

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

На правах рукописи
УДК : 621-03 : 681-07

МИГРАНОВА Эльвира Аслямовна

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТБОРА И ОБУЧЕНИЯ
ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ**

**05.13.07 – «Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами»**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

ТАШКЕНТ – 2011

Работа выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Абу Райхана Беруни и в ООО «Химавтоматика».

Научный руководитель:

доктор технических наук,
АДИЛОВ Фарух Тулкунович

Официальные оппоненты:

академик АН РУз, доктор технических наук,
профессор **БЕКМУРАТОВ Тулкун Файзиевич**

кандидат технических наук, доцент
САПАЕВ Маматкарим.

Ведущая организация:

**Институт математики и информационных технологий
АН Республики Узбекистан**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2011 г. в 10⁰⁰ часов на заседании специализированного совета Д.067.07.01 при Ташкентском государственном техническом университете имени Абу Райхана Беруни по адресу: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2, факультет электроники и автоматики, ауд.418.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни (Ташкент, ул. Университетская, 2)

Автореферат разослан «___» _____ 2011 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор технических наук, профессор

**АЗИМОВ
Рахмат Каримович**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современные информационно-управляющие системы и комплексы представляют собой сложные человеко-машинные системы, в которых оперативно-диспетчерский персонал рассматривается как звено в замкнутом контуре управления, выполняющее одну из важнейших функций - принятие решений.

Эффективным средством подготовки операторов, обеспечивающим сокращение разрыва между теорией и практикой, являются созданные на базе средств современной вычислительной техники и информационных технологий информационно - моделирующие комплексы (тренажеры), создающие у человека-оператора иллюзию управления реальным объектом.

Одним из наиболее действенных методов формирования и развития профессиональных навыков является автоматизированное обучение с применением интеллектуальных компьютерных тренажеров и автоматизированных обучающих систем. Данные системы представляют собой класс обучающих программ, отличающихся большими логическими возможностями благодаря использованию методов искусственного интеллекта, которые применяются для обучения путем организации взаимодействия машины с обучаемым на естественном языке и создания таких структур данных, при которых возможен эффективный сбор, хранение и поиск информации.

Необходимо расширить использование тренажеров, обеспечивающих уникальную возможность ускоренной подготовки высококвалифицированного оперативно-диспетчерского персонала.

Степень изученности проблемы. Тренажеры в современном понимании и появились только в индустриальном обществе, когда возникла необходимость массовой подготовки специалистов для работы либо на однотипном оборудовании, либо со схожими рабочими действиями, и в первую очередь для военных нужд. Но только в последней четверти прошлого века с потрясающе быстрой компьютеризацией мирового сообщества, с созданием сложнейшей техники, эксплуатация которой связана с риском для жизни не только одного человека, но и человечества в целом, возникла целая индустрия - тренажерные технологии.

В современных тренажерах и в программах подготовки и обучения, закладываются принципы развития практических навыков с одновременной теоретической подготовкой; при этом тренажер способен развиваться вместе с обучаемым. Тренажерные технологии получили наибольшее развитие там, где ошибки при обучении на реальных объектах могут привести к чрезвычайным последствиям, а их устранение - к большим финансовым затратам: в военном деле, медицине, ликвидации последствий стихийных бедствий, в атомной энергетике, авиации и космосе.

Тренажерные технологии к настоящему времени сформировались в успешно развивающуюся отрасль мировой индустрии. Среди мировых лидеров можно назвать: Raytheon Training, Lockheed Martin (США), Thomson Training & Simulation (Великобритания, США, Франция), Wicat Europe (Франция), Drake Electronics Limited (Великобритания), MedSim Advanced Medical Simulations, Ltd и др.

В решение задач, являющихся теоретическим фундаментом теории и практики тренажерных систем, большой вклад внесли отечественные (Абуталиев Ф.Б., Бекмуратов Т.Ф., Камилов М.М., Юсупбеков Н.Р., Касымов С.С., Гулямов Ш.М., Игамбердиев Х.З., Адилов Ф.Т. и др.) и зарубежные (Агейкин Д.И., Боднер

В.А., Верлань А. Ф., Венда В.Ф., Дозорцев В.М., Дункан К., Ломов Б.Ф., Перельман И.И., Расмуссен Й., Соркин Л.Р., Чистякова Т.Б., Шукшунов В.М. и др.) исследователи.

Для эффективного решения задач обучения автоматизированная тренажерно-обучающая система (АТОС) должна включать в свой состав системы тестирования и оценки характеристик обучаемого персонала, позволяющие проводить профессиональный отбор операторов, а также системы определения начального и текущего уровня знаний. Благодаря предоставлению обучаемому только нужной информации процесс обучения становится более индивидуальным и гибким, что приводит к значительному повышению его эффективности.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнена в соответствии с государственными научно-техническими программами Комитета по координации развития науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан (А-14-046 «Построение когнитивных автоматизированных обучающих систем и компьютерных тренажеров для обучения оперативно-диспетчерского персонала производственных предприятий с непрерывной технологией»; ОТ-Ф1-080 «Разработка концепций и принципов построения интеллектуальных систем управления сложными технологическими процессами и производствами»; Ф-1-018 «Разработка методик активного формирования и закрепления операторских навыков и специальных приемов тренинга для выработки эффективных управленческих решений с учетом специфики и потенциальных возможностей современных информационных технологий») и является составной частью госбюджетных НИОКР, выполняемых в ТашГТУ.

Целью исследования является разработка методического и программно-алгоритмического обеспечения автоматизированной тренажерно-обучающей системы как одного из важнейших инструментов повышения качества и эффективности профессионального отбора и подготовки оперативно-диспетчерского персонала к профессиональной деятельности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие конкретные и малоизученные **задачи исследования**:

- проанализировать современное состояние теории и практики автоматизированного профессионального отбора операторов сложных технологических установок и построить модель их профессиональной пригодности;
- исследовать структурные аспекты и сформулировать основные требования к специальному математическому обеспечению тренажерно-обучающих систем для поддержки операторов технологических процессов;
- провести анализ человека-оператора как звена в системе управления сложным объектом;
- разработать алгоритм качественной и количественной оценки функциональной надежности оператора сложных технологических установок;
- разработать метод автоматизированного контроля знаний операторов, обеспечивающий комплексную оценку профессионально важных качеств и психофизиологического состояния оперативно-диспетчерского персонала;
- разработать методику профессионального отбора операторов;
- построить математическую модель профессиональной пригодности операторов.

Объект и предмет исследования. *Объектами диссертационного исследования* являются сложные человеко-машинные системы, в которых оперативный персонал рассматривается как звено в замкнутом контуре управления. *Предмет исследования* составляет автоматизированный процесс профессионального отбора, тестирования и обучения управленческого персонала предприятий.

Методы исследования. Методы исследования базируются на использовании принципов, методов и алгоритмов системного анализа математического моделирования, теории графов, математической статистики, принципов и методов когнитивного инжиниринга.

Гипотеза исследования состоит в предположении, что целенаправленное формирование информационной модели деятельности оперативно-диспетчерского персонала с определением четких самооценочных критериев должно способствовать существенному повышению эффективности компьютерного тренинга и расширить его функциональные и логические возможности.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- выявлены тенденции дальнейшего развития и совершенствования теории и практики автоматизированного обучения и тестирования профессиональной пригодности оперативно-диспетчерского персонала промышленных предприятий;
- сформулированы научно-методологические основы построения автоматизированных систем тестирования профессионально значимых характеристик операторов технологических процессов;
- предложен метод формирования эталонных алгоритмов деятельности оператора по распознаванию возникающих в процессе управления объектом ситуаций, путей их развития и устранения с использованием графов первопричин и приоритетности;
- предложена функциональная структура АТОС для оперативно-диспетчерского персонала технологических производств, обеспечивающая решение различных задач обучения и использующая современные методики обучения;
- проанализирована деятельность человека-оператора как звена в составе автоматизированной тренажерно-обучающей системы;
- предложена методика расчета показателей, характеризующих профессиональную деятельность операторов;
- разработан характеризующийся повышенной прогностической способностью алгоритм количественной оценки готовности оператора сложных технологических установок к выполнению задач профессиональной деятельности;
- установлена функциональная связь между результатами тестирования и показателями профессиональной пригодности работников, определяемой на основе экспертных оценок;
- предложена методика оценки экономической эффективности проведения профессионального отбора.

