DOI: 10.25696/ELSYS.VC2.RU.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО МОДЕЛИРУЕМУЮ ОПЕРАТОРСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

А. Ф. Бобров[1], *В. Ю. Щебланов*[1], *Е. С. Щелканова*[2]

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия;

[2] Центр по обращению с РАО — отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО» — филиала ФГУП «РосРАО», г. Заозерск Мурманской области, Россия.

Аннотация: *Приведены результаты сравнительной оценки параметров виброизображения головы и тела лиц, выполняющих моделируемую операторскую деятельность на психофизиологическом тренажере. По параметрам амплитуды, частоты, симметрии, пространственным и временным параметрам математической обработки колебаний тела человека разработаны новые интегральные показатели оценки поведенческих реакций. Показано их изменения при различных режимах работы на тренажере, высокая взаимосвязь с интегрированными параметрами виброизображения лица. Это позволяет проводить оценку текущего психофизиологического состояния в зависимости от возможности размещения средств видео регистрации как с использованием видеозаписи лица человека, так и его тела.*

Ключевые слова: *Моделируемая деятельность, поведенческие реакции, параметры виброизображения лица, параметры виброизображения тела, психофизиологический тренажер, текущее психофизиологическое состояние, технология виброизображения.*

USING VIBRATION IMAGING TECHNOLOGY WHEN ESTIMATING THE BEHAVIORAL REACTIONS OF A HUMAN BEING PERFORMING MODELED OPERATING ACTIVITY

A. F. Bobrov[1], *V. Y. Shcheblanov*[1], *E. S. Shchelkanova*[2]

[1] State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency (SRC — FMBC) of Russia, Moscow, Russia;

[2] Center for Radioactive Waste Management-Branch of Gb. Andreeva SZTs “SevRAO” — branch of FSUE “RosRAO”, Zaozersk, Murmansk Region, Russia.

Abstract: *The results of a comparative assessment of the parameters of the vibraimage of the head and body of persons performing simulated operator activity on the psychophysiological simulator are given. According to the parameters of amplitude, frequency, symmetry, spatial and temporal parameters of the mathematical processing of human body oscillations, new integral indicators for the assessment of behavioral reactions have been developed. Their changes are shown under different operating modes on the simulator, high correlation with the integrated parameters of the facial vibraimage. This allows an assessment of the current psychophysiological state, depending on the possibility of placing the means of video recording using both video recording of a person’s face and his body.*

Keywords: *Simulated activity, behavioral reactions, parameters of facial vibraimage, parameters of vibraimage of the body, psycho-physiological simulator, current psycho-physiological state, technology of vibraimage.*

Введение

Существует множество профессий, связанных с взаимодействием человека с техническими и информационными средствами, ошибки работника в которых могут привести к неблагоприятным последствиям. Основной причиной является не соответствие требованиям деятельности текущего/актуального психофизиологического состояния работника. Так развитие состояния монотонии у операторов блочных щитов управления атомных электростанций может снижать функции памяти, внимания, распределения внимания, перцепции и др. Та же опасность существует для диспетчеров гражданской и военной авиации. Сбои в работе технических и информационных систем могут привести к изменению психоэмоционального состояния работника вплоть до уровня, когда он теряет способность правильно выполнять необходимые действия и даже прекращает их. Многие виды профессиональной деятельности связаны с достаточно стереотипным набором действий (включил, взял, нажал, передвинул и др.). Если актуальное психофизиологическое состояние работника не соответствует требованиям деятельности в следствие, например, утомления или повышенного психоэмоционального напряжения, стереотипные действия могут нарушаться по скорости выполнения, порядку и др. То есть сами действия (поведенческие реакции) могут являться индикатором не соответствия текущего психофизиологического состояния требованиям деятельности.

Поэтому разработка методов и критериев для контроля текущего психофизиологического состояния при выполнении профессиональной деятельности является актуальной задачей прикладных медико-психофизиологических исследований. Наиболее перспективной для решения данной задачи, по нашему мнению, является технология виброизображения [1]. Об этом свидетельствуют не только многочисленные результаты ее эффективного применения в задачах профайлинга, но и исследований специалистов ФБГУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна при оценке текущего психофизиологического состояния работающих на психофизиологическом тренажере [2]. Было установлено, что параметры микроколебаний головы человека, регистрируемые с использованием ВЕБ-камеры, высоко коррелируют с параметрами электрофизиологических сигналов и качеством выполнения моделируемой деятельности. Однако в условиях реального производства размещение ВЕБ-камеры вблизи лица работника может быть не всегда возможным из-за особенностей организации рабочего места. В ряде случаев более целесообразным может быть установка видеокамеры, фиксирующей все тело работника, позволяющей оценить изменение поведенческой реакции.

