирования «Центра инновационных технологий инженерного образования» Уральского государственного лесотехнического университета.

В процессе работы оператора производился контроль его действий и мониторинг за ЭЭГ сигналами и топографом (мгновенное распределение уровней биоэлектрических потенциалов ЭЭГ сигналов). Пример считывания потенциалов с головного мозга оператора при работе представлен на рис. 2. Полученные исследования подвергаются изучению и фильтрации сигналов, которые не входят в зону изучения, то есть происходит процесс

подавления артефактов. Для наглядности и понятности зон действия головного мозга используются двух- и трехмерное топографическое картирование – отображение ЭЭГ сигналов с помощью цветных карт на условной модели головы (см. рис. 2).

Качественный анализ нейропаттернов при работе оператора в симуляционной среде, приближенной к реальным условиям. Возможности формирования нейрометодики профессиональной подготовки операторов, связанные с применением ЭЭГ, будут возможными, если в эмпирических исследованиях будет обнаружено и распознано наличие у операторов устойчивых нейропаттернов, которые являются связующим звеном между деятельностью мозга в профессиональной деятельности и возможностью разработки и применения обучающих методик, способных влиять на характер мозговой деятельности в направлении оптимизации, повышении эффективности и обеспечения здоровьесбережения.

Эмпирические результаты должны отвечать следующим условиям.

1. Нейропаттерны будут устойчиво проявляться в четком соответствии с выполнением трудовых действий в процессе человеко-машинных взаимодействий. С точки зрения нейрометодики это предположение описывает принципиальное наличие и возможность фиксации и описания человеко-машинного трудового действия (ЧМТД), отличающегося от обычной фоновой активности мозга для выполнения текущих мыслительных операций, в том числе поддержания жизнедеятельности.

2. Будет выявлено различие между нейропаттернами работающих операторов, имеющих опыт профессиональной деятельности, и

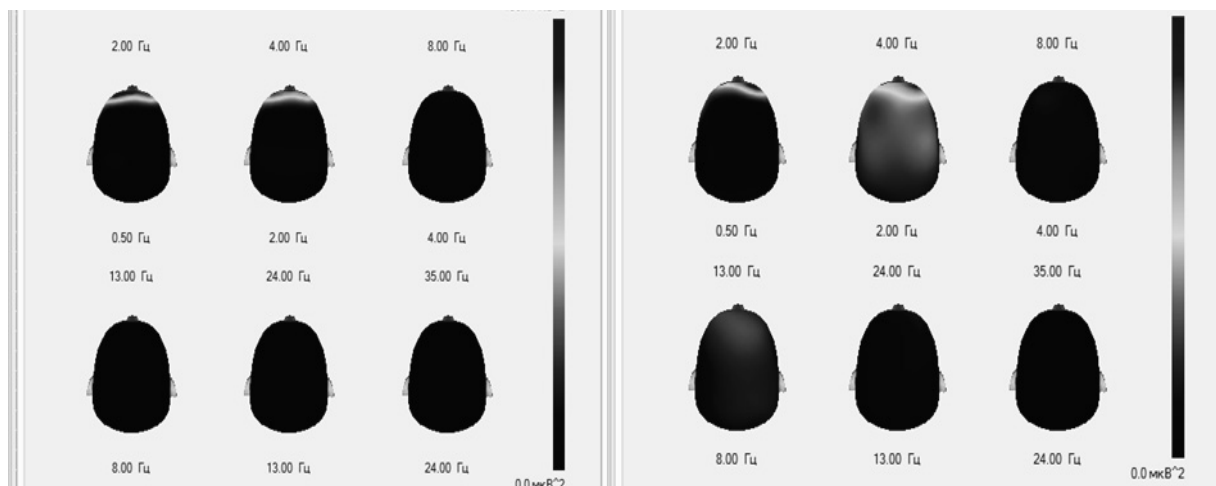


Рис. 3. Мощность биопотенциалов при прямолинейном движении:
а – опытный оператор, б – начинающий оператор

нейропаттернами начинающих операторов, проходящих обучение, а также наличие динамики изменения нейропаттернов последних.

