**Плотников Сергей Владимирович. Алгоритмическое и аппаратное обеспечение автоматизированной системы тестирования операторов сложных технологических установок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.06 / Плотников Сергей Владимирович; [Место защиты: Ин-т информатизации образования Рос. акад. образования].- Шуя, 2010.- 114 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/1984**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«ШУЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

***На правах рукописи***

***РУЭиО/ООУХ 11*

Плотников Сергей Владимирович

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ  
ОПЕРАТОРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Специальность 05.13.06 - автоматизация и управление  
технологическими процессами и производствами (образование)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, ст. научный сотрудник С.В. Ларцов

Шуя-2010

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark3)

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОТ­БОРА ОПЕРАТОРОВ 11

1. [Особенности автоматизированных систем управления техноло­гическими процессами 11](#bookmark9)
2. [Основные принципы профессионального отбора 17](#bookmark10)
3. [Психодиагностическая техника хронореакциометрического на­правления в области исследования операторской деятельности 24](#bookmark11)
4. Выводы по первой главе 33

ГЛАВА 2. СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕСТИРУЮ­ЩЕЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБСЛЕ­ДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА 35

1. [Типология действий человека-оператора при работе на учебно­тренировочных средствах (УТС) 35](#bookmark13)
2. Структурный анализ деятельности человека-оператора при ра­боте на УТС с позиции алгоритмического подхода 45
3. Метод оценки функциональной надежности как интегрального

показателя психофизиологического состояния человека-оператора при работе на УТС 52

1. Выводы по второй главе 61

ГЛАВА 3. ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕСТИ­РУЮЩЕЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХРОНО­РЕАКЦИОМЕТРИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБСЛЕДО­ВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА 63

3.1 Общие вопросы построения автоматизированной тестирующей психофизиологической системы (ТПФС) 63

з

1. Аппаратное обеспечение тестирования времени торможения

экстренной двигательной реакции и реакции на положение движу­щегося раздражителя 68

1. Функциональная биотехническая подсистема "оператор-УТС"

как тренажерная хронореакциометрическая система с биологиче­ской обратной связью 73

1. [Метрологический анализ автоматизированной ТПФС 77](#bookmark22)
2. [Выводы по третьей главе 84](#bookmark24)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 86

ЛИТЕРАТУРА 88

[ПРИЛОЖЕНИЯ 101](#bookmark25)

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы исследования**

Современный этап развития общества характеризуется интенсивным внедрением средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы жизни и деятельности человека, в том числе и в область профес­сиональной подготовки специалистов различного профиля. Теоретические и методологические основы использования средств ИКТ в образовании получили развитие в исследованиях Алексеева В.В., Безбогова А.А., Данилюка С.Г., Коз­лова О.А., Латышева В.Л., Павлова А.А., Роберт И.В., Сердюкова В.И., Сазо­нова Б.А., Соловьева А.Я., Татура Ю.Г., Филатова О.К. и др.

Одним из решающих факторов повышения эффективности и надежности работы системы "человек-машина" является увеличение степени ее автомати­зации. Однако полная автоматизация процессов управления приводит к чрез­мерному усложнению системы и снижению надежности ее работы, в связи с чем автоматизированные системы, представляющие собой сложные техноло­гические комплексы, целесообразно создавать на основе оптимального распре­деления функций между человеком и машиной. Особенностями сложных тех­нологических установок являются большое число элементов и выполняемых ими задач (которые относятся к системам "человек-машина"), высокая функ­циональная связность элементов, сложность управляющих воздействий в не­стандартных ситуациях.

Деятельность оператора сложных технологических установок характери­зуется высокой напряженностью. Это обуславливает повышение требований к психофизиологическим и личностным качествам оператора. Операторы, не об­ладающие, достаточными способностями для эффективного управления систе­мой, допускают большее число ошибочных действий, что может негативно сказаться на качестве решаемых задач, привести к нарушению технологическо­го процесса и к значительным материальным потерям. Ввиду этого для повы­шения эффективности и надежности работы автоматизированных систем необ­ходим профессиональный психофизиологический отбор и специальная подго­товка операторов.

