

УДК 621.317.3:004.3

И.В. Петухов

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОФПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ¹

Петухов Игорь Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор Марийского государственного технического университета, лауреат Государственной премии Республики Марий Эл в области науки и техники. Имеет статьи и изобретения в области исследования человеко-машинного взаимодействия, оценки профпригодности персонала, разработки человеко-ориентированных средств отображения информации. [e-mail: laboratory502@rambler.ru].

Аннотация

Разработан аппаратно-программный комплекс, позволяющий автоматизировать оценку профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем. Комплекс реализует оригинальные авторские психофизиологические методы тестирования и может быть использован в том числе для подготовки и тренировки персонала.

Ключевые слова: человеко-машинные системы, человек-оператор, профпригодность.

Igor Valeryevich Petukhov, Candidate of Engineering, Associate Professor, Professor at Mari State Technical University; laureate of the State Prize of the Mari-El Republic in the field of science and engineering; has articles and inventions in the field of man-machine interaction, evaluation of staff aptitude, development of human-oriented facilities of data display. e-mail: laboratory502@rambler.ru.

Abstract

In order to automate evaluation of aptitude of man-machine system operators, a hardware and software system was developed. The System implements original psycho-physiological test methods and can be used for staff training.

Key words: man-machine systems, human operator, vocational aptitude.

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития производства предполагает активное внедрение средств автоматизации, обеспечивающей повышение производительности и надежности. В то же время, следует констатировать и важность роли человека-оператора в контуре управления. Это обусловлено тем, что уровень развития средств вычислительной техники еще далек от интеллектуальных возможностей человека, способного принимать решения в условиях дефицита информации и неопределенности.

Вместе с этим, надежность человека-оператора в контуре управления ниже надежности технических средств. Так, считается, что более 70% аварий и несчастных случаев происходит по причинам, связанным с влиянием человеческого фактора [1].

Это обусловлено значительным информационно-технологическим усложнением профессиональной деятельности человека, увеличением нагрузки на воспринимающие, опознающие и принимающие решение системы.

Согласно этому, для обеспечения надежной работы человеко-машинной системы человек-оператор должен обладать высокой скоростью восприятия и переработки информации, способностью к прогнозированию и принятию решений в условиях дефицита времени, поддер-

живать высокий уровень работоспособности в течение длительного периода времени, что и лежит в основе так называемых профессионально важных качеств (ПВК) оператора.

Таким образом, очевидно, что исследование ПВК и оценка профессиональной пригодности человека к определенному виду операторской деятельности является важной и актуальной задачей, решение которой необходимо для обеспечения надежности человеко-машинных систем.

Целью работы является разработка аппаратно-программного комплекса, позволяющего автоматизировать исследование ПВК и оценку профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Независимо от конкретного вида деятельности операторов, считается, что операторский труд состоит из следующих этапов [2]:

- прием и восприятие поступающей информации;
- оценка и переработка информации;
- принятие решения;
- реализация принятого решения;
- проверка решения и его коррекция.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта по аналитической ведомственной целевой программе «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)» № 2.1.1.2/4841 «Методическое, алгоритмическое и программно-техническое обеспечение исследования временных аспектов сенсорного восприятия человека-оператора».

Для каждого из представленных этапов характерны определенные действия человека-оператора, успешность выполнения которых зависит от степени развития определенных ПВК.

Так, на первом этапе операторской деятельности в качестве ПВК выделяют внимание и способность к переключению. Для этапа оценки и переработки информации важны скорость переработки информации и память оператора. Для этапа принятия решений актуально наличие технического интеллекта, способности к зрительному анализу, синтезу и вероятностному прогнозированию. На последующих этапах операторской деятельности добавляется еще и точность зрительно-моторных действий.

Очевидно, что для успешного выполнения своих профессиональных обязанностей человек должен обладать не простым набором отдельных ПВК, а их системой, которая у разных профессионалов может не совпадать по составу, структуре, степени выраженности или включенности ПВК в процесс решения задачи.

Задача исследования свойств нервной системы, влияющих на успешность выполнения операторских функций, не является новой.