3. Представляется принципиально возможным количественное распознавание ЧМТД, которое может использоваться как корректирующая программа в нейроинтерфейсе в обучении и в перспективе в работе операторов лесных машин с процессорным управлением.

В ходе исследования были задействованы операторы с опытом работы на симуляторе и в реальных условиях, а также начинающие операторы, которые только проходят обучение. Сравнительный анализ проведен на основе полученных данных при использовании топоскопа, который наглядно показывает уровни биосигналов, установившиеся паттерны, а также различия между ними.

Для анализа и представления эмпирических данных были использованы фрагменты, которые в большей степени схожи с друг с другом. Все полученные фрагменты были разделены на два типа: первый тип – это движение харвестера по лесосеке в виртуальной среде, второй тип фрагментов – это пространственное наведение стрелы (головки харвестера) на дерево. В результате анализа первых типов фрагментов было установлено, что при движении прямолинейно или с небольшой корректировкой движения нет сильных отличий у оператора со стажем и у начинающего оператора.

Это связано с тем, что движение базы харвестера является наиболее простым видом операции, которую осуществляет оператор при работе. Можно наблюдать небольшое

смещение вправо в лобных долях у начинающего оператора, но достаточно в редких случаях. Биопотенциалы при движении базы представлены на рис. 3. Это говорит о выполнении первого вышеназванного условия наличия устойчивого нейропаттерна, соответствующего трудовому действию передвижения и географической ориентировки лесной машины.

При сравнении вторых типов фрагментов (пространственное управление стрелой) было установлено более значительное отличие в работе оператора с большим опытом работы и начинающего. Следует отметить, что данное трудовое движение имеет большое экономическое значение, так как определяет временные и топливные затраты оператора на производство лесоматериалов. Многократное пространственное наведение и ошибки операторов приводят, как уже упоминалось выше, к 5–10-кратному падению производительности. Для сравнения были взяты наиболее похожие фрагменты работы операторов, а именно наведение стрелы-головки на дерево, которая расположена с левой стороны от кабины оператора. Результаты схожести мощности биопотенциалов и их отличия представлены на рис. 4. При сравнении верхнего ряда на рис. 4 можно заметить, что наиболее сильная мощность потенциалов у оператора со стажем наблюдается в центральной и теменной частях с небольшим смещением в правую часть на частоте от 4 до 8 Гц. В зависимости от сложности манипуляции проявляется небольшая активность на частотах от 8 до 24 Гц и иногда на частотах от 2 до 4 Гц.

