

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗАДАЧАХ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

THE APPLICATION OF THE VIRTUAL REALITY FOR
TRAINING OPERATORS OF MOBILE OBJECTS

Андрей Витальевич Горохов **Andrey Vitalievich Gorokhov**

доктор технических наук, старший
научный сотрудник
GorokhovAV@volgatech.net

Игорь Валерьевич Петухов **Igor Valerievich Petukhov**

доктор технических наук, профессор
PetuhovIV@volgatech.net

Людмила Александровна Стешина **Ljudmila Aleksandrovna Steshina**

кандидат технических наук, доцент
SteshinaLA@volgatech.net

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
технологический университет»,
Йошкар-Ола, Россия

Volga State University of Technology,
Yoshkar-Ola, Russia

Аннотация. Обозначены задачи и представлены результаты экспериментальных исследований в области применения систем виртуальной реальности для обучения операторов подвижных объектов управления. Основной целью проведенных исследований была оценка «чувствительности» профессиональных навыков оператора и алгоритмов их развития при перегрузках, которые неизбежны в подвижных объектах. Сделан вывод в том, что такой подход позволяет создавать индивидуальные траектории обучения оператора, в которых рационально обосновано сочетание обучения в физической системе и виртуальной реальности.

Ключевые слова: эксперимент, виртуальная реальность, профессиональная подготовка, подвижный объект, перегрузки, электроэнцефалограмма.

Abstract. In this paper the formulation of the problem and the results of pilot study in the field of application of the virtual reality for training operators of mobile objects are proposed. The main goal of the research is to assess the “sensitivity” of the operator’s skills and algorithms of their development to the acceleration that are inevitable in mobile controlled objects. This approach allows creating individual trajectories of operator training, in which the combination of training in a physical system and virtual reality is rationally justified

Keywords: an experiment, the virtual reality, professional training, mobile object, acceleration, electroencephalogram.

Написание данной статьи продиктовано достаточно высоким количеством аварийных ситуаций на различных производствах, которые происходят по причине человеческого фактора. Так, причины более 50 % аварий на опасных производственных объектах обусловлены именно человеческим фактором, который чаще всего выражен ошибочными действиями человека в процессе операторской деятельности [1]. Согласно этому, человек-оператор — один из главных источников развития критических ситуаций (и их объект), который определяет вероятность выхода из критической ситуации в штатный режим или ее усугубление. Основными недостатками, ограничивающими надежность человека-оператора, являются недостаточная скорость и точность выполнения операций, быстрая утомляемость, подверженность влиянию разнообразных субъективных факторов. Отсюда следует, что в условиях подвижных объектов управления не меньшую роль играет человеческий фактор в обеспечении надежности и безопасности функционирования управляемых объектов.

К сожалению, авторами не найдено результатов статистических исследований причин аварийности подвижных объектов управления, однако в данном случае в качестве оценки можно принять статистику аварий на автомобильном транспорте, публикуемую ГИБДД ежегодно в открытых источниках. Здесь человеческий фактор является причиной аварий в более 80 % случаев. Поэтому в настоящее время в условиях технологического прогресса, когда объекты управления становятся более сложными и опасными, особую актуальность приобретает решение задачи обучения операторов подвижных объектов. Сегодня к системам, оборудованию и методикам обучения предъявляются жесткие требования по безопасности и эффективности обучения. В такой ситуации открываются большие перспективы для применения систем виртуальной реальности при решении задач обучения операторов подвижных объектов управления.

Специфика подвижных объектов управления накладывает определенные ограничения на применение систем виртуальной реальности ввиду отсутствия в таких системах физического воздействия на человека, которое неизбежно

проявляется в подвижных объектах в виде перегрузок, когда человек находится в управляемых объектах. Поэтому для эффективного использования систем виртуальной реальности в условиях подвижных объектов необходимы комплексные исследования профессионально важных качеств (ПВК), характеризующих эффективность операторских действий на отдельных этапах операторской деятельности. Результатом исследования должны быть как корреляционные отношения между ПВК, определяющие их взаимное влияние, так и их классификация по критерию «чувствительности» к перегрузкам. Однако любая система обладает эмерджентностью и не допускает выделения независимых частей [2]. Поэтому в общем случае разделение профессиональной квалификации оператора на ПВК и исследование их как независимых элементов является некорректным. На практике существуют задачи, где для достижения конкретных целей можно пренебречь этим фундаментальным свойством систем. Например, при синтезе системы управления радиотелескопом [3] изменения параметров (в том числе пространственного перемещения) легко раскладываются на относительно независимые (с точки зрения решаемых задач) элементарные действия, которые приводят к достижению относительно независимых целей. При решении задач синтеза методик физико-химического анализа [4] обеспечивается автоматизированный синтез цепочек атомов (элементарных действий), выполнение которых обеспечивает достижение цели эксперимента.