Научная новизна результатов диссертации заключается в том, что в ней дано новое решение актуальной задачи построения автоматизированной системы тестирования профессиональных характеристик оперативно-диспетчерского персонала промышленных предприятий, имеющей важное народно-хозяйственное значение. Предложенный подход позволяет автоматизировать все необходимые процессы контроля и оценки деятельности обучаемых в рамках тренажерно-обучающих комплексов.

В процессе выполнения диссертации получены следующие новые теоретические и практические результаты:

- предложен подход к формированию алгоритмов деятельности человека-оператора по распознаванию аварийных ситуаций. Путей их развития и устранения с использованием графов первопричин и приоритетности развития ситуаций;
- разработана методика отбора операторов с учетом их профессиональные качества;
- построена функционально-структурная схема деятельности оператора, позволяющая рассчитывать показатели надежности функционирования системы «человек-машина»;
- разработан алгоритм количественной оценки готовности оператора сложных технологических установок к выполнению задач профессиональной деятельности;
- построена математическая модель профессиональной пригодности операторов, включающая их профессионально значимые качества;
- разработана автоматизированная система профессионального отбора операторов для управления технологическими процессами;
- предложена методика определения экономической эффективности проведения профессионального отбора операторов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная новизна результатов диссертации заключается в том, что в ней проведено теоретическое обобщение и решение важной народно-хозяйственной задачи разработки научно-методической тренажерной платформы, реализующей типовую АТОС с расширенными функциями тестового контроля знаний в предметной области «Автоматизация производственных процессов», а также предназначенной для подготовки операторов технологических процессов и производств. В соответствии с предложенной методикой обучения и сформированными целями обучения разработано алгоритмическое обеспечение, позволяющее решать задачи отбора и обучения оперативно-диспетчерского персонала промышленных предприятий.

Научной значимостью обладают:

- модель обучения, которая обладает расширенными функциональными возможностями в плане оценки профессиональной пригодности и подготовленности специалистов к управлению сложными технологическими установками.
- метод оценки профессиональной пригодности операторов, реализующий алгоритмический подход к анализу деятельности оператора и учитывающий качество выполнения им технологических операций предписанного алгоритма в процессе автоматизированного контроля знаний и обучения.
- алгоритм количественной оценки функциональной надежности операторов сложных технологических установок, характеризующийся повышенной прогностической способностью для оценки готовности оператора к выполнению задач профессиональной деятельности.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что решение рассмотренных задач позволяет эффективно проводить разработку и внедрение АТОС для широкого класса технологических процессов в различных отраслях промышленности. Результаты диссертационного исследования (методика и программное обеспечение) в аспектах отбора кандидатов в операторы могут быть использованы при создании автоматизированных тестирующих и тренажерно-

обучающих систем для центров подготовки операторов сложных технологических установок и комплексов специального назначения. При этом обеспечивается: *валидность* тестового задания; *надежность* тестов; *объективность оценки знаний*; *многоцелевое применение* системы как для контроля, так и для обучения и самоподготовки операторов и *настраиваемость системы* по отношению к профессиональным характеристикам оперативно-диспетчерского персонала промышленных предприятий.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждается: результатам и экспериментальных исследований; результатам и вычислительных экспериментов; соответствием теоретических и экспериментальных исследований; работоспособностью предложенных методов и алгоритмов.

Реализация результатов. Разработанные модели и методы позволили построить компьютерные тренажерные системы для обучения персонала производств химической, нефте- и газоперерабатывающей промышленности в учебно-тренинговом центре ООО «Химавтоматика» и в учебном центре «Honeywell» ТашГТУ. Результаты исследований и разработок диссертации используются в ОАО «Химавтоматика», ТашГТУ.

Апробация работы. Основные научные положения диссертации докладывались, обсуждались и получили поддержку и одобрение на: на межвузовской конференции «Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари» (Ташкент,2006); Third, Fourth and Fifth World Conferences on Intelligent Systems for Industrial Automation - WCIS (Uzbekistan,2006,2008,2010); республиканской НПК «Техника и глобальные проблемы XXI века» (Самарканд, 2006); республиканской НК «Современное состояние и пути развития информационных технологий» (Ташкент,2006); республиканской НТК (с международным участием) «Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке» - «ISTIQLOL» (Москва-Навои,2007); VI международной НТК студентов, аспирантов и молодых специалистов государств РСС «Техника и технологии связи» (Ташкент,2008); международной НТК «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития» (Навои,2010), республиканская НМК «Современные информационные технологии в телекоммуникации и связи»(Ташкент,2011).

Опубликованность результатов. По результатам выполненных исследований опубликовано 44 научных работ, из них по теме диссертации 21, в том числе 2 препринта, 6 статей в ведущих отечественных и зарубежных журналах, получены 2 авторских свидетельства на программный продукт.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 148 стр. печатного текста, включает 14 таблиц, 19 рисунков, библиографию из 123 наименований литературных источников, а также приложения.

Научный консультант: действительный член (академик) АН РУз, доктор технических наук, профессор Юсупбеков Надырбек Рустамбекович.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведена общая характеристика работы.

В первой главе проанализировано современное состояние теории и практики автоматизированного обучения и компьютерного тренинга. Выявлены тенденции дальнейшего развития и совершенствования автоматизированных обучающих систем и компьютерных тренажеров.

Существующие в настоящее время АОС и применяемые в них методики обладают рядом недостатков, среди которых можно выделить следующие:

- низкая степень адаптации к характеристикам обучаемого;
- отсутствие инструментальных средств адаптации; недостаточное использование методов автоматизированного тестирования уровня знаний обучаемого;
- несоблюдение требований эргономики к создаваемым техническим и программным средствам.

Эти недостатки существенно снижают качество обучения. Для эффективного решения задач обучения и устранения указанных недостатков автоматизированная тренажерно-обучающая система (АТОС) должна включать в свой состав системы тестирования и оценки характеристик обучаемого персонала, позволяющие проводить профессиональный отбор операторов, а также системы определения начального и текущего уровня знаний. Наиболее эффективным методом формирования и развития профессиональных навыков является автоматизированное обучение с применением интеллектуальных компьютерных тренажеров и автоматизированных обучающих систем. Данные системы представляют собой класс обучающих программ, отличающихся большими логическими возможностями благодаря использованию методов искусственного интеллекта, которые применяются для обучения путем организации взаимодействия машины с обучаемым на естественном языке и создания таких структур данных, при которых возможен эффективный сбор, хранение и поиск информации.

Благодаря предоставлению обучаемому только нужной информации процесс обучения становится более индивидуальным и гибким, что приводит к значительному повышению его эффективности.

Рассмотрены основные особенности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), принципы профессионального отбора операторов технологических установок, проанализированы проблемы отбора операторов и их поддержки. Выполнена уточненная постановка цели и задач исследования.

Во второй главе сформулированы научно-методологические основы построения автоматизированных систем компьютерного тренинга, отбора и обучения операторов навыкам управления технологическими процессами и производствами.

В сложных системах управления технологическими объектами с многоуровневой иерархической структурой операторы, как правило, включаются в замкнутые контуры регулирования лишь на период восстановления отказавшей аппаратуры. Принципиальная возможность использования оператора в таких режимах определяется его специфическими свойствами, из которых наиболее важны: свойство адаптации алгоритма своих действий к условиям работы; способность прогнозировать будущее изменение координат объекта на основе анализа

предыстории и динамической модели объекта; возможность наилучшим образом решать задачи обобщения и организации работы всех систем управляющего комплекса, гибко перерабатывать принимаемую информацию; способность улучшать собственные характеристики (обучаться) в процессе профессиональной деятельности. Специфической чертой деятельности оператора является то, что он имеет дело с информационной моделью реального объекта. Но для осуществления управления оператору этого недостаточно. Он должен обладать развитым оперативным мышлением, под которым понимается способность анализа ситуаций и выработки рациональных управленческих решений. Эти виды деятельности опираются на концептуальные модели объекта управления, которые складываются из знаний системы, предыдущего опыта, представлений о целях и конечных результатах работы (рис.1).

