СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В. П. Создание трёхмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 496 с.

2. Большаков В. П., Бочков А. Л., Лячек Ю. Т. Твердотельное моделирование детадей CAD-системах:AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo. СПб.: Питер, 2015. 480 с.

3. Большаков В. П., Бочков А. Л., Сергеев А. А. 3-D моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex: учеб. курс (+DVD). СПб.: Питер, 2011. 336 с.

V. P. Bolshakov
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

A. V. Chagina
Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics

TEST TASKS ON ENGINEERING AND COMPUTER GRAPHICS

Are presented examples of test tasks. They are created for identification of level of knowledge and abilities of realization of the main stages of creation of solid modeling of details and simple assemblies. Are shown possibilities of increase of intellectual loading of tests and expansion of the training testing functions.

Test, image, knowledge, abilities, solid modeling, engineering computer graphics

УДК 004,159.99

С. А. Кудряков, Ю. Б. Остапченко, Е. В. Постников, С. А. Беляев
ОАО «Научно-инженерный центр Санкт-Петербургского электротехнического университета»

Упрощенный метод автоматического контроля эмоционального состояния обучаемых при работе с автоматизированными обучающими системами

Рассматриваются современные требования к системе профессиональной подготовки специалистов по формированию необходимых навыков и компетенций на основе использования автоматизированных и автоматических обучающих систем. Для повышения эффективности процесса обучения предлагается дополнять такие системы каналами контроля эмоционального состояния обучающегося в реальном времени. Предлагается схема упрощенной системы автоматического мониторинга эмоционального состояния на основе видеонаблюдения. Приводятся результаты апробации предлагаемой системы.

Профессиональная подготовка, тренажеры, профессиональная адаптация, навыки, эмоциональное состояние, эффективность обучения, эмоции, эмоциональный контроль

Коренные изменения условий труда, связанного с эксплуатацией комплексных сложных технических объектов, выдвигают принципиально новые требования к процессу подготовки соответствующих специалистов.

В процессе реальной деятельности по эксплуатации сложных технических систем помимо наличия сформированных компетенций от специалистов требуется поддержание высокого уровня психофизиологических характеристик, обеспечивающих эффективное выполнение поставленной задачи при изменении условий окружающей среды. В нештатных ситуациях возникновение психологического ступора или временная утрата

способности к контролируемой волевой деятельности может приводить к серьезным авариям и катастрофам.

Одной из наиболее перспективных образовательных технологий, позволяющих обеспечить высокий уровень практической подготовки специалистов, является разработка и применение различных компьютеризированных технических средств и наглядных пособий, конкретный вид которых зависит от этапа обучения.

В табл. 1 приведена обобщенная схема соответствия этапов обучения специалистов и применяемых технических средств.

Таблица 1

Этап обучения	Применяемые технические средства
Знание	Интерактивные учебники
Умение	Обучающие аппаратно-программные комплексы
Навык	Интеллектуальные тренажеры

Обобщенно все представленные в таблице технические средства обучения можно отнести к автоматизированным обучающим системам (АОС), позволяющим моделировать различные виды деятельности специалистов. Используемые в настоящее время АОС, как правило, связаны с конкретными образцами техники и типовыми технологическими операциями, проводимыми при их эксплуатации, что существенно ограничивает возможности их применения для обучения специалистов по эксплуатации перспективных образцов техники [1], [2].

Для увеличения функциональной надежности подготавливаемых специалистов, а также объективизации заключений о степени выработки и устойчивости полученных новых навыков представляется целесообразным использовать контроль психофизиологического состояния оператора во время выполнения реальной или учебной деятельности. Эти наблюдения позволяют оценить психофизиологическую «стоимость» выполнения конкретного задания персонально для каждого специалиста.

Схема контроля с использованием приборного оборудования (рис. 1) предполагает применение дополнительных технических средств, позволяющих оценить текущее психофизиологическое состояние субъекта.

Этот вариант поведения может использоваться как в режиме реальной работы индивида для обеспечения текущего внешнего контроля его состояния, так и в тренировочных целях, обеспечивая наглядность наблюдений за собственным состоянием индивида и контроля освоения им методик эффективного поведения в различных ситуациях.

Поскольку изменение функционального состояния организма сопровождается различными вегетативными реакциями, то наблюдение за ними часто применяется для диагностики изменения соответствующих состояний. Наиболее часто для контроля изменений состояния используются показатели сердечно-сосудистой, мышечной, дыхательной и других систем организма, которые могут быть измерены приборными методами как инвазивного, так и неинвазивного типа [3]–[5].