Существует значительное количество психофизиологических тестов для исследования отдельных свойств нервной системы, особенностей выполнения испытуемым определенных задач, разработан комплекс технических средств для их осуществления.

В то же время установлено, что автоматизированных средств, позволяющих на высоком научно-техническом уровне осуществить полный цикл исследования и оценить профессиональную пригодность при обеспечении достаточной точности и достоверности, не существует. Это обусловлено в первую очередь отсутствием единой методологической базы проведения исследований, использованием набора методов и технических средств, разработанных различными авторами для решения частных специфических задач, а не их системы.

Таким образом, необходима разработка новых технических средств, реализующих единый методологический подход к исследованию профессиональной пригодности человека-оператора.

На основании анализа известных психофизиологических тестов по литературным источникам предложено использовать два типа психофизиологических тестов:

1) тестов для исследования свойств нервной системы, отвечающих за скорость, точность зрительного восприятия и способность оценки и переработки зрительной информации;

2) тестов для исследования когнитивных функций, отвечающих за способность к анализу, психомоторной координации, прогнозированию и точности зрительно-моторных действий.

При этом следует отметить, что данное деление условно, так как каждый из психофизиологических тестов характеризует не одно свойство нервной системы, а их систему.

В качестве тестов первой группы были проанализированы тесты определения критической частоты световых мельканий (КЧСМ) [3], времени зрительного восприятия (ВЗВ) [4, 5], времени восстановления (ВВ) зрительного

анализатора [6, 7], времени ощущения (ВО) зрительного анализатора [8, 9], времени инерционности зрительной системы [10], времени зрительного опознания [11], лабильности зрительного анализатора [12].

В процессе анализа было установлено, что тесты по определению КЧСМ, ВЗВ, ВВ и ВО предполагают предъявление испытуемому определенной последовательности световых импульсов посредством точечного источника световых мельканий. Определяют частоту световых мельканий, которую способен воспринимать зрительный анализатор (КЧСМ); время, необходимое для возникновения зрительного ощущения сигнала (ВО), время сохранения зрительного впечатления воспринятого сигнала (ВВ) и минимальный период с момента следования первого сигнала до момента следования второго сигнала, когда сигналы воспринимаются раздельными (ВЗВ). При этом во всех тестах используется прямоугольная форма световых импульсов типа «да-нет».

Тесты по определению времени инерционности зрительной системы [10] предполагают оценку способности к временному дифференцированию двух сигналов, каждый из которых поступает на свой источник световых мельканий. В этом случае задачей испытуемого является определить, какой из сигналов поступил первым. Данная задача имеет большее отношение к проблеме исследования разрешающей способности зрительного анализатора. Кроме того, предполагается использование двух точечных источников световых мельканий, которые физически должны быть разнесены в пространстве, вследствие чего происходит световая стимуляция различных участков сетчатки, которая не является однородной по своей структуре. В результате возникает проблема обеспечения точности и достоверности результатов эксперимента.

Тесты по определению времени зрительного опознания ориентированы на выявление минимального времени для опознания какого-либо стимула. При этом принято использовать буквенные, цифровые и другие виды тестовых стимулов. Следует отметить, что в этом случае используется перцептивно сложная зрительная информация, скорость опознания которой зависит от языковых, национально-культурных и других особенностей испытуемого.

Тесты по определению лабильности позволяют оценить максимальную частоту следования информационных сигналов, каждый из которых испытуемым воспринимается в качестве самостоятельного. В тестах используются световые импульсы прямоугольной формы и различной длительности, поступающие на точечный источник света.

В качестве тестов второй группы проведены анализ тестов по оценке времени реакции на движущийся объект (РДО) [13, 14], подвижности нервных процессов человека с использованием теста Стрелая [15], способности к дифференцированию по категориям слов [16], тест на оперативную память человека [17], интеллектуальный тест Кеттелла [18], тест «механической понятливости» Беннета, тест «Сложные аналогии» [1] и тест Амтхауэра [19].