Таким образом, экспериментальные исследования «чувствительности» ПВК к перегрузкам позволяют выделить их классы, которые можно эффективно развивать с использованием систем виртуальной реальности в стационарных условиях; а также с использованием систем виртуальной реальности в условиях имитации перегрузок.

Первый этап экспериментальных исследований заключается в исследовании электрической активности головного мозга при управлении подвижным объектом в реальных условиях (под воздействием перегрузок) и с использованием систем виртуальной реальности в стационарных условиях (без воздействия перегрузок), а также с использованием систем виртуальной

реальности при симуляции перегрузок. В качестве базы проведения эксперимента на первом этапе исследований предложен горнолыжный спуск в реальных условиях (на горнолыжном комплексе) и с использованием симулятора виртуальной реальности. В горнолыжном спуске лыжник активно воздействует на лыжи с целью управления траекторией движения системы «человек–лыжи» и находится соответственно «внутри» данной системы. Спуск состоит из сопряженных поворотов, в различных фазах которых лыжник испытывает существенные перегрузки.

В эксперименте участвовал один мужчина (инструктор Российской национальной горнолыжной школы, возраст — 54 года), не имеющий проблем со здоровьем (отсутствуют проблемы со зрением, вестибулярным аппаратом; не имеет неврологических расстройств). Исследование проводилось на основе регистрации сигналов электроэнцефалографа (ЭЭГ) с применением устройства «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» и автономного блока пациента АБП-26 для связи с компьютером и с дополнительными беспроводными модулями, блоками или датчиками электроэнцефалографа-регистратора. Мониторинг биоэлектрического сигнала записывался непрерывно в течение всего исследования от 19 отведений монополярно. Частота дискретизации сигнала составляла 250 Гц по каналу.

Эксперимент проходил в три этапа. На первом этапе участник с ЭЭГ-устройством выполнил спуск с горы (ритмичные сопряженные повороты, разрешалось производить минимальный набор действий для минимизации артефактов). Данный этап эксперимента проводился на трассе «3-А» горнолыжного комплекса «Свияжские холмы» (респ. Татарстан). Характеристика трассы: цветовая маркировка — «красный»; перепад высот — 185 м; протяженность трассы — 720 м. Спуск занимал около 2 мин.

Второй и третий этапы эксперимента проводились в специализированной лаборатории «Виртуальных технологий» Поволжского государственного технологического университета. На втором этапе участнику эксперимента предлагалось пройти (с ЭЭГ-устройством в стационарном режиме) симулятор горнолыжной трассы, которая напоминала реальную трассу первого этапа эксперимента, в сценарии вир-

туальной реальности с использованием шлема виртуальной реальности «HTC Vive». Выборка данных производилась по временным срезам в ходе прохождения трассы.

На третьем этапе для обеспечения идентичности движений реальным условиям участник эксперимента в горнолыжных ботинках стоял на лыжах. К специальной обвязке были прикреплены амортизаторы для имитации воздействия центробежной силы на поворотах. Они позволяли лыжнику смещать центр тяжести и выполнять заклоны и ангуляцию при прохождении поворотов (рис. 1). В руках участника эксперимента были контроллеры «HTC Vive».



Рис. 1. Выполнение горнолыжного спуска в системе виртуальной реальности

В начале сеанса работы ЭЭГ запускалось приложение «Симулятор горнолыжного спуска». Сеанс длился около 2 мин. Начало и конец записи ЭЭГ-данных регистрировались с переносного модуля АБП-26.

Все сеансы работы всех этапов эксперимента записывались на портативную видеокамеру для последующего анализа временных срезов с синхронизацией манипуляций в различных сеансах эксперимента.