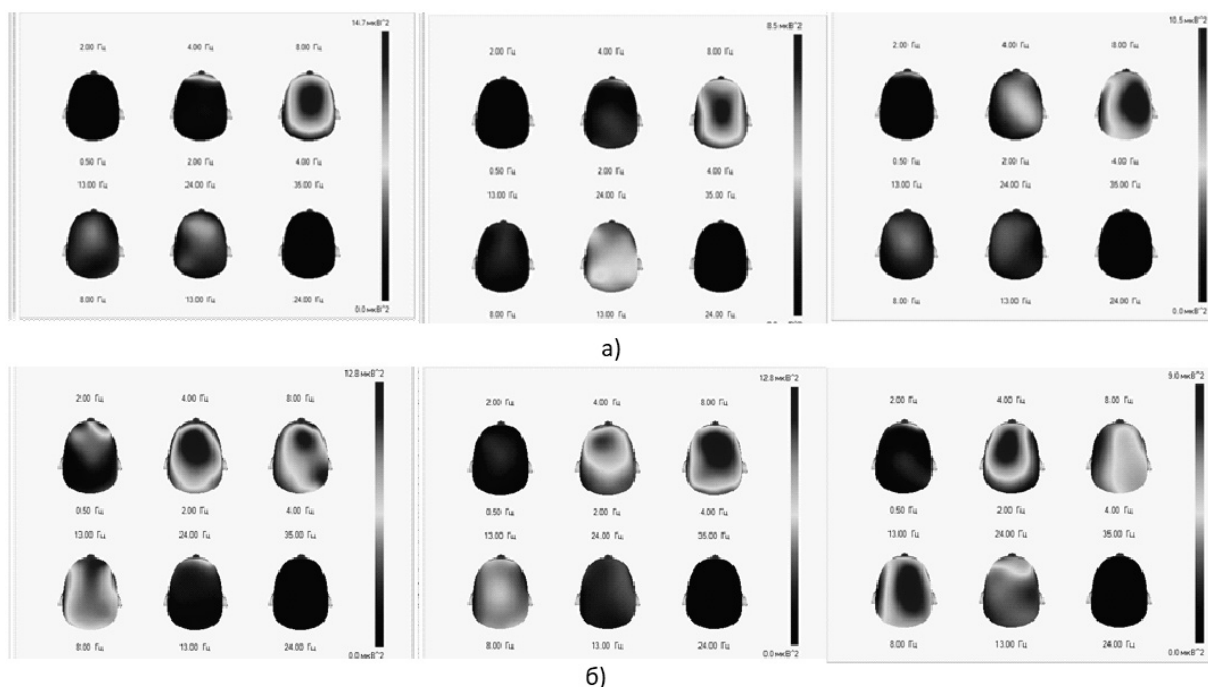


Рис. 4. Биопотенциалы операторов при управлении стрелой:
а – опытный оператор, б – начинающий оператор

Нижний ряд рис. 4 показывает более хаотичные, мощные всплески биопотенциалов у оператора. У начинающего оператора проявляется активное участие центральной и теменной частей со смещением вправо на частоте от 4 до 8 Гц, аналогично опытному оператору. Однако наблюдается высокая мощность потенциалов на частотах от 2 до 4, от 8 до 13 Гц. Во второй группе фрагментов мы видим выполнение второго и третьего условий – обнаружение нейропаттернов, наличие различий между начинающими и опытными операторами, а также динамику изменения паттернов.

Возможность численного представления данных топоскопа в виде матриц значений биопотенциалов ЧМТД отвечает третьему условию возможности использования нейропаттернов в разработке нейрометодики.

Обсуждение результатов и выводы.

Проводимые исследования профессиональных действий операторов в симуляционной среде в сочетании с ЭЭГ измерениями выявили наличие устойчивых нейропаттернов, имеющих общую конфигурацию как у начинающих операторов, так и у имеющих опыт практической работы.

Сравнительная оценка затрачиваемой энергоёмкости паттерна демонстрирует большие биоэнергозатраты у начинающих операторов, что, по нашему мнению, связано

с несформированностью нейросинаптических связей. Таким образом, можно говорить о целесообразности нейроориентированного обучения операторов с целью повышения точности профессиональных действий, а также уменьшения внутренних биоэнергозатрат.

Устойчивость конфигураций нейросигналов, а также наличие четкой функциональной локализации в областях головного мозга дает основание для дальнейшего развития нейроориентированного обучения операторов в направлении формирования прототипов нейропилотирования лесной машины с процессорным управлением. Такие прототипы не только станут основой для повышения эффективности подготовки операторов, но и послужат возможности формирования новых рабочих мест для людей с ограниченными физическими возможностями на основе человеко-машинного нейроинтерфейса.

Развитие данных положений может быть обобщено в двух основных нейрометодических подходах нейроориентированного обучения и нейрокорректирующего обучения операторов в условиях сложного человеко-машинного взаимодействия.