Наибольший интерес представляет тест РДО, являющийся сложным зрительно-моторным тестом, позволяющим оценить соотношение процессов возбуждения и

торможения в центральной нервной системе, исследовать способность к точному восприятию времени и пространства, прогнозированию [13]. Суть метода РДО заключается в определении точки встречи движущегося объекта с неподвижной точкой, заранее указанной в словесной инструкции. Задача испытуемого, пытающегося точно остановить движущийся объект в указанной ему точке, состоит в нахождении некоторой величины упреждения с учетом скорости движения объекта, оставшегося расстояния и своих скоростных возможностей [20].

Метод РДО позволяет изучать процесс саморегуляции, поиска минимальных коррекций, приводящих к желаемому результату в оценке времени и пространства, умение предвидеть положение объекта на некоторое время вперед, т. е. способность к экстраполяции. Кроме того, сам характер поисковых действий раскрывает некоторые психические особенности испытуемого, которые не удается объективно зарегистрировать каким-либо иным способом: способность ориентироваться в новой обстановке, умение планировать и рассчитывать свои действия [20]. Помимо этого, тест РДО может использоваться и для оценки подвижности нервной системы человека [21].

На основе анализа известных тестов для проведения тестирования профпригодности операторов человеко-машинных систем были выбраны следующие:

- тесты первой группы: КЧСМ, ВВ, ВЗВ, лабильность нервной системы;
- тесты второй группы: РДО, тест «механической понятливости» Беннета.

Методическое обеспечение тестирования

Для практического использования выбранных тестовых методик оценки профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем была осуществлена модернизация известных способов с целью обеспечения единого методического подхода к проведению исследований.

Основными критериями модернизации являлись:

- обеспечение валидности (прогностической ценности), т. е. соответствия теста своему назначению;
- надежность теста, определяемая стабильностью его результатов при выполнении задания одним и тем же испытуемым;
- дифференцированность и адекватность теста, его направленность на оценку определенного качества или группы качеств.

При выполнении указанных условий окончательный выбор оставался за методиками, которые обеспечивали:

- единый методический подход, заключающийся в максимальной перцептивной простоте стимульного материала, восприятие которого не предполагает использования мнестических функций;
- потенциал использования одного теста для оценки нескольких ПВК;
- проведение многократного тестирования для решения задач профподготовки и тренировки персонала;
- возможность применения теста в коллективном обследовании, характеризующуюся его доступностью, простотой выполнения, возможностью применения при

ограниченном количестве персонала, проводящего тестирование, а также небольшими материальными затратами;

- возможность автоматизации процесса тестирования.

Тесты первой группы осуществлялись согласно следующему способу. Испытуемому предъявляли последовательность световых импульсов фиксированной длительности τ_u .

При выполнении теста по оценке ВВ и ВЗВ импульсы предъявлялись парными с фиксированным интервалом повторения T [22], как показано на рисунке 1 а.

Длительность межимпульсного интервала (МИИ) $t_{мии}$ уменьшали до момента возникновения субъективного ощущения слияния световых импульсов в паре.

Время восстановления принимали равным длительности МИИ в момент субъективного слияния световых импульсов в паре, а ВЗВ – равным сумме длительности импульса τ_u и длительности МИИ в момент субъективного слияния световых импульсов в паре.

При выполнении теста КЧСМ испытуемому предъявляли непрерывную последовательность световых импульсов, как показано на рисунке 1 б. Частоту световых импульсов увеличивали до некоторого значения КЧСМ – момента субъективного ощущения, при котором наблюдалось слияние световых мельканий.

Изменение длительности МИИ и частоты световых мельканий осуществляли по методу последовательного приближения с дискретным изменением параметра на последнем этапе. При этом изменение регулируемого параметра на последнем этапе измерений производили от ощущения раздельности световых импульсов к ощущению слияния световых импульсов.

Среди тестов второй группы была произведена модификация теста РДО.

Учитывая особенности профессиональной деятельности операторов человеко-машинных систем, были разработаны модификации теста РДО: способ оценки времени РДО, движущийся по направлению к испытуемому (рис. 2 а) [23], способ оценки времени РДО, с исчезновением объекта (рис. 2 б) [24], способ оценки времени РДО, движущийся по произвольной траектории (рис. 2 в) [25].