Обработка сигнала проводилась следующим образом: ЭЭГ-сигнал фильтровался на 6 диапазонов частот: 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 составляла 0,3 с. Важнейшими этапами в обработке сигнала с электродов являлись выделение и подавление артефактов. Отметим, что при обработке и анализе выбранных фрагментов ЭЭГ влияние артефактов (связанных с морганием или движением глаз, напряжением мышц лица, шеи и реже с влиянием снятия самого сигнала) может исказить результаты спектрального, амплитудно-временного анализа и описания результатов эксперимента в целом. В данном

случае нами был выбран более простой и менее затратный по времени алгоритм, который использует кросскорреляционный метод режекции артефактов. Также были применены дополнительные электроды электрокардиографии, электроокулографии, электромиографии, по которым можно оценивать соответствие уровня помех на анализируемых сигналах ЭЭГ.

В ходе эксперимента был проведен анализ спектра мощности. В связи с этим отметим, что на основе биоэнергозатрат можно определить степень напряжения мозговой активности. Это позволяет сделать вывод о когнитивных затратах, которые связаны с визуальным восприятием той или иной среды в контексте решения соответствующей задачи. Вероятно, что биоэнергозатраты могут быть сопряжены с несформировавшимися нейросинаптическими связями и требуют дополнительных усилий для решений соответствующих задач. Таким образом, степень соответствия человеко-машинного взаимодействия в виртуальной реальности и в физической среде можно оценить на основе количественной оценки биоэнергозатрат [5]. В данном случае анализируется визуализа-

ция активности участков коры головного мозга с помощью топоскопа, который формирует топографическое картирование мощностного или амплитудного спектра ЭЭГ по различным частотным диапазонам. При этом визуальный анализ позволяет установить активизацию определенных доменов головного мозга в заданных промежутках времени. В связи с этим можно говорить о выделении устойчивых паттернов при сравнении активности участков головного мозга и целенаправленной деятельности человека в той или иной среде [6].

Полученные данные при выполнении одного цикла поворота (вход в поворот — активная фаза поворота — выход из поворота) позволяют сопоставлять частотные характеристики в различных отделах головного мозга, изображенные на рис. 2–4.

В заданном временном интервале можно выявить значительно больше похожих зон ЭЭГ-активности в соответствующем частотном диапазоне при горнолыжном спуске в физической среде и в виртуальной реальности с имитацией перегрузок (см. рис. 2 и 4), чем при горнолыжном спуске в виртуальной реальности без

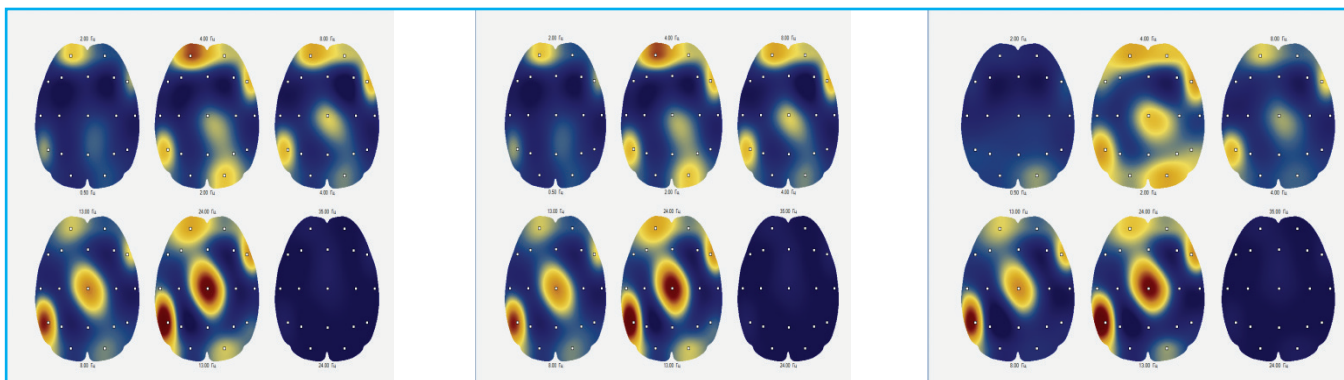


Рис. 2. Частотные характеристики в различных отделах головного мозга при горнолыжном спуске в физической среде