Концептуальная модель деятельности оператора должна представлять собой систему навыков и представлений оператора о реальной и прогнозируемой обстановке, в которой функционируют исследуемый объект и система управления. Разработка модели деятельности оператора должна основываться на том, что известна адекватная структура описываемого вида его деятельности. Это значит, что должна быть получена схема, включающая оперативные данные о деятельности оператора и логические связи между ними.

Оператор может пользоваться разными оперативными данными: *технологическими* - в виде понятий отдельных элементов технологического объекта; *функциональными* - в виде понятий о состояниях элементов технологического объекта; *информационными* - в виде отклонений контролируемых параметров за допустимые значения. Оператор постепенно абстрагируется от определяемых им ситуаций и переходит к общению с объектом на языке информационной модели, оставляя за собой перекодировку этого языка снова на технологический.

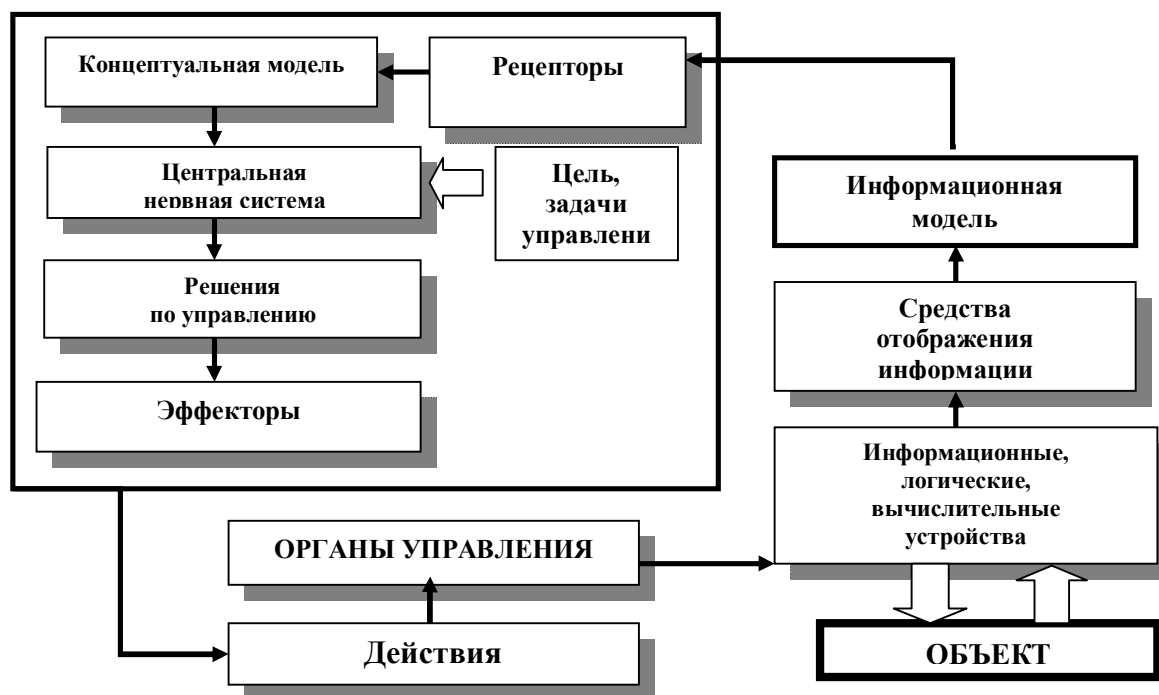


Рис. 1. Схема переработки информации при управлении объектом

В процессе обучения у оператора должен быть выработан алгоритм мышления, состоящий из стадий: анализа состояния объекта управления; прогнозирования

изменений состояния агрегата; планирования действий; собственно действий. Существует возможность осуществления этой последовательности действий одновременно и в измененной последовательности. Планирование действий связано с формированием у оператора концептуальной модели технологического объекта.

Обучение на тренажере определяется как процесс направленного формирования индивидуального опыта, необходимого для эффективной деятельности в реальной человеко-машинной системе. Индивидуальный опыт складывается из знаний, навыков и умений, приобретаемых в процессе обучения. Это значит, что проблему обучения можно сформулировать как проблему овладения знаниями, формирования умений и обработки навыков выполнения задач профессиональной деятельности.

Обучение операторов действиям различного темпа целесообразно проводить с использованием изменения масштаба времени - так, чтобы у оператора не сложилось ложное представление об инерционности объекта управления.

Структура исследуемой модели состоит из двух основных функциональных блоков: детектора признаков и селектора реакций. Обработка результатов моделирования методом рабочих характеристик позволила формализовать с помощью двух обобщенных параметров d_1 и d_2 , физический смысл которых определяются как отношение «сигнал/шум» на выходе селектора реакции и время принятия решения при дисперсии шума, равной нулю:

$$d_1 = \frac{b}{\sigma_{ш}}; \quad d_2 = -\frac{1}{\alpha\beta} \ln\left(\frac{\beta\xi}{\theta}\right) \quad (1)$$

Данные параметры зависят от функционального состояния и индивидуальных особенностей оператора. Значения коэффициентов α и β инвариантны к решаемой задаче; ξ - пороговый уровень детектора реакции; $\sigma_{ш}$ - среднеквадратическое отклонение, зависящее от особенностей и функционального состояния оператора. Особое внимание при создании тренажеров операторов сложных ТО должно быть уделено поиску эффективных методов определения рациональных вариантов действий обучаемого на различных стадиях обучения и их формализации применительно к конкретному объекту. Изучаемой системе ставится в соответствие определенная логическая структура, формализуемая графом, каждая вершина которого характеризует выход параметра за границы интервала $[Y_i^*, Y_i^*]$ где Y_i^*, Y_i^* - соответственно верхний и нижний пределы допустимых изменений параметров, задаваемых технологическим регламентом. Ребра графа, соединяющие отдельные вершины, представляют собой динамические каналы, по которым изменения передаются от одной вершины к другим. Каждый из режимных параметров $Y_i(t)$ при $i = \overline{1, n}$ является выходной координатой объекта, на нормальный режим работы определяется выполнением неравенства:

$$Y_i^* \leq Y_i(t) \leq Y_i^* \quad (2)$$

Величины Y_i^*, Y_i^* при $i = \overline{1, n}$ должны удовлетворять дополнительным неравенствам:

$$O(L_i^* \langle Y_i^*; 0 \leq Y_i^* \leq L_i^* \quad (3)$$

Значения L_i^*, L_i^* соответствуют таким значениям координат, при которых происходит авария. Величины L_i^*, L_i^* определяются большим числом взаимозависимых условий процесса. Под аварийной ситуацией динамической системы понимается такой режим работы, когда возникает одно или несколько условий:

$$L_i^*(Y_i(t)) \langle Y_i^*; Y_i^*(Y_i(t)) \langle L_i^* . \quad (4)$$

Одна аварийная ситуация отличается от другой различными комбинациями параметров $Y_i(t)$, удовлетворяющих условиям (2); все они определяются логическими причинно-следственными связями между $Y_i(t)$.

Для формализации знаний об отказах предлагается метод, с помощью которого возможна численная оценка вероятностей возникновения предаварийных и аварийных ситуаций при отказах оборудования. Метод предполагает использование моделей надежности функционирования объекта на базе деревьев отказа, позволяющих проследить пути распространения различных отказов.

Исходной информацией для построения деревьев отказов является ориентированный граф объекта, представляющий собой графическое изображение связей между событиями в объекте и действиями оператора.