Техническое решение задачи психофизиологического тестирования опе­раторов специфично и связано, прежде всего, с разработкой алгоритмического и аппаратного обеспечения автоматизированной системы тестирования хроно- реакциометрического направления, ориентированного не только на качествен­ную, но и точную количественную оценку поведенческих реакций человека, действующего в условиях дефицита времени. При этом под алгоритмическим обеспечением такой системы будем понимать совокупность алгоритмов, реали­зующих математические методы проведения мониторинга профессиональной готовности на основе комплексной оценки профессионально важных качеств и психофизиологического состояния оператора, а под аппаратным обеспечением - комплекс электронных и механических устройств, входящих в состав автома­тизированной тестирующей системы.

Большие перспективы эксперты связывают с разработкой автоматизиро­ванных психофизиологических систем на основе методов теории функцио­нальных биотехнических систем. Фундаментальный вклад в развитие матема­тического и биофизического моделирования операторской деятельности внесен работами АхутинаВ.М., Баевского Р.М., Блинова Н.Н., Василевского Н.Н., Гурфинкеля В.С., Зараковского Г.М., Киселёва В.Д., КульбыВ.В., Лшцу- ка В.А., Логвинова С.И., Ломова Б.Ф., Мамиконова А.Г., Сигитова В.В., Шиба­нова Г.П. и др. •

Анализ проблемы автоматизации профессионального психофизиологиче­ского отбора операторов в аспекте техники хронореакциометрического на­правления выявил два основных подхода к ее решению: 1) разработка систем с биотехнической обратной связью для психофизиологического тестирования; 2) создание автоматизированных систем для психофизиологического тестирова­ния с оптимальным вариантом комплексирования аппаратной и программной составляющих.

Несмотря на достигнутые успехи первого направления в области созда­ния и использования психофизиологической техники (Бабский Е.Б., Баев­ский Р.М., Бойко Е.И., Боксер О .Я., Горшков С.И., Золина З.М., Майкин Ю.В., Ларин В.В. и др.), на пути интеграции этих двух направлений просматривается ряд нерешенных проблем, среди которых выделим: разработку автоматизиро­ванных систем, функционирующих на принципе биотехнической обратной связи, предназначенных для тестирования и коррекции психофизиологического состояния человека-оператора; разработку моделей функциональной биотех­нической системы "оператор - автоматизированная система управления техно­логической установкой"; разработку методов комплексной оценки профессио­нально важных качеств и психофизиологического состояния человека- оператора.

Таким образом, актуальной является научная задача создания автомати­зированных тестирующих психофизиологических систем на основе использо­вания принципа биотехнической обратной связи и разработки соответствую­щего алгоритмического и аппаратно-программного обеспечения.

Объект исследования - человеко-машинная система "оператор - автома­тизированная система управления технологической установкой".

Предмет, исследования - автоматизированный процесс психофизиоло­гического тестирования оператора сложных технологических установок (на примере операторов технологических установок газовой промышленности) на этапе профессионального отбора.

Цель исследования - разработка алгоритмического и аппаратного обес­печения автоматизированной системы психофизиологического тестирования операторов сложных технологических установок для повышения достоверно­сти оценки готовности оператора к выполнению задач профессиональной дея­тельности.

Для достижения цели диссертационного исследования необходимо ре­шить следующие подзадачи:

1. Провести анализ существующих подходов к проблеме автоматизиро­ванного профессионального психофизиологического отбора операторов слож­ных технологических установок и построить модель перспективной автомати­зированной тестирующей психофизиологической системы.
2. Разработать метод автоматизированного психофизиологического тес­тирования операторов сложных технологических установок, обеспечивающий комплексную оценку профессионально важных качеств и психофизиологиче­ского состояния оператора.
3. Разработать алгоритм количественной оценки готовности оператора сложных технологических установок к выполнению задач профессиональной деятельности.
4. Разработать устройство для измерения времени экстренной двигатель­ной реакции оператора в составе автоматизированной тестирующей психофи­зиологической системы.
5. Создать аппаратно-программное обеспечение автоматизированной тестирующей психофизиологической системы для оценки готовности операто­ра сложных технологических установок к выполнению задач профессиональ­ной деятельности.