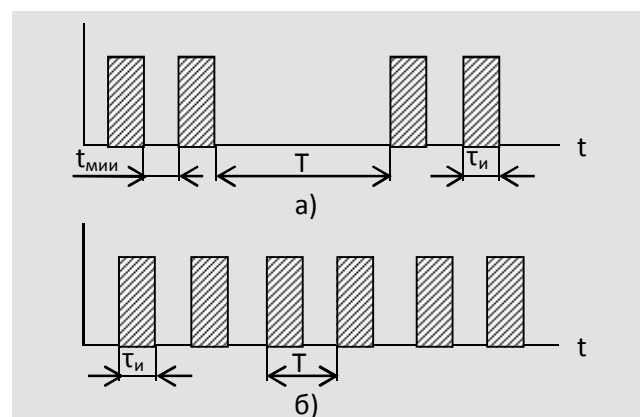


Рис. 1. Временная диаграмма световых импульсов

При реализации первого способа испытуемый наблюдал за тестовым объектом 2, увеличивающимся в размерах и имитирующим его приближение к граничному объекту 1. Перед испытуемым ставилась задача определить момент соответствия размеров тестового объекта и граничного объекта, нажав кнопку «Фиксация» пульта испытуемого (рис. 2 а).

При реализации второй модификации метода РДО испытуемому предъявляли тестовый объект 2, движущийся по окружности 4. Отличительной особенностью представленного способа является то, что для оценки способности к прогнозированию и экстраполяции испытуемого на участке траектории 3 движущийся объект невидим для испытуемого. Испытуемый на основании анализа параметров движения объекта 2 на «видимом» участке траектории прогнозировал перемещение объекта на «невидимом» участке траектории и пытался остановить его в момент предполагаемого совпадения с неподвижной меткой 1 (рис. 2 б).

При реализации третьего способа испытуемому предъявляли тестовый объект 2, движущийся внутри ограничивающего контура 4 по траектории 3 по принципу «угол падения равен углу отражения». Испытуемый, наблюдая за траекторией перемещения тестового объекта, фиксировал его положение в момент пересечения им контура 1 (рис. 2 в).

В каждом из способов фиксировали ошибку несовпадения положения движущегося объекта и метки, являющейся оценкой способности испытуемого к восприятию скоростных и пространственных характеристик движения объекта.

Для оценки профессиональной пригодности операторов были разработаны математическая модель на основе нечеткой логики и система экспертной оценки. Оценка операторской пригодности осуществлялась в три этапа:

1. Оценка степени выраженности определенного ПВК (на основе результатов тестирования).
2. Оценка выраженности группировки ПВК в категориях «особо важные качества», «важные качества» и «маловажные качества» (на основе данных первого этапа оценки).

3. Оценка операторской пригодности (на основе данных второго этапа оценки).

В общем виде математическая модель оценки профессиональной пригодности представлена в ранних работах автора [26]. Отличительной особенностью разработанной модели является применение аппарата нечетких множеств уже на этапе тестирования. Модель отражает в общем виде функциональную зависимость показателя операторской пригодности от уровня развития ПВК, определяемых по результатам тестирования на основе методов нечетких множеств, позволяет оценить уровень информационного взаимодействия конкретного индивидуума и технической системы как на отдельных этапах операторской деятельности, так и в целом.

Формирование баз правил для конкретного вида операторской деятельности осуществляется с использованием методов экспертной оценки для каждого конкретного случая, что позволяет транслировать представленную модель в общем виде на частные области операторского труда.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Анализ технических средств, предназначенных для инструментальной реализации выбранных тестов, выявил существование целого ряда приборов и аппаратно-программных комплексов.

Так известны приборы для измерения КЧСМ [3], ВВ [27], ВЗВ [28], лабильности [29], РДО [13, 30]. Известны приборы для системной психофункциональной диагностики человека, включающие в себя ряд выбранных методов [31].