Целью настоящего исследования являлась разработка критериев оценки поведенческих реакций лиц, выполняющих моделируемую операторскую деятельность на психофизиологическом тренажере, по данным технологии виброизображения.

Материалы и методы

Исследования проводились в рамках Российско-Норвежского Сотрудничества по вопросам реабилитации радиационно-опасных объектов на Северо-западе России (контракт № М 18-15/02 от 23.02.2015 г.). В качестве модели операторской деятельности использовался программно-аппаратный комплекс (ПАК), реализующий интерактивные имитационные обучающие игры с биологической обратной связью в виртуальной среде с параллельной регистрацией параметров моделируемой деятельности и электрофизиологических показателей. ПАК разработан специалистами ФБГУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна совместно с сотрудниками НИИМББ (г. Новосибирск). ПАК предназначен для психофизиологической тренажёрной подготовки специалистов Центра по обращению с радиоактивными отходами (РАО) — отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО» — филиала ФГУП «РосРАО» (далее «СевРАО»), участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.

Психофизиологическая подготовка направлена на развитие пространственно-временной координации, координационно-двигательного взаимодействия, повышение стрессоустойчивости, совершенствование характеристик внимания и памяти. Она реализуется на основе выполнения игровых задач, моделирующих работу персонала по перегрузке некондиционных отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) водо-водяных реакторов утилизированных атомных подводных лодок с использованием психофизиологических аналогов условий реальной деятельности, воссоздаваемых с помощью технологии погружающей виртуальной реальности.

В ПАК реализован обычный и стрессовый (ограничение времени работы и внешние звуковые помехи) режимы разборки контейнеров. Для видеозаписи лица тренируемого/тестируемого использовалась ВЕБ-камера, видеозаписи тела — сбоку расположенная видеокамера Panasonic HC-V770. Видеозаписи обрабатывались с использованием технологии виброизображения, реализованной в программе VibraImage 8 PRO [3]. Видеозаписи лица обрабатывались в соответствии с установками программы для режима Микро. Оптимальные установки для режима Макро подбирались специалистами предприятия Элсис.

В исследованиях приняло участие 6 человек, выполнявших деятельность в обычном режиме (режим ФОН) и в условиях наличия дефицита времени при воздействии звуковых помех (режим НАГРУЗКА). Всего было проведено 118 человеко-исследований.

Результаты исследования анализировались с использованием программы STATISTICA v.8.0.

Результаты исследования

Для оценки психофизиологического состояния тренируемых/тестируемых по данным видеозаписи лица использовались интегрированные параметры виброизображения: уровень стрессированности (Ур_Стр), уровень стабильности

(Ур_Ст), уровень активации (Ур_Акт), уровень саморегуляции (Ур_Сам), рассчитываемые по параметрам виброизображения лица человека [2, 4].

На рисунке 1 показана виброграмма тела тренируемого/тестируемого для различных видов поведенческих реакций. Поскольку управление моделью осуществляется с использованием джойстика, наиболее активной является область руки тренируемого/тестируемого.

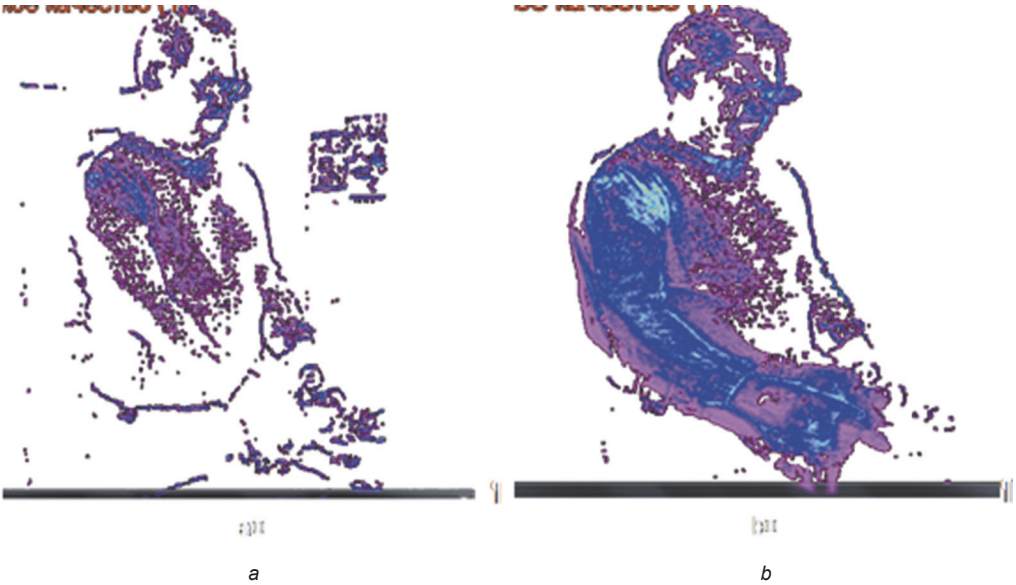

Рис. 1. Виброизображение тестируемого при низкой (*a*) и высокой (*b*) активности движения