Для приобретения оператором необходимых знаний логики развития аварийных ситуаций необходим ситуационный анализ полного графа развития аварийных ситуаций с использованием метода декомпозиции. Для удобства формирования описания используется так называемая «декомпозиция» j , согласно которой любая система отображается в себе самой. Применяя метод декомпозиции к системе D_0 , получаем множество ветвей: $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$, которые, в свою очередь, можно разделить на $D_{i1}, D_{i2}, D_{i3}, \dots, D_{in}$. Процесс можно считать законченным, как только достигается тождественная декомпозиция.

Процесс составления алгоритма действия оператора сводится к построению полного графа первопричин (ГП) для каждого основного события (аварийной ситуации). Анализ на уровнях элементарных графов (Γ_j) возможных вспомогательных событий и значимости их влияния на основное событие позволяет преобразовать ГП в граф приоритетности развития аварийных ситуаций, где над каждой дугой графа записывается значение весовых коэффициентов B_{ij} .

Принципы построения причинно-следственной модели деятельности оператора позволяют эффективно формировать алгоритмы действий оператора по устранению возникающих ситуаций при различных режимах функционирования объекта и создают реальные предпосылки для создания на их основе системы имитации. Разработку эталонных алгоритмов предлагается осуществлять из условия необходимости выполнения основных функций: *обнаружения нарушений и неисправностей, выявления их причин, принятия решений и осуществления управляющих воздействий*. В целях развития у оператора навыков в осуществлении этих функций строятся алгоритмы контроля и управления.

Для преобразования графа первопричин в графе контроля необходимо выбрать точки контроля, расставить их на связях графа и упорядочить последний за счет устранения неопределяемых событий.

В работе предложены способы определения необходимого и достаточного для диагностики основного события числа контролируемых параметров. Проанализированы основные этапы оценки графов контроля. В качестве критериев сравнительной оценки графа контроля предлагаются следующие показатели:

1. *Избыточность контролируемых узлов $\Delta U_{K.Y.}^{(+)}$ графа* (по сравнению с нормированным, в котором она равна нулю)

$$\Delta U_{K.Y.}^{(+)} = N_{Э.Г.}^{(+)} , \quad (5)$$

где $N_{Э.Г.}^{(+)}$ - число эталонных графов, в которых вершина является контролируемым событием, а все ветви - контролируемыми событиями;

2. Недостаточность контролируемых узлов $\Delta U_{K.Y.}^{(-)}$ графа контроля (по сравнению с нормированным, в котором она равна нулю):

$$\Delta U_{K.Y.}^{(-)} = \sum_{i=1}^{i=N_{\Delta G}^{(-)}} [(V_{\Delta G i} - 1) - V_{\Delta G i}^{(p)}], \quad (6)$$

где $N_{\Delta G i}^{(-)}$ - число эталонных графов, в которых вершина контролируется, а число контролируемых ветвей $V_{\Delta G i}^{(p)} < (V_{\Delta G i} - 1)$. $V_{\Delta G i}^{(p)}$ - реальное число контролируемых ветвей i -го ЭГ, в котором соблюдаются те же условия $V_{\Delta G i}$ - число ветвей в i -м эталонного графа;

3. Избыточность параметров реального графа контроля:

абсолютная - $\Delta I = N_{II}^{(p)} - N_{H.D.}, \quad (7)$

где $N_{II}^{(p)}$ - реальное число контролируемых параметров, подсчитываемое по графу контроля; $N_{H.D.}$ - необходимое и достаточное для диагностики числа контролируемых параметров для нормированного графа контроля;

относительная - $I\% = \frac{(N_{II}^{(p)} - N_{H.D.}) \cdot 100}{N_{H.D.}} = \frac{100(\Delta I)}{N_{H.D.}}, \quad (8)$

4. Сложность алгоритмов контроля для реального графа:

- **абсолютное превышение средней сложности алгоритмов контроля**

$$\Delta \bar{C} = \bar{C}_p - \bar{m}_{II}, \quad (9)$$

где $\bar{C}_p$ - средняя сложность алгоритмов контроля исходных событий для графа, подсчитываемая как отношение сумм всех членов формул для всех исходных событий к числу событий; $\bar{m}_{II}$ - среднее значение сложности алгоритмов контроля исходных событий для нормированного графа, подсчитываемое по формуле (8);

- **относительное превышение средней сложности алгоритмов контроля исходных событий**, выраженное в процентах,

$$\bar{C}\% = \frac{(\bar{C}_p - \bar{m}_{II}) \cdot 100}{\bar{m}_{II}} = \frac{100(\Delta \bar{C})}{\bar{m}_{II}}. \quad (10)$$

5. Дисперсия сложности алгоритмов контроля D_c , характеризующая рассеивание сложности алгоритмов контроля относительно среднего значения:

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (C_{pi} - \bar{m}_{II})^2 l_i, \quad (11)$$

где n - число исходных событий в графе; k - число групп с одинаковым значением C_{pi} - число исходных событий, объединенных в i -ю группу сложности алгоритмов контроля.

Учитывая наличие в системе управления множества каналов устранения возникающих отклонений режима независимо от места ввода первопричин, эталонный алгоритм действий оператора (рис.2) предусматривает восстановление нормального режима в три этапа. *Первый этап* - предварительное подавление развития аварийной ситуации с помощью наиболее быстродействующего канала. *Второй этап* - выявление действительной первопричины и ее устранение. *Третий этап* - восстановление введенного на первом этапе воздействия.

В работе проанализированы подходы к формированию альтернативного множества возможных действий в зависимости от конкретного целеобразования.