1. Нейроориентированное обучение предполагает формирование систем занятий и тренировок, направленных на реализацию двух сформулированных выше эмпирических

принципов (минимизации энергии времени, устранения побочных видов мозговой деятельности). Обучение строится на сочетании концентрации и одновременно расслабления/отключения неактуальных для трудовых действий видов мозговой деятельности. Оговоримся, что в данном случае речь не идет о безусловных видах мозговой активности, необходимых для поддержания жизнедеятельности человека. При нейроориентированном обучении важным моментом является недопустимость многократного повторения действий, несущих в себе избыточные биоэнергетические затраты или неоптимальные по времени движения. Их закрепление в нейронной структуре при многократном повторении приведет к потере физического здоровья, что часто наблюдается в реальной производственной практике. Система тренировок представляет собой операциональный коучинг, раскладывающий трудовые действия на составляющие элементы с последующей синтезирующей оптимизацией. Это имеет характер творческого самопостроения своего оптимального нейронного паттерна во взаимодействии с машиной с процессорным управлением.

2. Нейрокорректирующее обучение предполагает разработку и применение цифровых устройств нейропилотирования, позволяющих расшифровывать компоненты нейронного паттерна и преобразовывать их в управляющие сигналы, корректирующие ошибочные движения рук оператора и в перспективе заменяющие их прямым нейропилотированием. Как уже сказано, это дает возможность обучения и создания высокотехнологичных рабочих мест для лиц с ограниченными физическими возможностями. Нейрокорректирующее обучение основывается на тех же эмпирических принципах, но предполагает максимальное использование возможностей биоэнергетики мозга.

В завершение отметим важность привлечения внимания исследователей в области профессиональной педагогики, теории профессионального образования в качестве полноценных научных партнеров для новых Нейронет-инициатив. Реализация полноценного научно-технического партнерства академической науки и новой технологической инициативы России позволит получить методологически обоснованные научно-технические продукты, не только развивающие новые на-

правления обучения и работы в человеко-машинном взаимодействии, но и обеспечивающие здоровьесберегающий характер технологических нововведений.

Литература

1. Абсалямова, С. Четвертая промышленная революция: трансформация содержания труда и трудовых отношений / С. Абсалямова, Т. Абсалямов // *Наука и мир*. – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 23–24.

2. Васильева, В.В. Нейрокомпьютерный интерфейс / В.В. Васильева // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Секция «Информационно-экономические системы»*. – 2015. – Т. 1. – С. 529–530.

3. Егорова, И.С. Электроэнцефалография / И.С. Егорова. – М.: Медицина, 1973. – 296 с.

4. Москвин, В.А. Нейропедагогика как прикладное направление педагогики и дифференциальной психологии / В.А. Москвин, Н.В. Москвина // *Вестник Оренбург. гос. ун-та. Серия «Гуманитарные науки»*. – 2001. – № 4. – С. 34–39.

5. Национальная технологическая инициатива. Программа мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 году. – <http://asi.ru/nti/> (дата обращения: 1.02.2017).

6. Никифоров, Г.С. Надежность профессиональной деятельности / Г.С. Никифоров. – СПб.: СПбУ, 1996. – С. 13–34.

7. Подлиняев, О.Л. Актуальные проблемы нейропедагогики / О.Л. Подлиняев, К.А. Морнов // *Вестник Кемеров. гос. ун-та. Серия «Психология»*. – 2015. – № 3 (63). – Т. 1. – С. 126–129.

8. Пономаренко, В.А. Общетеоретические подходы к изучению операторской деятельности / В.А. Пономаренко, Н.Д. Завалова // *Психологические основы профессиональной деятельности: хрестоматия*. – М.: ПЕР СЭ; Логос, 2007. – С. 787–797.

9. Пономаренко, В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии / В.А. Пономаренко. – Красноярск: Поликом, 2006. – 629 с.

10. Тункун, Я.А. Основы нейропедагогики: история, теория и практика / Я.А. Тункун // *Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А.И. Герцена*. – 2008. – № 73-2. – С. 203–208.