Всего технология виброизображения регистрирует более 40 параметров, отражающих различные виды движения и вибрации, и разделенных на 4 основные группы параметров виброизображения: A — параметры амплитуды; F — параметры частоты; S — параметры симметрии; P — пространственные и временные параметры математической обработки [3]. Для оценки поведенческих реакций по данным видеозаписи тела тренируемых/тестируемых по указанным группам параметров виброизображения с использованием факторного анализа [4] были построены 4 новые интегрированные параметра A, F, S и P. Факторный анализ проводился по первичным параметрам, достоверно различающим режимы работы ФОН и НАГРУЗКА.

Установлено, что существует 3 типа поведенческих реакций при выполнении моделируемой деятельности, выполняемой в разных режимах: Тип 1 — типично характерные для режима ФОН, Тип 2 — типично характерные для режима НАГРУЗКА, Тип 3 — встречаемые в обоих режимах (рис. 2).

На рисунке 3 приведены средние значения интегрированных параметров A, F, S и P для различных условий выполнения моделируемой деятельности.

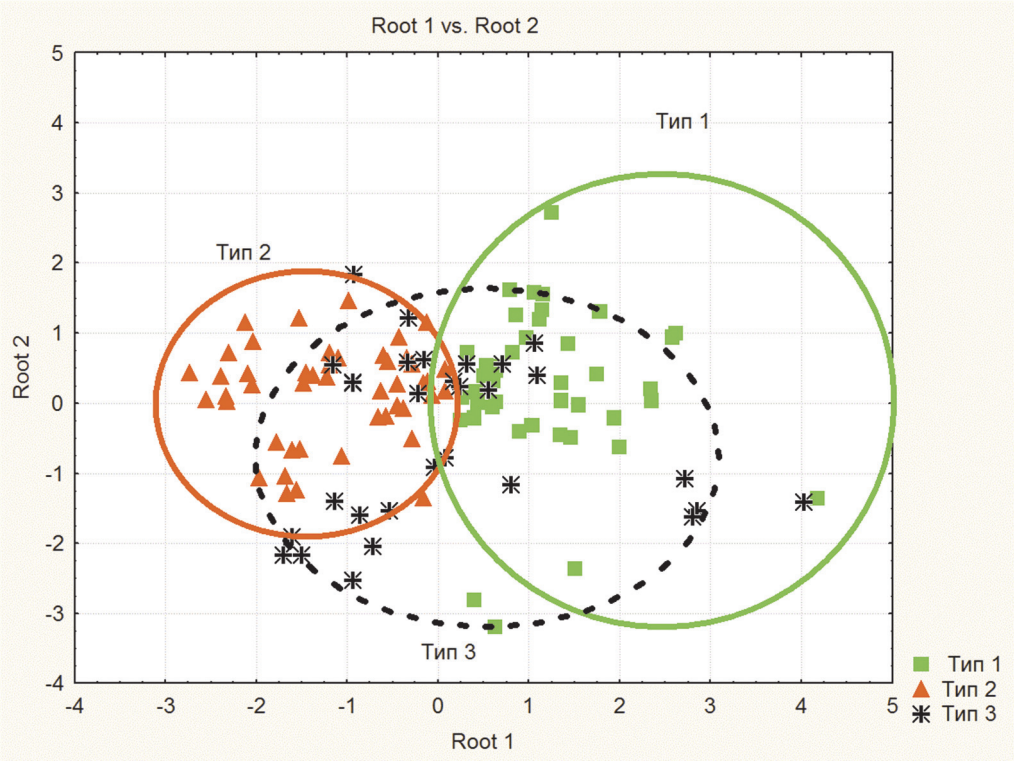

Рис. 2. Распределение типичных поведенческих реакций в осях канонических дискриминантных функций