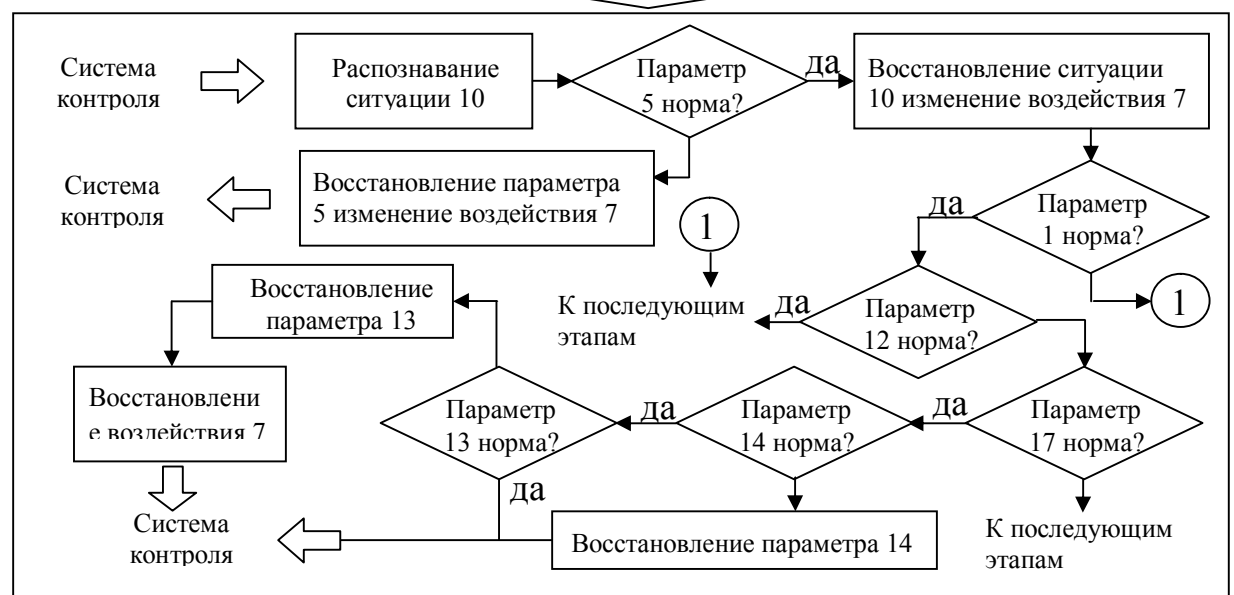
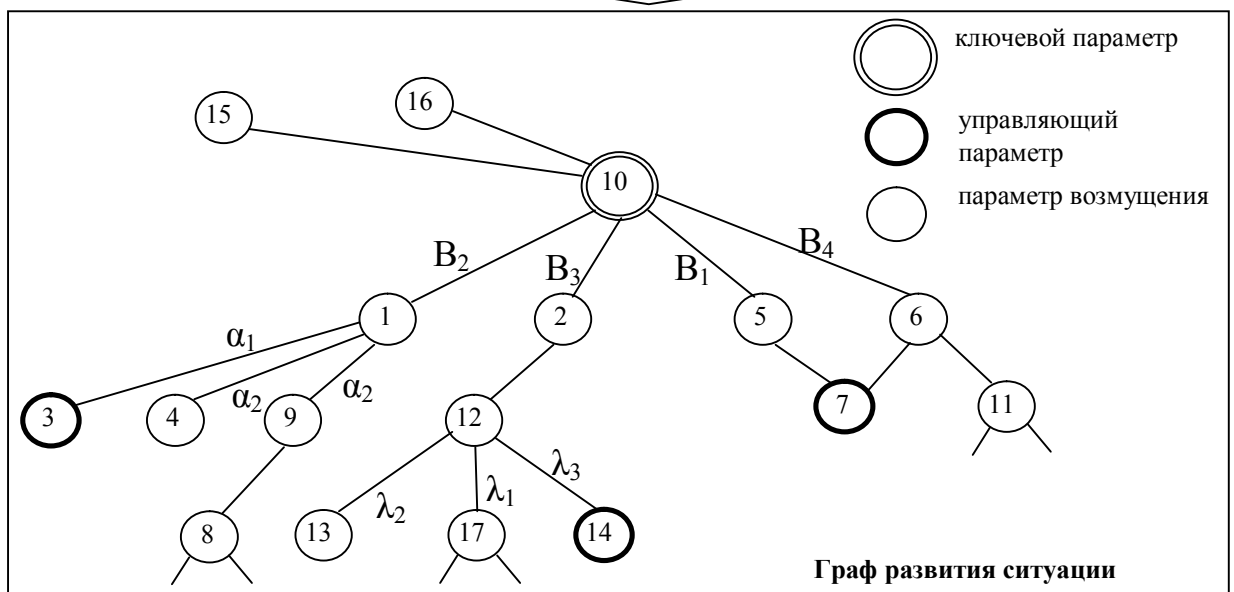
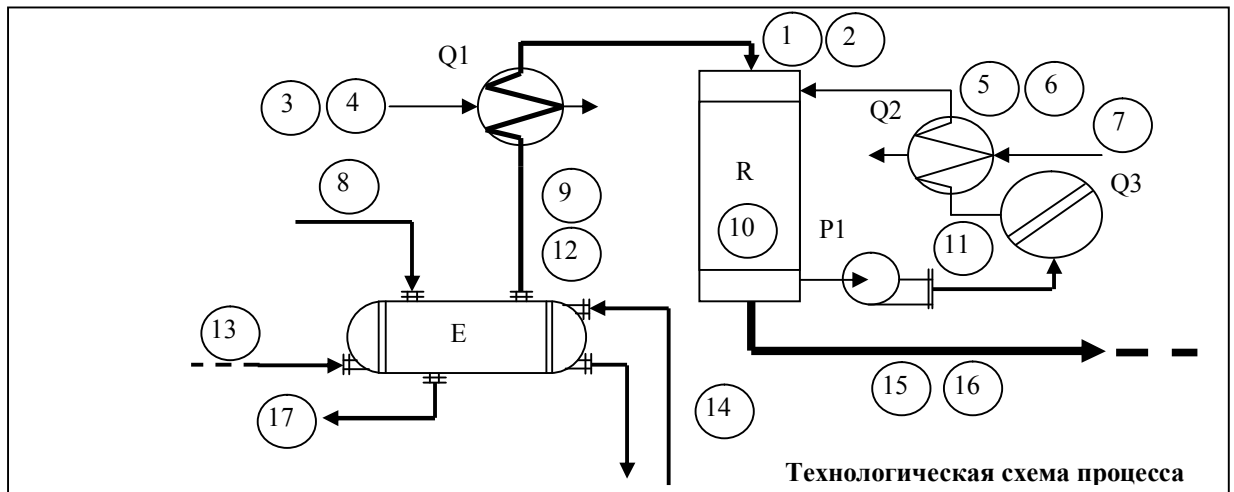


Рис.2.Алгоритм действий оператора по выявлению и устранению аварийной ситуации

Проведен анализ деятельности человека - оператора и описана методика расчета коэффициентов стереотипности (Z) и логической сложности (L), характеризующих структуру алгоритма деятельности операторов, предложен метод оценки готовности (функциональной надежности) оператора к выполнению задач профессиональной деятельности, которая представляет собой упорядоченную совокупность действий, осуществляемых для достижения поставленных целей.

Если раскрыта логическая организация этой совокупности, то сложное действие может быть описано как алгоритм решения определенной задачи деятельности. Разные виды деятельности могут складываться из типовых действий. Выделены два уровня типовой деятельности человека-оператора: технологический и психофизиологический.

Работа человека-оператора подразделяется на три иерархических уровня: деятельность, (типовые и ситуационные) действия, операции. Деятельность конструируется из действий, человека-оператора, направленных на реализацию определенной цели, достижение которой реализуется выполнением ряда операций.

Наиболее распространенной формой описания алгоритма деятельности оператора является форма с использованием логической схемы, в которой элементы алгоритма записываются в виде последовательности управляющих воздействий A_r - и логических условий P_r -.

Для оценки профессиональной деятельности оператора используются следующие количественные характеристики:

1. Коэффициент стереотипности (Z):

$$Z = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{m_0} \frac{n_{oj}^2}{M_{oj}}, \quad (12)$$

где m_0 - число групп управляющих воздействий в алгоритме, n_{oj} - длина j -ой группы операторов, равная числу операторов в группе, N - полное число операций в алгоритме, M_{oj} - число операций в j -ой комплексной группе, которая включает одну непрерывную группу операторов и следующую за ней одну непрерывную группу логических условий.

Разбиение алгоритма на комплексные группы осуществляется, начиная с первой группы операторов.

2. Коэффициент логической сложности (L):

$$L = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{m_0} \frac{n_{lj}^2}{M_{lj}}, \quad (13)$$

где m_l - число непрерывных групп логических условий в алгоритме, n_{lj} - длина j -ой непрерывной группы логических условий, равная числу логических условий в группе, N^* - число операций в алгоритме, начиная с первого по счету логического условия, M_{lj} - число операций в j -ой комплексной группе алгоритма. Комплексная группа включает одну непрерывную группу логических условий и следующую за ней одну непрерывную группу операторов. Разбиение алгоритма на комплексные группы осуществляется, начиная с первой группы логических условий.

Логическая схема фрагмента алгоритма работы оператора автоматизированной системы управления (АСУ).

Группа операторов	$ \begin{array}{ccccccc} & \overbrace{1} & \overbrace{2} & \overbrace{3} & \overbrace{4} & \overbrace{5} & \overbrace{6} & \overbrace{7} \\ P_1 \uparrow & P_2 \uparrow & A_1 \downarrow & A_2 \downarrow & P_3 \uparrow & A_3 \downarrow & P_4 \uparrow & A_4 \downarrow & P_5 \uparrow & A_5 \downarrow & P_6 \uparrow & A_6 \downarrow & P_7 \uparrow & A_7 \downarrow & S \end{array} $
Группа логических условий	$ \underbrace{P_1 \uparrow P_2 \uparrow}_{1} \underbrace{A_1 \downarrow A_2 \downarrow}_{2} \underbrace{P_3 \uparrow A_3 \downarrow}_{3} \underbrace{P_4 \uparrow A_4 \downarrow}_{4} \underbrace{P_5 \uparrow A_5 \downarrow}_{5} \underbrace{P_6 \uparrow A_6 \downarrow}_{6} \underbrace{P_7 \uparrow A_7 \downarrow}_{7} $

Расчет коэффициентов стереотипности (Z) и логической сложности (L) показывает, что логическая схема рассматриваемого алгоритма характеризуется оптимальными значениями количественных показателей структуры деятельности человека-оператора, удовлетворяющих условию $0,25 < Z < 0,85$; $L < 0,2$, и предложенный алгоритм может рассматриваться как типовый.