11. Akil, H. *Neuroscience Training for the 21st Century* / H. Akil // *Neuron*. – 2016. – Vol. 90. – No. 5. – P. 917–926. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.05.030
12. Ansari, D. *Bridges over Troubled Waters: Education and Cognitive Neuroscience* / D. Ansari, D. Coch // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2006. – Vol. 10. – No. 4. – P. 146–151. DOI: 10.1016/j.tics.2006.02.007
13. De Smedt, B. *Potential Applications of Cognitive Neuroscience to Mathematics Education* / B. De Smedt, R.H. Grabner // *ZDM*. – 2016. – Vol. 48. – No. 3. – P. 249–253. DOI: 10.1007/s11858-016-0784-x.
14. Goswami, U. *Neuroscience and Education* / U. Goswami // *British Journal of Educational Psychology*. – 2004. – Vol. 74. – No. 1. – P. 1–14. DOI: 10.1348/000709904322848798
15. Goswami, U. *Neuroscience and Education: from Research to Practice?* / U. Goswami // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2006. – Vol. 7. – No. 5. – P. 406–413. DOI: 10.1038/nrn1907
16. Hall, J. *Neuroscience and Education: What Can Brain Science Contribute to Teaching and Learning?* / J. Hall // *Teacher: The National Education Magazine*. – 2006. – P. 92:2–92:4.
17. Hook, C.J. *Neuroscience for Educators: What are They Seeking, and What are They Finding?* / C.J. Hook, M.J. Farah // *Neuroethics*. – 2013. – Vol. 6. – No. 2. – P. 331–341. DOI: 10.1007/s12152-012-9159-3
18. Lees, M.C. *Mind, Brain, and Education: A Case Study of Student Perceptions of an Interdisciplinary Graduate Program* / M.C. Lees. – 273 с.
19. Liu, Chia-Ju. *Innovative Science Educational Neuroscience: Strategies for Engaging Brain Waves in Science Education Research*. *Science Education Research and Practices in Taiwan* / Chia-Ju Liu, Huang Chin-Fei // Springer Singapore. – 2016. – P. 233–247. DOI: 10.1007/978-981-287-472-6_12
20. Morris, J. *Neuroscience and Education: Mind the Gap* / J. Morris, P. Sah // *Australian Journal of Education*. – 2016. DOI: 10.1177/0004944116652913
21. *Neuroscience Research in Education Summit: The Promise of Interdisciplinary Partnerships Between Brain Sciences and Education*. Society for Neuroscience. – Irvine: University of California, 2009. – P. 1–7.
22. Ofen, N. *Memory and the Developing Brain: are Insights from Cognitive Neuroscience Applicable to Education?* / N. Ofen, Q. Yu, Z. Chen // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. – 2016. – Vol. 10. – P. 81–88. DOI: 10.1016/j.cobeha.2016.05.010
23. Pickering, S.J. *Educators' Views on the Role of Neuroscience in Education: Findings from a Study of UK and International Perspectives* / S.J. Pickering, Jones P. Howard // *Mind, Brain and Education*. – 2007. – Vol. 1. – No. 3. – P. 109–113. DOI: 10.1111/j.1751-228X.2007.00011.x
24. Sripada, K. *Neuroscience in the Capital: Linking Brain Research and Federal Early Childhood Programs and Policies* / K. Sripada // *Early Education & Development*. – 2012. – Vol. 23. – No. 1. – P. 120–130. DOI: 10.1080/10409289.2012.617288

Вербицкая Наталья Олеговна, доктор педагогических наук, профессор, руководитель Центра инновационных технологий инженерного образования, руководитель лаборатории нейрорепрограммирования, Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, verbno@mail.ru.

Чекотин Роман Сергеевич, аспирант, Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, chekotinroman@mail.ru.

Поступила в редакцию 26 декабря 2016 г.