**Методологические основы и методы исследования**

Решение задач диссертационного исследования осуществлялось на осно­ве комплексного применения теоретических и экспериментальных методов. Теоретические исследования основывались на использовании методов систе­мотехники и теории управления, теории функциональных биотехнических сис­тем, психофизиологии, энтропийной теории погрешностей. Эксперименталь­ные исследования проводились с использованием стендового оборудования и опытно-экспериментальных образцов тестирующих психофизиологических систем.

Экспериментальная проверка и оценка эффективности предложенных методов и устройств в составе автоматизированной тестирующей системы осуществлялись на основе психофизиологических исследований в условиях образовательного процесса.

**Научная новизна и теоретическая значимость** исследования заключа­ется в следующем:

1. Построена модель автоматизированной тестирующей психофизиоло­гической системы, в основе которой лежит принцип биотехнической обратной связи, который расширяет функциональные возможности системы в аспектах оценки профессиональной пригодности и подготовки операторов сложных технологических установок.
2. Предложен метод оценки профессиональной пригодности операторов, реализующий алгоритмический подход к анализу деятельности оператора и учитывающий качество выполнения им технологических операций предписан­ного алгоритма в процессе автоматизированного тестирования.
3. Разработан алгоритм количественной оценки функциональной надеж­ности операторов сложных технологических установок, характеризующийся повышенной прогностической способностью для оценки готовности оператора к выполнению задач профессиональной деятельности.

**Практическая значимость исследования**

Предложенный метод оценки профессиональной пригодности операто­ров технологических установок реализован в автоматизированной тестирую­щей психофизиологической системе.

Методика, алгоритмы и аппаратно-программное обеспечение автомати­зированного психофизиологического тестирования операторов использованы в научных исследованиях, проводимых в межкафедральной психофизиологиче­ской лаборатории ГОУ ВПО "Шуйский государственный педагогический уни­верситет".

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследова­ний, выполненных в рамках темы диссертационной работы, сформулированы технические и эргономические требования к характеристикам перспективных автоматизированных тестирующих систем. Создан демонстрационный образец тестирующей психофизиологической системы.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования** обеспе­чивалась исходными методологическими и теоретическими позициями, сис­темным подходом к описанию и изучению объекта исследования, совокупно­стью адекватных цели и задачам исследования методов, реализацией в иссле­довании фундаментальных принципов психофизиологии, апробацией результа­тов исследования.

**Апробация результатов исследования**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на сле­дующих международных и всероссийских научных конференциях:

* Всероссийская научно-практическая конференция "Психология и эр­гономика: единство теории и практики" (Тверь, 1999);
* Международная научная конференция "Современные информацион­ные технологии в образовательном процессе и научных исследованиях" (Шуя, **2000);**
* Всероссийская научно-методическая конференция "VIII Столетовские чтения" (Владимир, 2000);
* II Международная конференция "Актуальные проблемы современного естествознания" (Калуга, 2000);
* Всероссийская научно-техническая конференция "Медицинские ин­формационные системы" (Таганрог, 2000);
* Всероссийская конференция "Необратимые процессы в природе и тех­нике" (Москва, 2001);
* VIII Международная научно-техническая конференция "Перспектив­ные технологии в средствах передачи информации" (Владимир, 2009);
* Международная научно-практическая конференция "Развитие отечест­венной системы информатизации образования в здоровьесберегающих услови­ях" (Москва, 2009).

**Внедрение результатов исследования**

Основные результаты диссертационного исследования использованы в ООО "Научно-аналитический центр "Газэксперт", в ЗАО "Объединение "Би- нар", а также в научно-исследовательской деятельности ГОУ ВПО "Шуйский государственный педагогический университет".