Другой вариант контроля изменений состояния оператора состоит в использовании видеонаблюдения и мониторинга внешних проявлений в мимике, пантомимике и речи. Данное направление позволяет производить мониторинг дистанционно, без непосредственного контакта техни-

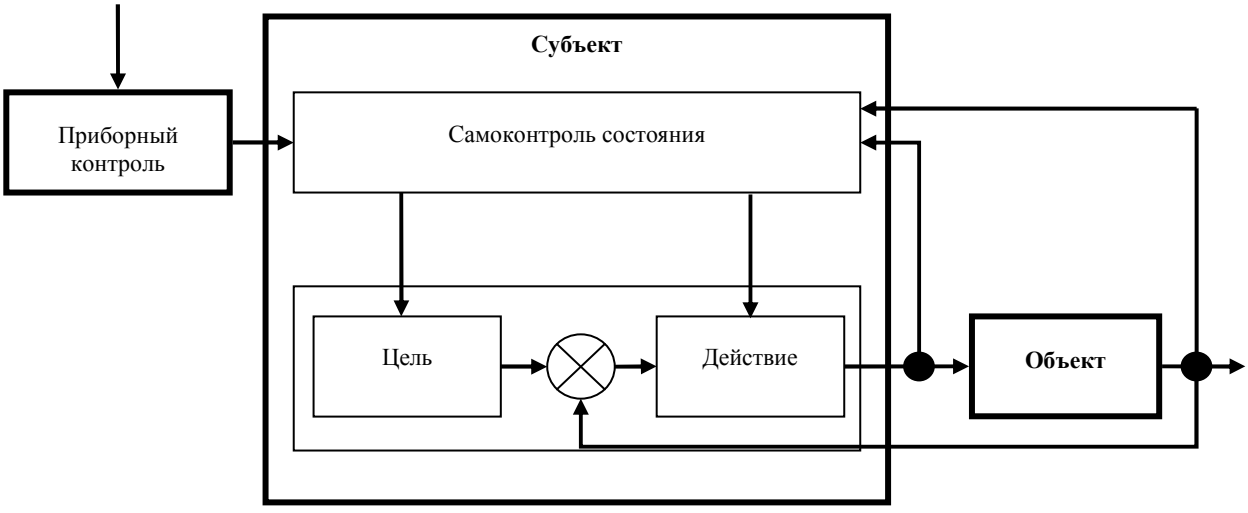

Рис. 1

ческой аппаратуры с телом оператора. При этом использование информации о внешнем проявлении изменяющихся эмоций для оценки функционального состояния оператора выглядит достаточно перспективным если не в отдельном применении, то, как минимум, в качестве одного из каналов гибридных систем мониторинга [6].

Для количественной оценки эмоциональной изменчивости состояния человека необходимо выбрать удобную систему координат, позволяющую сопоставить каждой выбранной эмоции соответствующее числовое значение с возможностью вычисления в данной системе координат «расстояния» между различающимися эмоциональными состояниями.

Наиболее простой выбор необходимого базиса может быть реализован в пространстве «удовольствие-неудовольствие» × «возбуждение-успокоение» с круговым представлением эмоциональных состояний по шкале Вудворта–Шлосберга, пример которой приведен на рис. 2 [7].

Рассмотренный вариант оценки эмоционального состояния базируется на шести архетипических эмоциональных проявлениях, которые можно условно обозначить, как E_1, E_2, …, E_6.

Количество базовых эмоциональных состояний может быть выбрано различным (чаще всего от 6 до 10), что не изменяет основную идею метрического измерения «расстояния» между эмоциональными состояниями в полярных 2D-координатах [8]–[10].

Чем больше расстояние между отдельными позициями на шкале, тем менее сходны соответствующие мимические выражения; но поскольку шкала имеет круговую форму, за эмоцией 6 следует эмоция 1, что означает «родственность» этих эмоциональных состояний и способов их мимического выражения.

Наиболее интересные результаты в данном направлении получили П. Экман и В. Фризен [11], которые разработали унифицированную систему идентификации лицевых движений.

Недостаток этого подхода состоит в том, что при слабых мимических проявлениях изменения эмоционального состояния все они оказываются в окрестности выбранной системы начала координат и поэтому трудно различимы между собой.

Для устранения данного недостатка предлагается модифицировать систему координат, представленную на рис. 2, к виду, изображенному на рис. 3. В предлагаемом варианте введена новая область, условно обозначенная E_0 и соответствующая слабым проявлениям любого из базовых эмоциональных состояний. Таким образом, в алгоритм идентификации эмоциональных состояний вводится принудительное «загрубление», выполняющее роль регулируемой зоны нечувствительности.