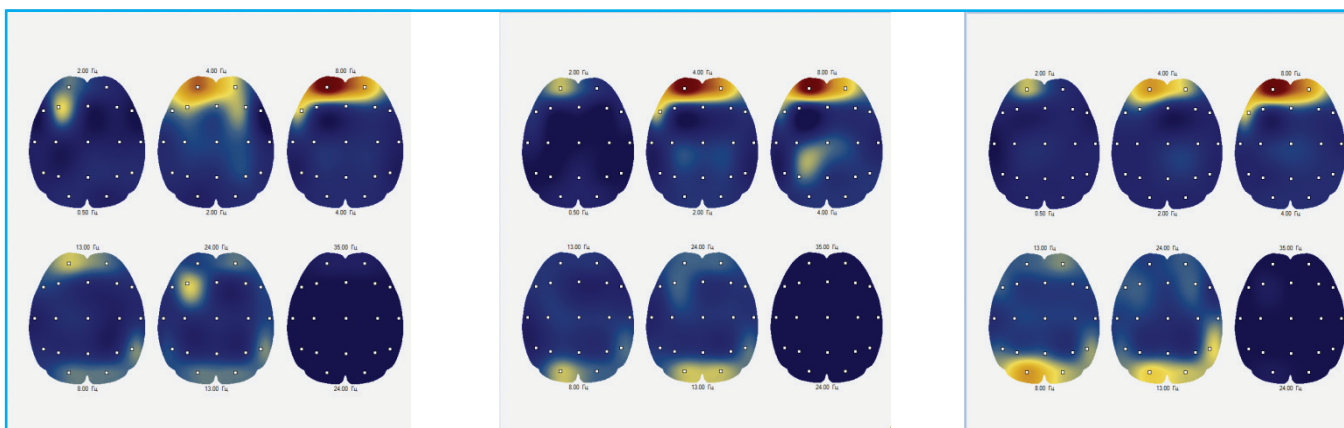


Рис. 3. Частотные характеристики в различных отделах головного мозга при горнолыжном спуске в виртуальной реальности без имитации перегрузок

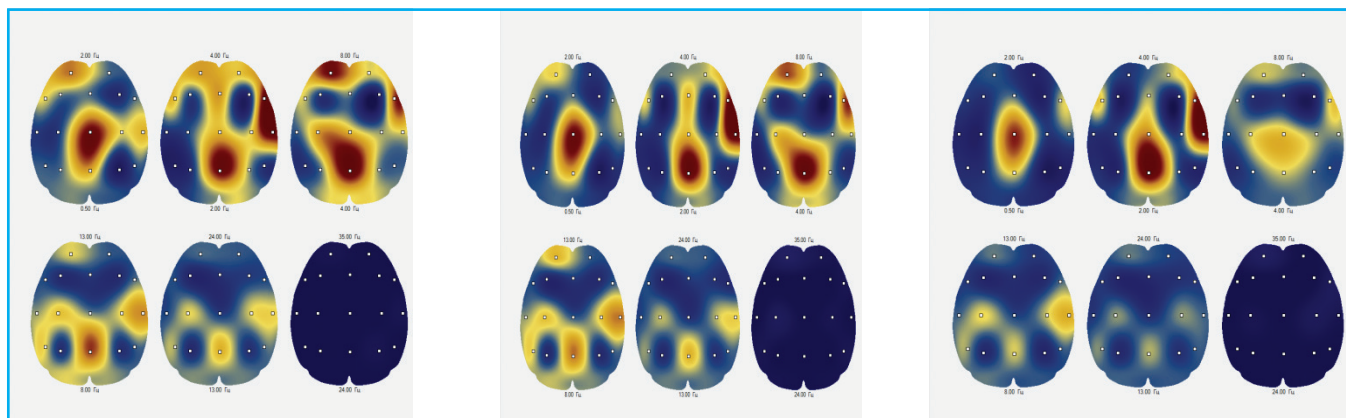


Рис. 4. Частотные характеристики в различных отделах головного мозга при горнолыжном спуске в виртуальной реальности с имитацией перегрузок