При этом в качестве источника световых мельканий наиболее часто используются светодиодные индикаторы [3] и видеотерминальные устройства отображения информации [32]. В качестве тестовых объектов метода РДО – секундомер [13], блоки светодиодной индикации [33], видеотерминальные устройства [30]. Для проведения тестов с использованием опросников традиционно используют либо отпечатанный раздаточный материал [34], либо компьютерные технологии [35].

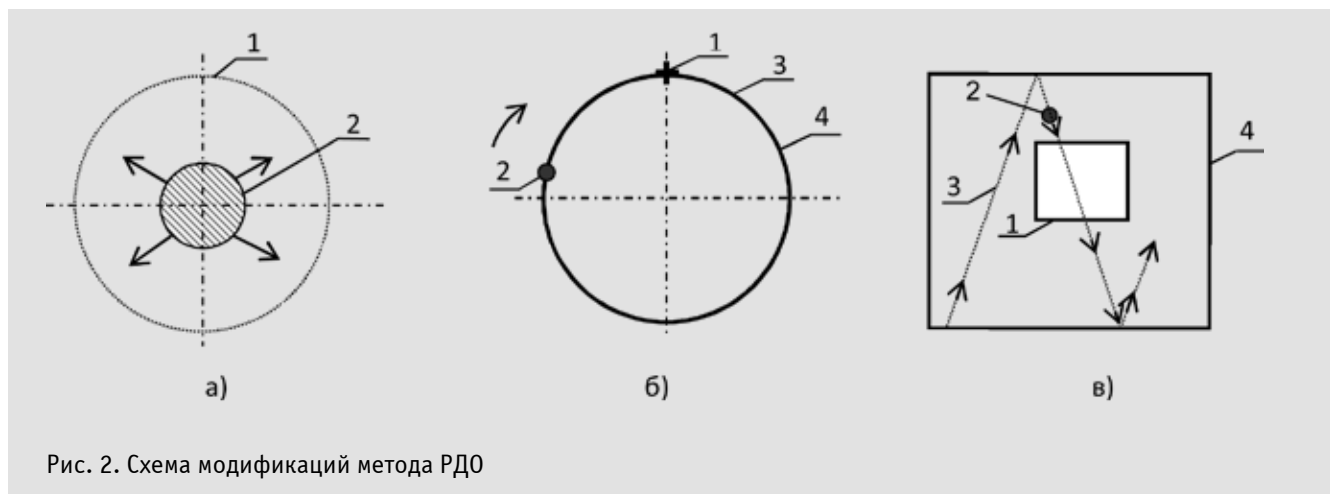


Рис. 2. Схема модификаций метода РДО

Установлено, что, как и в случае с методическим обеспечением, системность технической реализации также отсутствует. Не существует единого технического средства, позволяющего реализовать весь указанный комплекс тестов.

Для устранения данных недостатков разработан аппаратно-программный комплекс, структура которого представлена на рисунке 3.

Аппаратно-программный комплекс может быть реализован на базе 16- или 32-битного микроконтроллера семейства AVR ATMEGA с тактовой частотой 16 МГц от внешнего кварцевого резонатора. Интерфейсное согласование с внешней подключаемой ЭВМ для последующей обработки данных осуществляется посредством стандартного USB-интерфейса и Bluetooth-модуля.

В качестве источника световых мельканий используются светодиодные индикаторы типа АЛ307 диаметром 5 мм с силой света 3,5 мкд. Генератор импульсов представляет собой программируемый генератор с возможностью формирования синусоидальных, треугольных и прямоугольных выходных сигналов, управляемый микроконтроллером.

Индикаторный модуль предназначен для вывода тестовых изображений теста РДО и теста «механической понятливости» Беннета. Кроме того, на индикаторный модуль возможен вывод символьной информации.

Управление параметрами световых импульсов (тесты КЧСМ, ВВ, ВЗВ, лабильность), движением объекта (РДО) или выбора варианта ответа (тест Беннета) осуществляется с использованием пульта испытуемого.