FORMATION OF NEUROTECHNIQUE OF PROFESSIONAL TRAINING FOR HUMAN-MACHINE INTERACTION

N.O. Verbitskaya, verbno@mail.ru,

R.S. Chekotin, chekotinroman@mail.ru

Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russian Federation

The article analyzes the possibilities of bridging the gap between scientific research in neuropedagogy and scientific and technological initiatives in the sphere of creating a neuronet environment in Russia. The initiative is associated with the adoption in 2016 the Neuronet road map within the framework of the National Technological Initiative approved by the Presidium of the Council of the President of the Russian Federation for Modernization of Economy and Innovative Development of Russia. The research is aimed at bridging the gap between the initiatory processes of forming new spheres of neuroscience in human life and the traditional character of adaptation of new ideas in Pedagogy. The authors study the processes of brain activity (neuropaths) in professional activities related to human-machine interactions aimed at developing neuro-methods of vocational training aimed at supporting the formation of sustainable, health-saving modes of human-machine interaction. The subjects are operators of forest machines that use control systems. Professional training of operators in the field of complex human-machine interactions is one of the promising one among the practical applications of neuro-methods for professional education. To study the neuropathy of the professional activity of operators of machines with processor control, the simulators were used, that completely simulated the process of work of the operator in the cabin of a forest machine with processor control. Neuropathy studies were based on recording brain signals using an electroencephalograph by Medikom MTD “Encephalan-EEGR-19/26”. The subjects were both experienced operators and novice operators. The studies of professional actions of operators in the simulation environment in combination with EEG measurements revealed the presence of stable neuropaths having common configuration, both for novice and experienced operators. The results of measurements were presented in two main neuro-methodological approaches of neuro-oriented learning and neuro-corrective training. The forming of the neurotechnique of training within the framework of the new technological initiative of Russia will make it possible to obtain methodologically sound scientific and technical products that do not only develop new areas of training in human-machine interaction, but also ensure the health-saving nature of technological innovations.

Keywords: electroencephalographic (EEG) patterns, multi-task machines with processor control, “brain – machine” interface, neurotechnique of operator training.

References

1. Absalyamova S., Absalyamov T. [The Fourth Industrial Revolution: Transformation of Labour Content and Labour Relations]. *Science and the World*, 2016, vol. 2, no. 2, pp. 23–24. (in Russ.)
2. Vasil'eva V.V. [Neurocomputer Interface]. *Actual Problems of Aviation and Cosmonautics. Section “Information and Economic Systems”*, 2015, vol. 1, pp. 529–530. (in Russ.)
3. Egorova I.S. *Elektroentsefalografiya* [Electroencephalography]. Moscow, Meditsina Publ., 1973. 296 p.
4. Moskvina V.A., Moskvina N.V. [Neuropathologica as Applied Pedagogy and Differential Psychology]. *Bulletin of the Orenburg State University. Ser. Humanities*, 2016, no. 4, pp. 34–39. (in Russ.)
5. *Natsional'naya tekhnologicheskaya initsiativa. Programma mer po formirovaniyu printsipial'no novykh rynkov i sozdaniyu usloviy dlya global'nogo tekhnologicheskogo liderstva Rossii k 2035 godu* [National Technology Initiative. Program of Measures to Create New Markets and Conditions for Global Technological Leadership of Russia by 2035]. Available at: <http://asi.ru/nti/> (accessed 1.02.2017).
6. Nikiforov G.S. *Nadezhnost' professional'noy deyatel'nosti* [Reliability of Professional Activity]. St. Petersburg, SPbU Publ., 1996, pp. 13–34. (in Russ.)