имитации перегрузок (см. рис. 3). К устойчивым нейротернам можно отнести лобную долю (2–0,5 Гц, 4–2 Гц, 8–4 Гц, 8–13 Гц, 13–24 Гц), теменную (2–0,5 Гц, 4–2 Гц, 8–4 Гц, 8–13 Гц), затылочную зону со смещением в левую часть (8–13 Гц, 13–24 Гц), лобную долю со смещением в правую часть (4–2 Гц, 8–13 Гц). Во всех трех случаях (см. рис. 2–4) в диапазоне от 24–35 Гц не отмечалось активности работы головного мозга.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности предлагаемой классификации профессионально важных качеств операторов подвижных объектов:

1) ПВК можно эффективно развивать с использованием систем виртуальной реальности в стационарных условиях;

2) ПВК можно эффективно развивать с использованием систем виртуальной реальности в условиях имитации перегрузок;

3) ПВК невозможно развивать с использованием систем виртуальной реальности.

Последующие теоретические и экспериментальные исследования будут направлены

на выявление динамики взаимного влияния ПВК операторов подвижных объектов на формирование соответствующих имитационных моделей.

Предлагаемый подход дает формальную и экспериментальную базу для последующего формирования рационально обоснованных (с точки зрения эффективности обучения) траекторий обучения операторов подвижных объектов управления. Траектории обучения формируются в виде адаптированных для каждого оператора (с учетом его индивидуальных особенностей) сценариев, включающих в себя обучение как с применением систем виртуальной реальности (с симуляцией перегрузок и без нее), так и в условиях реальных объектов управления.

Результаты исследования получены при поддержке гранта № 25.1095.2017/4.6 «Интеллектуальная тренажерная система поддержки профессиональной ориентации и психофизиологической реабилитации лиц с ограниченными возможностями».

Список литературы

1. Петухов И. В. Система поддержки принятия решений при оценке профпригодности оператора эргатических систем: диссертация ... доктора технических наук / И. В. Петухов. Казань, 2013. 411 с.
2. Садовский В. Н. Основы общей теории систем / В. Н. Садовский. Москва: Наука, 1974. 259 с.
3. Игнатъев М. Б. Модели и системы управления комплексными экспериментальными исследованиями / М. Б. Игнатъев, В. А. Путилов, Г. Я. Смольков. Москва: Наука, 1986. 232 с.
4. Горохов А. В. Разработка интеллектуальной системы интерактивного синтеза методик физико-химического анализа: диссертация ... кандидата технических наук / А. В. Горохов. Апатиты, 1995. 231 с.

5. *Measuring Cognitive Conflict in Virtual Reality with Feedback-Related Negativity [Electronic resource] / A. K. Singh [et al.]. 2017. Access mode: <https://arxiv.org/abs/1703.05462>.*

6. *Вербицкая Н. О. Формирование нейрометодики профессионального обучения в условиях человеко-машинного взаимодействия / Н. О. Вербицкая, Р. С. Чекотин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2017. Т. 9. № 2. С. 62–71.*

УДК 378.147.31: 61: 004

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛЕКЦИЙ
С МУЛЬТИМЕДИЙНЫМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ
В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ
МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО
И ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТОВ
УГМУ НА КАФЕДРЕ ФТИЗИАТРИИ И ПУЛЬМОНОЛОГИИ**

USAGE EXPERIENCE OF E-LECTURES WITH MULTIMEDIA
IN PROGRAMS DEVELOPMENT FOR TRAINING BACHELORS
AND SPECIALISTS FOR STUDENTS OF PREVENTIVE MEDICINE
AND GENERAL MEDICINE FACULTIES OF USMU IN
PHTHISIOLOGY AND PULMONOLOGY DEPARTMENT

Дарья Евгеньевна Екимова Daria Evgenevna Ekimova

ассистент

Dasha.ekimova@gmail.com

Сергей Николаевич Скорняков Sergei Nikolaevich Skorniakov

доктор медицинских наук, профессор

sns@urniif.ru

Татьяна Евгеньевна Тюлькова Tatiana Evgenevna Tiulkova

доктор медицинских наук, доцент

tulkova@urniif.ru

Сергей Александрович Чемезов Sergei Aleksandrovich Chemezov

кандидат медицинских наук, доцент

puma-ph@usma.ru

ФГБОУ ВО «Уральский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации,
Екатеринбург, Россия

“Ural State Medical University” of the ministry of
health of the Russian Federation
Yekaterinburg, Russia