Последовательность выполнения тестов, обработка результатов измерений и их протоколирование в базе данных осуществляется программно.

Обеспечение точности формирования световых импульсов осуществляется за счет использования генератора, с высокими точностными характеристиками. Так, генератор AD9833 имеет тактовую частоту до 25 МГц, позволяет обеспечить низкий уровень искажений на выходе синтезатора и высокую точность перестройки частоты.

Точность определения времени РДО зависит, в том числе, от погрешности средства измерения. При этом, учитывая высокое быстродействие микропроцессора, основной вклад вносит погрешность формирования образа движущегося объекта, которая определяется временем включения и выключения требуемых пикселей дисплея и возможным разрешением изображения.

Использование индикаторных модулей со временем отклика порядка 2 мс позволяет обеспечить высокую точность формирования движущегося объекта. Высокое разрешение изображения обеспечивает плавность движения объекта в силу высокой дискретизации областей изображения.

Формирование общей базы данных с результатами экспериментов, регистрация испытуемых, статистическая



Рис. 3. Структура аппаратно-программного комплекса

обработка результатов измерений осуществляется на внешней ЭВМ с использованием стандартных или специальных пакетов программного обеспечения.

Выводы

Таким образом, был разработан аппаратно-программный комплекс, реализующий комплекс психофизиологических тестов для оценки профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем.

Анализ результатов тестирования с использованием модели оценки операторской пригодности на нечеткой логике позволяет оценить профессиональную пригодность человека к конкретному виду операторского труда.

Апробация представленных результатов осуществлялась посредством оценки профпригодности операторов транспортных средств. Разработка экспертной системы осуществлялась экспертами, в состав которых входили представители службы кадров, государственная инспекция безопасности дорожного движения, психологи медико-биологической поддержки, специалисты в области менеджмента риска.

Разработанный аппаратно-программный комплекс может быть использован для проведения разработанных психофизиологических тестов для оценки профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем в качестве измерителя параметров, поступающих на вход модели оценки операторской пригодности, рекомендован к использованию для оценки профпригодности, профтестирования, подготовки и тренировки персонала.

Аппаратно-программный комплекс отличается высокими функциональными возможностями, открытостью архитектуры и возможностью программного расширения набора психофизиологических тестов, простотой в использовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебова Е.В. Снижение риска аварийности и травматизма в нефтегазовой промышленности на основе модели профессиональной пригодности операторов : автореф. докт. техн. наук. – Уфа, 2008. – 46 с.