Для практического использования в рамках обозначенной выше задачи приборного контроля состояния оператора и привлечения его внимания к произошедшим изменениям важно не столько, в каком именно состоянии находится оператор, сколько отличие текущего состояния от его индивидуальной рабочей «нормы». По этой причине процедуру эмоциональной дифференциации ми-

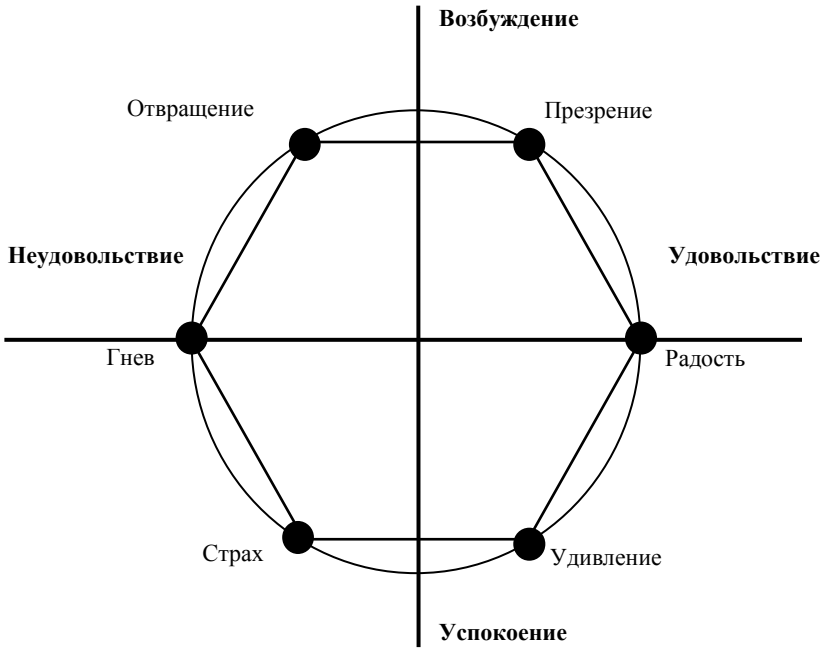

Рис. 2

мических проявлений эмоционального состояния удалось упростить и количественно охарактеризовать введением коэффициентов, характеризующих стабильность нейтрального состояния, с одной стороны, и мимическую подвижность – с другой. Для этого были использованы 2 синтетических коэффициента

$$I_A = \frac{\sum_{j=1}^{N-1}(\varphi_{j+1} - \varphi_j)}{N-1}$$

и

$$I_0 = \frac{N_{E_0}}{N},$$

где I_0 – коэффициент эмоционально-мимической нейтральности; I_A – коэффициент эмоционально-мимической активности; $E_0, E_1, ..., E_M$ – используемый набор базовых эмоциональных состояний в соответствии с рис. 3; N – количество изображений, проанализированных за интервал наблюдения $t \in [t_0, t_0 + \Delta tN]$; φ_j – угловая координата, соответствующая мимическому состоянию, зафиксированному в момент времени $t_0 + \Delta t(j-1)$ на координатной плоскости эмоциональных состояний; $N_{E_0}, N_{E_1}, ..., N_{E_M}$ – количество идентифицированных мимических состояний, соответствующих выбранным базовым состояниям.

Мониторинг во времени проводился посредством отслеживания изменений значений указанных коэффициентов между промежутками ΔtN.

Для устранения влияния краткосрочных мимических проявлений использовалась обычная экспоненциальная низкочастотная фильтрация введенных коэффициентов в дискретном времени:

$$\widehat{I_A}(\tau+1) = (1-\alpha)\widehat{I_A}(\tau) + \alpha\widehat{I_A}(\tau),$$
$$\widehat{I_0}(\tau+1) = (1-\alpha)\widehat{I_0}(\tau) + \alpha\widehat{I_0}(\tau),$$

где α – коэффициент экспоненциального забывания; τ – символ дискретного «медленного» времени, единица изменения которого соответствует интервалу ΔtN; $\widehat{I_A}(\tau), \widehat{I_0}(\tau)$ – динамические оценки соответствующих коэффициентов.

Варьирование параметрами α и τ позволяет настроить систему мониторинга с учетом конкретных прикладных задач и обеспечить требуемый интервал минимальной серии наблюдений и заданную скорость адаптации динамической оценки к изменению мимического выражения лица оператора.