Предложен метод оценки функциональной надежности оператора через интегральный показатель состояния человека, оцениваемой по времени выполнения алгоритма t_A (быстродействие оператора) и количеству допущенных оператором ошибок N_A (точность выполнения оператором предписанных функций). Первый показатель (t_A) определяется инструктором - фиксируется начало и окончание работы оператора. Второй (N_A) определяется по данным визуального контроля (наблюдения) за порядком отработки оператором алгоритма на тренажере. Оценка функциональной надежности оператора при работе на учебном тренажере выставляется инструктором по правилам, приведенным в табл.1, путем сравнения полученных результатов (t_A , N_A) с нормативными показателями (t_H , N_H).

Таблица 1

Интегральная оценка уровня функциональной надежности оператора

Время выполнения алгоритма t_A	Количество допущенных ошибок N_A		
	0	1	2 и более
$t_A \leq t_{H1}$	отлично	хорошо	неуд.
$t_{H1} < t_A \leq t_{H2}$	хорошо	удовл.	неуд.
$t_{H2} < t_A \leq t_{H3}$	удовл.	неуд.	неуд.
$t_A > t_{H3}$	неуд.	неуд.	неуд.

Внедрение предложенного подхода к оценке функциональной надежности оператора позволяет решить ряд существенных практических задач операторской деятельности: автоматизировать процесс выставления комплексной оценки функциональной надежности оператора по результатам его реальной работы в пошаговом режиме, что позволяет повысить достоверность оценки; освободить инструктора и сократить время на профессиональную подготовку оператора.

В третьей главе предложена обобщенная функциональная структура АТОС, обеспечивающая решение задач обучения, а также адаптивная по отношению к изменяющимся характеристикам технологического процесса и обучаемого персонала.

Основной модуль АОС - подсистема представления знаний - включает в свой состав как элементы, обеспечивающие пассивное изучение и усвоение обучающей информации – базу данных технологических параметров, базу данных обучающей информации, экспертную систему, так и подсистему математического моделирования объекта исследования, обеспечивающую активную отработку оперативных навыков и приемов управления. Другим функциональным модулем является модель обучаемого, представляющая собой набор методов и алгоритмов, позволяющих получать количественные оценки профессиональных характеристик

обучаемого и уровня его знаний. Еще одной необходимой функциональной составляющей является методика обучения, элементами которой являются: способ передачи информации обучаемому, вид откликов обучаемого и метод контроля знаний, а также временные характеристики, которые устанавливаются, исходя из характеристик обучаемого: время ответа на вопрос и число попыток при ответе.

Алгоритмы тестирования и оценки оператора, входящие в модель обучаемого, могут использоваться как самостоятельные программные продукты для контроля знаний обучаемых и получения результатов в виде протоколов тестирования, так и при систематическом обучении операторов для контроля эффективности процесса подготовки, коррекции обучающих методик и алгоритмов, повышения степени индивидуализации обучения.

На основе комбинации различных форм передачи информации с формами откликов обучаемого и с применением различных способов контроля знаний можно формировать различные методики обучения.

Автоматизированное обучение является обучением в максимальной степени управляемым, а управление любым объектом невозможно без полной информации как о начальном состоянии этого объекта, так и о его поведении в процессе управления (с помощью обратной связи). (рис.3)

В работе разработана концептуальная модель обучения оперативного и диспетчерского персонала. Подготовка к деятельности (рис.4) предусматривает работу как в штатных ситуациях.



Рис.3. Схема выбора методики обучения.

Автоматизированная обучающая система, основными элементами которой являются модель ТП и модель СУ, установлена на АРМ преподавателя и АРМ обучаемых. Инструктор наделен следующими функциями: контроль за действиями обучаемых; сохранение начальных состояний технологического процесса; загрузка ранее сохраненных начальных состояний моделируемого технологического процесса; изменение параметров технологического процесса; имитация отказов в работе основного оборудования, вспомогательных систем, КИПиА; возможность имитации последовательности возникновения различных отказов в работе оборудования (сценарии развития нештатных ситуаций); формирование и печать протоколов действий каждого обучаемого.

Обучаемый оценивает текущую ситуацию на технологическом объекте и реализует управляющие воздействия, направленные на поддержку заданного технологического режима работы оборудования, локализацию последствий аварийных ситуаций или иные действия в зависимости от текущей ситуации на объекте.

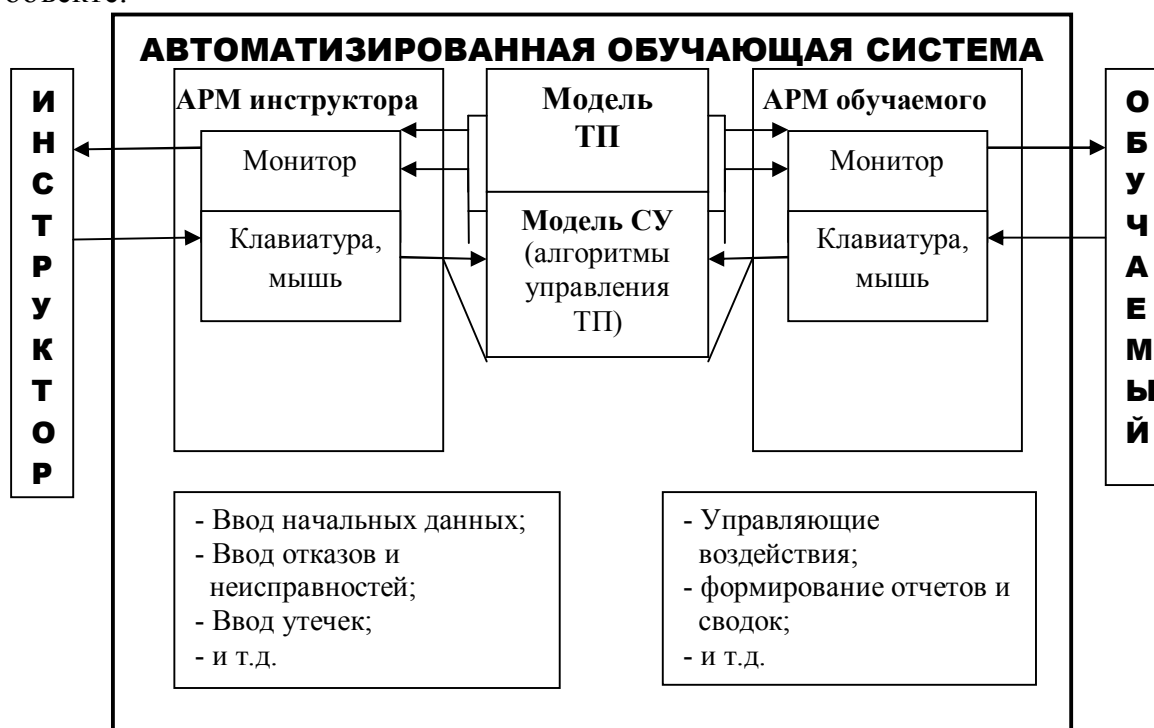


Рис.4 — Схема тренажерной подготовки.

В работе проанализированы структура и основные требования к математическому обеспечению автоматизированных тренажерно-обучающих систем.

В качестве основного принципа, положенного при создании эффективных систем обучения на базе тренажеров, принято положение о необходимости развития у операторов оперативного мышления, позволяющего осуществлять эффективное управление сложным технологическим объектом. В соответствии с этим формулируются положения, которые необходимо принимать во внимание как при разработке отдельных элементов системы обучения, ее информационной модели, так и математического обеспечения тренажерного комплекса в целом. Во-первых, это достаточное подобие тренажерного комплекса реальному объекту. Во-вторых, это формирование у обучаемого на каждом этапе обучения наилучшего варианта решения. В-третьих, реализация формализованного подхода к определению

объективной оценки действий обучаемого и общего уровня его обученности. В-четвертых, блочное построение математического обеспечения. Исходя из этого, выделяются основные элементы тренажера: математическая модель объекта; модель формирования рационального варианта решений обучаемого; система оценки действий обучаемого. Наиболее рациональной методической основой обучения является операционно-комплексный метод в сочетании с прогрессивностью нарастающей информационной нагрузки.