2. Стрелков Ю.К. Психологическое содержание операторского труда. – М., 1999. – 196 с.
3. Роженцов В.В. Критическая частота световых мельканий: применение, способы и устройства измерения : монография. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – 156 с.
4. Принятие решения и «средний член» рефлекс по И.М. Сеченову / Э.А. Костандов [и др.] // Физиология человека. – 1979. – Т. 5, № 3. – С. 415–426.
5. Пат. 2209030 Российская Федерация, МКИ⁷ А 61 В 5/00. Способ определения времени восприятия зрительной информации / Роженцов В.В., Петухов И.В. – опубл. 27.07.2003, Бюл. № 21.
6. Lollo V.D., Hogben J.H. Suppression of visible persistence // J. Exp. Psychol.: Hum. percept. and Perform. – 1985. – Vol. 11, № 3. – pp. 304–316.
7. Пат. 2372834 Российская Федерация. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека / Петухов И.В. – опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
8. Луизов А.В. Инерция зрения. – М.-Л.: Оборонгиз, 1961. – 249 с.
9. Пат. 2231293 Российская Федерация, МПК⁷ А 61 В 5/16. Способ определения времени возбуждения зрительного анализатора человека / Роженцов В.В., Алиев М.Т. – опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18.
10. Пат. 2262293 Российская Федерация, МПК⁷ А 61 В 3/02. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека / Петухов И.В., Лежнин А.В., Роженцов В.В. – опубл. 20.10.2005, Бюл. № 29.
11. Long G.M., O'Saben C.L. The changing face of visual persistence // Amer. J. Psychol. – 1989. – Vol. 102, № 2. – pp. 197–210.
12. Пат. 2233115 Российская Федерация, МКИ⁷ А 61 В 5/16. Способ определения лабильности зрительной системы человека / Роженцов О.В., Петухов И.В.
13. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н.М. Пейсахов [и др.] ; под ред. В.М. Шадрина. – Казань : КГУ, 1976. – 238 с.
14. Пат. 2369326 Российская Федерация. Способ оценки времени реакции человека на движущийся объект / Петухов И.В. – опубл. 10.10.2009, Бюл. № 28.
15. Стреляу Я. Роль темперамента в психическом развитии. – М. : Прогресс, 1982. – 231 с.
16. Хильченко А.Е. Методика исследования подвижности основных нервных процессов у человека // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1958. – Т. VIII, вып. 6. – С. 945–948.
17. Ануфриев А.Ф., Костромина С.Н. Как преодолеть трудности в обучении детей. Психодиагностические таблицы. Психодиагностические методики. Коррекционные упражнения. – М. : Ось-89, 1997. – 224 с.
18. Энциклопедия психологических тестов. Мотивационные, интеллектуальные, межличностные аспекты. – М. : АСТ, 1997. – 288 с.
19. Общая психодиагностика / под ред. А.А. Бодалева, В.В. Столина. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 207 с.
20. Пейсахов Н.М. Закономерности динамики психических явлений. – Казань : КГУ, 1984. – 235 с.
21. Пат. 2336021 Российская Федерация. Способ оценки подвижности нервных процессов человека / Петухов А.В., Роженцов В.В. – опубл. 20.10.2008, Бюл. № 29.
22. Петухов И.В., Дегтярев Н.В., Стешина Л.А. Инструментальное обеспечение методов исследования инерционности сенсорных систем человека-оператора // Вестник МарГТУ. – 2010. – № 2. – С. 127–133.
23. Пат. 2400138 Российская Федерация. Способ определения времени реакции человека на движущийся по направлению к нему объект / Петухов И.В., Пуртов А.В., Репин Д.С. – опубл. 27.09.2010, Бюл. № 27.
24. Пат. 2381742 Российская Федерация. Способ определения способности к предвидению событий / Петухов И.В. – опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5.
25. Пат. 2405436 Российская Федерация. Способ определения времени реакции человека на движущийся объект / Петухов И.В. – опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
26. Петухов И.В., Стешина Л.А., Глушкова М.Г. Информационное и математическое обеспечение исследования деятельности оператора человеко-машинных систем // Вестник МарГТУ. – 2010. – № 3. – С. 58–66.
27. Петухов И.В. Методическое и техническое обеспечение оценки времени зрительного восприятия человека-оператора // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 9. – С. 12–16.
28. Петухов И.В. Оценка лабильности нервной системы человека-оператора // Диагностика и контроль. – 2009. – № 11. – С. 37–41.
29. Применение тестовых компьютерных систем в диагностике когнитивных нарушений при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью у детей школьного возраста / О.И. Маслова [и др.] // Медицинская техника. – 2005. – № 1. – С. 7–13.
30. Цагарелли Ю.А. Теория и практика системной диагностики человека. – Казань : Татглимат, 2002. – 168 с.
31. US 006129436A US A61 В3/08/ Method and device for visual examination // Y. Treskov, E. Treskova / Publication 10.10.2000.
32. Песошин А.В. Метод и программно-техническое обеспечение оценки соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе человека: дисс... канд. техн. наук, – Казань, 2009. – 135 с.
33. Васильева Т.И., Подковкин В.Г. Влияние компьютера на содержание гормонов в слюне школьников // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. Спец. вып. – 2003. – С. 156–164.
34. Экспериментальная психология: учебник для вузов / В.Н. Дружинин. – 2-е изд., доп. – СПб., 2003. – 319 с.
35. Макаренко В. Компоненты для построения беспроводных устройств связи. Ч. 7. Синтезаторы частоты прямого цифрового синтеза // Телекоммуникации и связь. – 2010. – № 1. – С. 34–46.