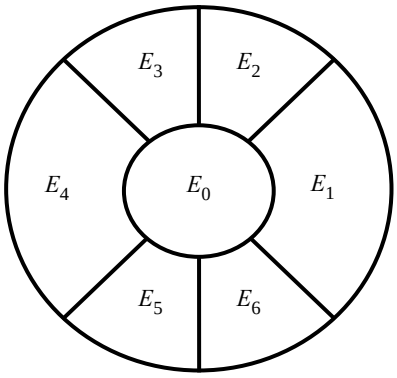

Рис. 3

Для повышения достоверности получаемых результатов в систему визуальной идентификации мимической эмоциональной реакции оператора был дополнительно введен блок индивидуальной

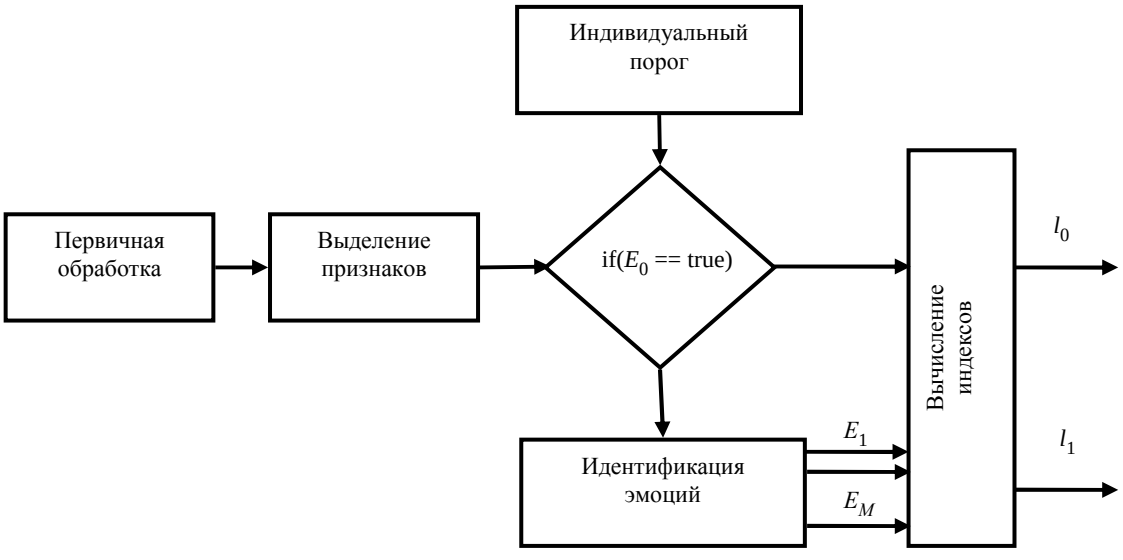

Рис. 4

Таблица 2

Параметр	Без системы мониторинга		С системой мониторинга	
	Среднее	СКО	Среднее	СКО
Время реакции, с	0.73	0.045	0. 64	0.028
Ошибки, %	0.16	0.081	0.11	0.062

настройки, который использовался в режиме обучения системы распознавания. Данный блок вычислял индивидуальное пороговое значение мимической реакции, которое использовалось в дальнейшем для определения границ нейтрального мимического состояния. В качестве дополнительного сигнала на этапе обучения системы распознавания применялся сигнал о кожно-гальванической реакции оператора, который широко используется в различных системах оценки текущего состояния операторов и дает высокую корреляцию с данными других медико-физиологических измерений. В результате для каждого оператора создавалась индивидуальная координатная плоскость из семи эмоциональных состояний, общий вид которой приведен на рис. 3.

Обобщенная схема использованной системы мониторинга мимической реакции, основанной на вычислении индексов эмоционально-мимической нейтральности и активности, представлена на рис. 4.

Апробация предложенной методики проводилась в несколько этапов:

1. Сбор обучающих выборок для индивидуальной подстройки алгоритма под конкретного оператора. В процессе обучения системы распознавания были проведены эксперименты с группой курсантов, состоящей из 25 мужчин в возрасте от 18 до 22 лет. Испытуемым предлагалось выполнение как логических задач, связанных с решением математических головоломок, так и задач слежения за маневрирующим объектом с помощью подвижной рукоятки управления. В алгоритм контроля правильности выполнения задач были специально внесены ошибки (о которых испытуемые не знали), вызывающие различные эмоциональные проявления.

2. Эксплуатация системы, при которой данные измерений были доступны только внешнему наблюдателю и не доступны оператору.