Важной частью МО является модель формирования рациональных действий обучаемого. Степень совпадения действий обучаемого с рассчитанной по этой модели последовательностью необходимых операций позволяет непосредственно определять уровень обученности оператора.

В общем случае структурно-системное МО включает в себя ядро системы, состоящее из супервизора ввода-вывода и диспетчера задач; систему драйверов ввода-вывода; систему трансляторов программ с алгоритмических языков высокого уровня; систему редактирования исходных программных модулей. Основными функциями программного обеспечения (ПО) тренажеров являются: имитация функционирования объектов в различных режимах; управление выполнением учебных, тренировочных и контрольных заданий; управление процессом обучения; оценка деятельности операторов; ведение документации; генерация технологических ситуаций; представление рекомендаций оператору по управлению объектом; генерация и обработка деревьев отказов; генерация и редактирование баз данных по технологическому процессу, программам и методикам обучения, индивидуальным характеристикам обучаемых. Связь между программным и модулем и осуществляется через общую область памяти и базу данных.

Четвертая глава посвящена реализации алгоритмов оценки профессиональной пригодности и обучения операторов. В учебно-тренинговом центре ООО «Химавтоматика», было проведено тестирование 40 операторов. В табл.2 приведены сведения о профессионально значимых качествах операторов и методиках их оценки. представлены результаты тестирования, приведенные к нормализованному виду

$$X_{ij} = \frac{B_{ij}}{B_{\max ij}} \quad (14)$$

где X_{ij} - нормализованная оценка по тесту, B_{ij} - количество правильных ответов испытуемого на вопросы, $B_{\max ij}$ - максимально возможное количество правильных ответов, i - номер теста, j — номер оператора.

Применение экспертного метода обусловлено тем, что непосредственное измерение профессиональной пригодности с помощью объективных методов или расчета невозможно. Оценка профессиональной пригодности операторов проводилась по обобщенному показателю, который рассчитывался как среднее арифметическое по всем тестам. Расчет показал наличие разницы в результатах тестирования операторов (обобщенный показатель принимал значения от 0,655 до 0,800), что свидетельствует о неравной степени проявления требуемых качеств у операторов.

Профессиональная пригодность операторов оценивалась экспертами по балльной шкале от 1 до 5 с единичным шагом. Значение 5 соответствовало наилучшей, максимальной оценке профессиональной пригодности оператора, а значение 3 являлось нижней границей профессиональной пригодности оператора.

Таким образом, при $Y > 3$ оператор считается «успешно пригодным», при $Y < 3$ — «условно пригодным».

Таблица 2.

Профессионально значимые качества оператора и методика их оценки

Профессионально значимые качества	Свойства	Мотивация значимости	Психодиагностические методики
Психофизиологические			
Внимание	Устойчивость и распределение внимания Избирательность и концентрация внимания	Необходимость постоянного контроля технологического процесса, переключения внимания с одного объекта на другой	Тест Бурдона Тест Мюнстерберга
Память	Объем кратковременной, долговременной памяти	Запоминание и переработка информации о текущем состоянии и нормах технологического режима	Метод «Воспроизведение фигур»
Технический интеллект	Уровень развития технического интеллекта	Необходимость понимания технологического процесса, устройства и принципа работы оборудования	Тест механической понятливости Беннета
Логическое мышление	Установление логических отношений, способность обобщения и абстрагирования	Прогностическая природа решаемых задач, умение выявлять отклонения в технологическом процессе	Тест «Сложные аналогии»
Зрительное восприятие	Точность глазомера	Выполнения функций слежения за состоянием подконтрольных объектов, измерение объектов деятельности без помощи инструментов и приборов	Тест «Деление отрезка пополам»
Личностные			
Эмоциональная устойчивость	Выдержанность, отсутствие нервного утомления	Высокая напряженность труда	Тест «Кэттелла» фактор «С»
Ответственность	Нормативность поведения, деловая направленность	Высокая ответственность за безопасность других людей и материальные ценности	Тест «Кэттелла» фактор «G»

Согласованность мнений экспертов оценивалась с помощью коэффициента конкордации W , который рассчитывается по формуле, предложенной Кендэллом

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j^2} \quad (15)$$

где W - коэффициент конкордации, S - сумма квадратов разностей (отклонений) между фактическими суммарными рангами объектов и их средним значением, m - количество экспертов, n - количество операторов, T_j - показатель связанных рангов j -й ранжировке.

Расчеты показали: коэффициент конкордации W равен 0,950, что свидетельствует о высокой согласованности мнений экспертов.

Вывод математической модели профессиональной пригодности операторов проводился на основе установления функциональной связи между результатами тестирования и экспертными оценками с помощью статистического пакета прикладных программ Sign, в основу которого положен алгоритм обработки данных непараметрических методов статистического анализа данных, основанного на переходе от наблюдений или остатков к знакам остатков. Этот метод не требует нормальности и одинаковой распределенности случайных ошибок. Преимуществом знаковых оценок является также их устойчивость к выбросам данных и высокая точность оценки неизвестных параметров при малых выборках.

Таблица 3.

Профессионально значимые качества оператора и методика их оценки

Номер операто ра	Профессионально значимые качества									Усредненная экспертная оценка
	Психофизиологические качества							Личностные качества		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	
1	0,768	0,643	1,000	0,833	0,886	0,650	1,000	0,667	0,750	5
2	0,726	0,750	0,833	0,333	0,857	0,700	0,500	0,750	0,833	3
3	0,479	0,786	0,667	0,500	0,957	0,750	0,833	0,667	1,000	4
4	0,989	0,500	0,833	0,667	0,900	0,650	1,000	0,417	0,750	4
5	0,837	0,679	0,667	0,333	0,814	0,700	1,000	0,667	0,750	3
6	0,700	0,536	0,667	0,667	0,829	0,650	0,667	0,667	0,833	3
7	0,642	0,679	1,000	0,667	0,943	0,750	1,000	0,583	0,833	5
8	0,726	0,857	0,833	0,500	0,900	0,800	1,000	0,833	0,750	5
9	0,879	0,750	0,667	0,167	0,786	0,650	0,500	0,667	0,833	2
10	0,768	0,714	0,667	0,500	0,829	0,750	0,833	0,833	0,833	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
40	0,837	0,679	0,667	0,333	0,814	0,700	1,000	0,667	0,750	3

Примечание: X₁ - нормализованная оценка по тесту Бурдона, X₂ - по тесту Мюнстерберга, X₃ - по тесту «Воспроизведение фигур» (кратковременная память), X₄ - по тесту «Воспроизведение фигур» (долговременная память), X₅ - по тесту механической понятливости Беннета, X₆ - по тесту «Сложные аналогии», X₇ - по тесту «Деление отрезка пополам», X₈ - по тесту Кеттелла, X₉ - по тесту Кеттелла

Установление функциональной связи между результатами тестирования и оценкой профессиональной пригодности осуществлялось решением линейной регрессионной задачи

$$Y = X\theta + \xi, \quad (16)$$

где Y - вектор значений функции отклика (оценка профессиональной пригодности), θ - вектор неизвестных параметров, X - вектор факторов, влияющих на отклик (результаты тестирования), ξ , - вектор независимых случайных ошибок

В основе метода лежат предположения, что независимые случайные ошибки ξ в линейной регрессии с равными вероятностями принимают положительные и отрицательные значения

$$P\{\xi_i < 0\} = P\{\xi_i > 0\} = 1/2 \quad (17)$$

для всех $i=1, \dots, n$

Оценка параметров $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_r)^T$ линейной регрессии в знаковом методе сводится к решению задачи:

$$\sum_{\alpha=1}^r (\sum_{i=1}^n x_{i\alpha} \text{sign}(y_i - \sum_{\beta=1}^r x_{i\beta} \cdot \theta_{\beta}))^2 \min_{\theta \in R'} \quad (18)$$

Решение такой задачи всегда существует, поскольку целевая функция является кусочно постоянной (при изменении векторного параметра θ во всем пространстве она принимает конечное число значений).