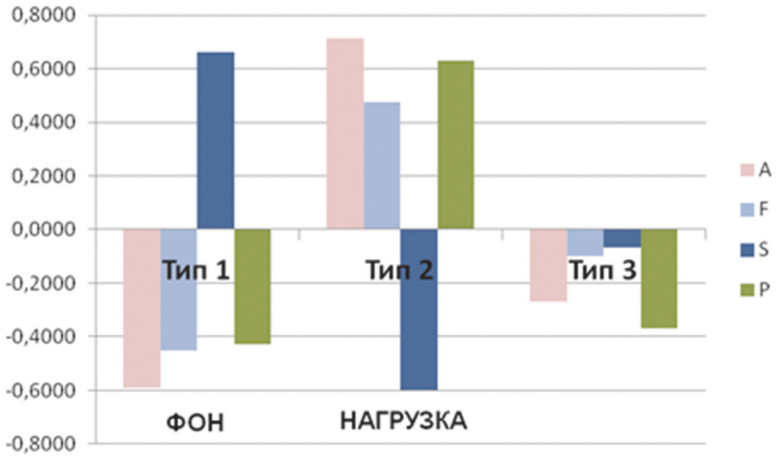

Рис. 3. Средние значения критериев оценки поведенческих реакций при различных режимах работы на психофизиологическом тренажере

Как следует из приведенных результатов, для фонового режима характерны низкие значения амплитуды (A), частоты (F), дисперсии (P) и высокие симметрии (S) в колебании тела тренируемого/тестируемого. Уровень поведенческой активности является низким и соответствует задачам, решаемым в имитационной модели деятельности. В режиме НАГРУЗКА повышается уровень психоэмоционального напряжения тренируемого/тестируемого, что находит отражение в ухудшении параметров поведенческой реакции: увеличении амплитуды, частоты и равномерности движений, снижении их симметричности. Однако в обоих режимах работы встречаются поведенческие реакции со средней интенсивностью параметров движений.

Взаимосвязь параметров виброизображения лица и тела тренируемых/тестируемых оценивалась с использованием канонического корреляционного анализа [5]. Установлена высокая взаимосвязь сравниваемых параметров: коэффициент канонической корреляции является высоким (R = 0,84) и достоверным (Хи-квадрат = 74,5, p = 0,0000001). Факторная структура канонической переменной Root 1, соответствующая данному R, приведена в таблице 1.

Таблица 1

Факторная структура канонической переменной параметров виброизображения лица и тела выполняющих моделируемую деятельность

Параметры виброизображения лица	Root 1
Уровень стрессированности, Ур_Стр, усл. ед.	0,70
Уровень стабильности Ур_Стаб, усл. ед.	–0,45
Уровень активации Ур_Акт, усл. ед.	–0,49
Уровень саморегуляции Ур_Сам, усл. ед.	–0,12
Параметры виброизображения тела	Root 1
Интегрированная амплитуда движений A, усл. ед.	0,77
Интегрированная частота движений F, усл. ед.	0,43
Интегрированная симметрия движений S, усл. ед.	0,31
Интегрированная дисперсия движений P, усл. ед.	0,31

Из приведенных данных следует, что чем выше уровень стрессированности тренируемого/тестируемого, сопровождаемый снижением стабильности психофизиологического состояния, снижением уровней активации и саморегуляции, тем выше амплитуда, частота, дисперсия и асимметрия движений.

Это позволяет, в зависимости от возможности размещения средств видеорегистрации, для оценки текущего психофизиологического состояния использовать как запись лица работника, так и его тела.

Выводы

1. Технология виброизображения позволяет эффективно оценивать текущее психофизиологическое состояние человека при выполнении моделируемой деятельности. Это дает основание для ее применения при оценке эффективности взаимодействии человека с техническими и информационными системами в целях повышения надежности человеческого фактора.

2. Разработанные критерии оценки поведенческих реакций позволяют, в зависимости от возможности размещения средств видеорегистрации для оценки текущего психофизиологического состояния, использовать как запись лица работника, так и его тела.

Литература:

1. *Минкин В. А.* Виброизображение. СПб.: Реноме, 2007.
2. *Бобров А. Ф., Минкин В. А., Щебланов В. Ю., Щелканова Е. С.* Бесконтактная диагностика психофизиологического состояния в тренажерной подготовке лиц опасных профессий // Медицина катастроф. 2016. № 4. С. 55–59.
3. Система контроля психоэмоционального состояния человека VibraImage 10 PRO [Электронный ресурс]. СПб.: МП «Элсис», 2019. URL: http://psymaker.com/ru/support/downloads (дата обращения: 21.03.2019).
4. *Щелканова Е. С.* Бесконтактная экспресс-диагностика психофизиологического состояния лиц опасных профессий // Медицина катастроф. 2018. № 3. С.23–28.
5. *Ким Дж.-О., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р. и др.* Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Под ред. И. С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.