3. Эксплуатация системы, при которой данные о коэффициентах эмоциональной нейтральности и эмоциональной активности выводились на специальный дисплей и были доступны для оператора. При превышении порогового значения индекса эмоциональной нейтральности в течение заданного интервала времени дополнительно подавался звуковой сигнал.

В эксперименте сравнивалась результативность работы операторов по простой зрительно-моторной реакции на световую вспышку. Измерения проводились в двух режимах: первый выполнялся операторами без применения системы мониторинга эмоционального состояния, а второй – с возможностью оператора отслеживать изменения своего эмоционального состояния с помощью описываемой системы.

Сравнение проводилось по результатам анализа времени и точности реакций на псевдослучайную последовательность световых стимулов (вспышки электрической лампочки) трех различных цветов: красный, желтый, зеленый. Длительность эксперимента составляла 30…40 мин сериями по 1…1.5 мин с перерывами 30…45 с без подачи световых сигналов. Для целей сравнения использовались данные о среднем времени реакции, его среднеквадратическое отклонение (СКО), а также число допущенных ошибок. Сравнительные данные приведены в табл. 2.

Полученные результаты показали не только уменьшение среднего времени реакции и числа ошибок, но и снижение СКО, что свидетельствует о большей стабильности работы с системой мониторинга. Конечно, на достигнутые результаты помимо эффективности системы мониторинга могли повлиять и другие факторы (эффект врабатывания при повторных испытаниях, ощущения повышенной ответственности при работе с действующей аппаратурой и т. п.). Для более обоснованных и детализированных выводов, безусловно, требуется проведение сравнительных экспериментов с более представительной выборкой операторов и использование более детализированной и многофакторной схемы сравнения результатов. В связи с этим полученные данные следует рассматривать как предварительные пилотные эксперименты, позволяющие обосновать правомочность постановки задач дальнейших исследований в направлении создания автоматизированных систем для контроля состояний операторов в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспрофессиональная подготовка современных специалистов: миф или реальная необходимость / С. А. Кудряков, Ю. Б. Остапченко, Е. Н. Шаповалов, В. В. Романцев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. № 8. С. 94–98.

2. Проблемы профессиональной подготовки специалистов для эксплуатации сложных технических объектов в современных условиях / Ю. Б. Остапченко, С. А. Кудряков, В. В. Романцев, С. А. Беляев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. № 8. С. 90–94.

3. Кудряков С. А. Параметрические модели пульса и перспективы их использования // Науч. приборостроение. 1992. Т. 2, № 1. С. 85–100.

4. Кудряков С. А., Комарова М. Е. К вопросу контроля текущего состояния человека-оператора // Проблемы летной эксплуатации и безопасности полетов. 2010. Вып. IV. С. 162–171.

5. Кудряков С. А., Комарова М. Е. ДГС. Методика совершенствования навыков эффективного поведения. СПб: Свое изд-во, 2011. 146 с.

6. Jeffrey F. Cohn. Advances in Behavioral Science Using Automated Facial Image Analysis and Synthesis // IEEE Signal processing magazine. 2010. Nov. P. 129–133.

7. Ekman P., Friesen W. The Facial Action Coding System. San Francisco, CA: Consulting Psychologists Press, 1978.

8. Plutchik R. Emotion: A Psychoevolutionary Synthesis. New York: Harper & Row, 1980.

9. Изард К. Э. Психология эмоций. СПб.: Питер, 1999. 464 с.

10. Russel J. A. Is there universal recognition of emotion from facial expression? A review of cross cultural studies // Psychological Bullttin. 1994. Vol. 115. P. 102–140.

11. Ekman P., Hager J., Rosenberg E. FACSAID: A computer database for predicting affective phenomena from facial movement. URL: http://www.nirc.com/facsaid.html.

S. A. Kudryakov, Yu. B. Ostapchenko, E. V. Postnikov, S. A. Belyaev
REC&ETU Research and engineering center of Saint-Petersburg electrotechnical university

SIMPLIFIED METHOD FOR THE AUTOMATIC CONTROL OF THE EMOTIONAL STATE OF LEARNERS WORKING WITH AUTOMATED TRAINING SYSTEMS

The modern requirements to the system of professional training to build necessary skills and competencies through the use of automated and automatic learning systems are described in the article. To improve the efficiency of studying process are encouraged to complement these systems control channels learners emotional state in real time. The scheme of the simplified system of video surveillance automatic monitoring of pupil's emotional state is offered. The results of testing are described.

Training, trainers, professional adaptation, skills, emotional state, the effectiveness of training, emotions, emotional control