На техническое решение "Устройство для измерения реакции на положе­ние движущегося раздражителя", разработанное в рамках диссертационного исследования, получено свидетельство на полезную модель.

**Основные результаты, выносимые на защиту:**

1. Модель автоматизированной тестирующей психофизиологической системы, которая основывается на принципе биотехнической обратной связи, расширяющем функциональные возможности системы в аспектах оценки про­фессиональной пригодности и подготовки операторов технологических уста­новок.
2. Метод оценки функциональной надежности операторов технологиче­ских установок, обеспечивающий комплексную оценку профессионально важ­ных качеств и психофизиологического состояния операторов.

Аппаратно-программное обеспечение автоматизированной тести­рующей психофизиологической системы, построенное с использованием ав­торских моделей и алгоритмов и характеризующееся повышенной прогности­ческой способностью для оценки надежности операторов сложных технологи­ческих установок.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В результате анализа существующих подходов к проблеме автомати­зации профессионального психофизиологического отбора операторов изучено современное состояние психодиагностической техники хронореакциометриче- ского направления, построена модель тестирующей психофизиологической системы, в основу которой положен принцип биотехнической обратной связи, что обеспечивает расширение функциональных возможностей системы в ас­пектах оценки профессиональной пригодности и подготовки операторов тех­нологических установок.
2. Разработан метод автоматизированного психофизиологического тес­тирования оператора, учитывающий качество выполнения оператором техно­логических операций предписанного алгоритма и обеспечивающий комплекс­ную оценку профессионально важных качеств и психофизиологического со­стояния человека-оператора. Данный метод позволяет автоматизировать про­цесс выставления оценки функциональной надежности оператора по результа­там его реальной работы в пошаговом режиме, что повышает достоверность этой оценки.
3. Разработан алгоритм количественной оценки готовности оператора сложных технологических установок к выполнению задач профессиональной деятельности, характеризующийся повышенной прогностической способно­стью для оценки функциональной надежности человека-оператора. Предло­женный алгоритм позволяет организовать учет двух основных составляющих функциональной надежности оператора: структурные особенности процесса операторской деятельности (по нормированным коэффициентам стереотипно­сти и логической сложности) и динамику изменения функционального состоя­ния оператора в процессе деятельности (по временным параметрами типологи­ческих действий оператора). Данный алгоритм программно реализован на язы­ке программирования Turbo Pascal 7.0.
4. Предложены технические решения для измерения времени торможе­ния экстренной двигательной реакции человека-оператора, предусматриваю­щие метрологический анализ и индивидуальную настройку измерительных звеньев тестирующей психофизиологической системы. Данное устройство по­зволяет исключить погрешность измерения времени экстренной двигательной реакции, связанную с неравномерностью воздействия испытуемым на датчик двигательной реакции. Учет погрешности измерения времени двигательной ре­акции обеспечивается программно путем исключения из результатов испыта­ний статистических параметров указанной погрешности, которые устанавли­ваются экспериментатором в соответствии с заданным мышечным воздействи­ем испытуемого на датчик.
5. Разработано аппаратно-программное обеспечение автоматизированной тестирующей психофизиологической системы для оценки профессиональной пригодности и подготовки операторов сложных технологических установок. В данной системе для обеспечения саморегуляции (коррекции) времени экстрен­ной двигательной реакции реализован принцип биотехнической обратной свя­зи, согласно которому отклонение от заданного параметра действия автомати­чески вызывает пропорциональное сопротивление реализации этого действия. Данная система обеспечивает возможность получения объективных данных как констатирующего характера (проверка функциональной надежности опера­тора), так и прогнозирующего характера (предсказание возникновения нежела­тельных состояний как причин снижения эффективности его деятельности).

Результаты диссертационного исследования (методика и аппаратно­программное обеспечение) в аспектах психофизиологического обследования кандидатов в операторы могут быть использованы при создании автоматизиро­ванных тестирующих и обучающих систем для центров подготовки операторов сложных технологических установок и комплексов специального назначения.