7. Podlinyaev O.L., Mornov K.A. [Actual Problems of Neuropedagogy]. *Bulletin of the Kemerovo State University. Psychology Series*, 2015, no. 3 (63), vol. 1, pp. 126–129. (in Russ.)
8. Ponomarenko V.A., Zavalova N.D. [General-Theoretical Approaches to the Study of Operator Activity]. *Psikhologicheskie osnovy professional'noy deyatel'nosti* [Psychological Bases of Professional Activity]. Moscow, PER SE Publ.; Logos Publ., 2007, pp. 787–796. (in Russ.)
9. Ponomarenko V.A. *Psikhologiya chelovecheskogo faktora v opasnoy professii* [Psychology of the Human Factor in a Dangerous Profession]. Krasnoyarsk, Polikom Publ., 2006. 629 p.
10. Tunkun Ya.A. [Basics Neuropathologica: History, Theory and Practice]. *News of the Russian State Pedagogical University A.I. Gercen*, 2008, no. 73–2, pp. 203–208. (in Russ.)
11. Akil H. Neuroscience Training for the 21st Century. *Neuron*, 2016, vol. 90, no. 5, pp. 917–926. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.05.030
12. Ansari D., Coch D. Bridges over Troubled Waters: Education and Cognitive Neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, vol. 10, no. 4, pp. 146–151. DOI: 10.1016/j.tics.2006.02.007
13. De Smedt B., Grabner R.H. Potential Applications of Cognitive Neuroscience to Mathematics Education. *ZDM*, 2016, vol. 48, no. 3, pp. 249–253. DOI: 10.1007/s11858-016-0784-x
14. Goswami U. Neuroscience and Education. *British Journal of Educational Psychology*, 2004, vol. 74, no. 1, pp. 1–14. DOI: 10.1348/000709904322848798
15. Goswami U. Neuroscience and Education: from Research to Practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 2006, vol. 7, no. 5, pp. 406–413. DOI:10.1038/nrn1907
16. Hall J. Neuroscience and Education: what Can Brain Science Contribute to Teaching and Learning? *Teacher: The National Education Magazine*, 2006, pp. 92:2–92:4.
17. Hook C.J., Farah M.J. Neuroscience for Educators: what are They Seeking, and what are They Finding? *Neuroethics*, 2013, vol. 6, no. 2, pp. 331–341. DOI: 10.1007/s12152-012-9159-3
18. Lees M.C. *Mind, Brain, and Education: A Case Study of Student Perceptions of an Interdisciplinary Graduate Program*. Doct. Diss. 273 p.
19. Liu Chia-Ju, Chin-Fei Huang. Innovative Science Educational Neuroscience: Strategies for Engaging Brain Waves in Science Education Research. Science Education Research and Practices in Taiwan. *Springer Singapore*, 2016, pp. 233–247. DOI: 10.1007/978-981-287-472-6_12
20. Morris J., Sah P. Neuroscience and Education: Mind the Gap. *Australian Journal of Education*, 2016. DOI: 10.1177/0004944116652913
21. *Neuroscience Research in Education Summit: the Promise of Interdisciplinary Partnerships between Brain Sciences and Education*. Society for Neuroscience. Irvine, University of California Publ., 2009, pp. 1–7.
22. Ofen N., Yu Q., Chen Z. Memory and the Developing Brain: are Insights from Cognitive Neuroscience Applicable to Education? *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 2016, vol. 10, pp. 81–88. DOI: 10.1016/j.cobeha.2016.05.010
23. Pickering S.J., Howard Jones P. Educators' Views on the Role of Neuroscience in Education: Findings from a Study of UK and International Perspectives. *Mind, Brain, and Education*, 2007, vol. 1, no. 3, pp. 109–113. DOI: 10.1111/j.1751-228X.2007.00011.x
24. Sripada K. Neuroscience in the Capital: Linking Brain Research and Federal Early Childhood Programs and Policies. *Early Education & Development*, 2012, vol. 23, no. 1, pp. 120–130. DOI: 10.1080/10409289.2012.617288

Received 26 December 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Вербицкая, Н.О. Формирование нейрометодики профессионального обучения в условиях человеко-машинного взаимодействия / Н.О. Вербицкая, Р.С. Чекотин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 62–73. DOI: 10.14529/ped170206

FOR CITATION

Verbitskaya N.O., Chekotin R.S. Formation of Neurotechnique of Professional Training for Human-Machine Interaction. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*. 2017, vol. 9, no. 2, pp. 62–73. (in Russ.) DOI: 10.14529/ped170206