В статистическом пакете прикладных программ Sign для вычисления знаковых оценок применяется итерационный алгоритм, который сводится к последовательной минимизации каждого из слагаемых задачи.

Компьютерная обработка данных тестирования операторов позволила получить математическую модель профессиональной пригодности, имеющую вид

$$Y = -11,4 + 1,792 X_1 + 1,324 X_2 + 2,214 X_3 + 2,343 X_4 + 2,852 X_5 + 3,929 X_6 + 1,864 X_7 + 1,962 X_8 + 2,312 X_9 \quad (19)$$

Результаты проверки нулевой гипотезы для уровня доверия 0,950 показали, что все нулевые гипотезы отвергаются, следовательно, все члены регрессионной модели значимы, т.е. все исследуемые качества являются значимыми для оценки профессиональной пригодности оператора.

На основании полученной модели было установлено, что 68 % протестированных операторов следует отнести к «успешно пригодным», 32 % - к «условно пригодным». Учитывая, что при работе «успешно пригодных» операторов вероятность возникновения аварийной ситуации за рассматриваемый период снижается на 18 %, а затраты на проведение профотбора незначительны. Установлено, что экономическая эффективность внедрения профессионального отбора многократно превышает затраты на его проведение.

В работе исследовано эффективность применения тренажерно-обучающих комплексов для обучения операторов навыкам и приемам управления технологическими объектами. Для проведения эксперимента были взяты две группы по 25 (первая группа) и 21 (вторая группа) человек соответственно. При этом первая группа выполняла задания с предварительным обучением при помощи тренажерной обучающей программы, а вторая - на основе методических материалов на бумажных носителях.

Анализ показал, что наиболее адекватными характеристиками оценки эффективности результатов обучения с использованием тренажерной системы являются показатели времени выполнения определенных действий, доля правильных действий, среднее квадратическое отклонение (СКО) времени выполнения действий и доли правильных действий, а также такие сравнительные показатели, как коэффициент усвоения и коэффициент сокращения времени выполнения управляющих воздействий.

Показано, что при решении типовых задач приемки смены оператором среднее время приемки сокращается с 18 до 15 минут, что при уровне значимости $\alpha=0,01$ является статистически значимым различием. Доля правильных действий увеличивается с 76 до 97%. Соответственно в восемь раз уменьшается количество ошибок. При решении проблем, возникающих при аварийной ситуации, среднее время правильной реакции сокращает их почти в два раза, стандартное отклонение времени - в 2,5 раза. Доля правильных действий увеличивается с 64 до 89%, то-есть более чем в три раза сокращается доля ошибочных действий. При решении проблем аварийной ситуации стационарного характера среднее время реакции сокращается с 19,1 до 10,5 минут, разброс времени - в 2,7 раза. Доля правильных действий увеличивается с 57 до 84%, то-есть в два с лишним раза уменьшается доля ошибочных действий.

Полученные значения коэффициента усвоения показывает, что у подготовленной на тренажере группы результаты выполнения заданий лучше, чем у неподготовленной при одновременном существенном сокращении затрат времени на выполнение заданий.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертации на основе теоретических и экспериментальных исследований выполнена разработка АТОС с расширенными функциональными возможностями профессионального отбора и тестирования психофизиологических характеристик оперативно-диспетчерского персонала промышленных предприятий.

В процессе выполнения диссертации получены следующие, новые теоретические и практические результаты:

1. В результате анализа существующих подходов к проблеме автоматизации профессионального отбора операторов построена модель тестирующей системы, что обеспечивает расширение функциональных возможностей системы в аспектах оценки профессиональной пригодности и подготовки операторов технологических установок.

2. Выявлены общие и специальные проблемы моделирования деятельности оператора в тренажерных комплексах. Выявлена и проанализирована структура, этапы проектирования и особенности реализации специального, информационного, математического, программного, технического и других видов обеспечения тренажеров сложных объектов.

3. Разработан метод автоматизированного тестирования оператора, учитывающий качество выполнения оператором технологических операций предписанного алгоритма и обеспечивающий комплексную оценку профессионально важных качеств 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.

4. Разработана методика профессионального отбора операторов; выявлены профессионально значимые психофизиологические и личностные качества, подобраны психодиагностические методики для их оценки;

5. 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 Borland Delfi.

6. Разработано программное обеспечение автоматизированной тестирующей психофизиологической системы для оценки профессиональной пригодности и подготовки операторов сложных технологических установок. 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).

7. Разработана многофункциональная тестовая оболочка «Prof_Test», представляющая собой программное средство для ведения редактирования базы тестовых заданий, регистрации результатов тестирования, а также оценки

профессиональной пригодности операторов на стадии подготовки и переподготовки специалистов по предметной области «Автоматизация технологических процессов и производств».

8. Получена модель профессиональной пригодности с помощью знакового метода анализа данных выявлено, что операторов, работающих на технологических установках можно разделить на две категории: «успешно пригодных» и «условно пригодных».

9. Выполнен расчет экономической эффективности проведения профотбора операторов-технологов, основанный на использовании статистического пакета прикладных программ Sign. Установлено, что экономическая эффективность внедрения профессионального отбора многократно превышает затраты на его проведение.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Юсупбеков Н.Р., Акрамов Э.М., Мигранова Э.А. Алгоритмическое обеспечение базы знаний в задачах управления технологическими процессами и производствами // Сб. науч. трудов «Вопросы кибернетики». Современное состояние и пути развития информационных технологий: - Ташкент, 2006. - С.195-197.

2. Мигранова Э.А, Тошматова Ш.С. Виртуальная лаборатория – программа тренажер для приобретения навыков и умений // Межвузовский сб. науч. трудов. Актуальные вопросы в области технических и фундаментальных наук: – Ташкент. 2006. - С.97-99.

3. S.A.Vasileva, B.B.Gaibnazarov, E.A.Migranova. The analysis of indistinct algorithms of management of technological processes and manufactures // Proceedings on Fourth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. – Uzbekistan, Tashkent, 2006. - С. 299-300.

4. Мигранова Э.А. Анализ подходов к разработке систем обучения и контроля знаний // Материалы международной научно-технической конференции. «Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке – «ISTIQLOL»»:- Москва-Навои, 2007. - С.443-445.

5. Мигранова Э.А., Камзина Ю.В. Классификация компьютерных обучающих систем // Материалы международной научно-технической конференции. «Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке – «ISTIQLOL»»:- Москва-Навои, 2007. - С.401-403

6. Гулямов Ш.М., Мигранова Э.А., Камзина Ю.В. Контроль знаний в компьютерных тренажерных системах // Научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». - Ташкент, 2007. - № 5. - С.81-85.

7. S.SH.Hilalova, E.A.Migranova, K.J.Jusupov. Computer training apparatus for preparation of operators automated sulfuric acid manufactures // Proceedings on Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. – Uzbekistan, Tashkent, 2008. - С. 370-373.

8. A.N.Akhmadjonov, S.Sh.Hilalova, E.A.Migranova. Interaction of intelligent agents // Proceedings on Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. – Uzbekistan, Tashkent, 2008. - С.330-335.

9. Мигранова Э.А. А Анализ обучающих систем и основных психолого-педагогических подходов в обучении // Научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». - Ташкент, 2008. - № 6. - С.89-93.

10. Мигранова Э.А. Разработка модели структуры предметной области в автоматизированном тренажерно-обучающем комплексе // Научно-технический журнал «Вестник ТУИТ». - Ташкент, 2008.- №4 - С.98-101.
11. Мигранова Э.А., Юлдашева К. Компьютерные тренажерные комплексы // Респ. межвуз. сб. «Актуальные вопросы в области технических и социально экономических наук»: -Ташкент, 2009. -С.200-201.
- 20 12. Мигранова Э.А., Цхе Е.В. Автоматизированный контроль знаний по ... годике уточняющих вопросов // Материалы международной научно-технической конференции. «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития –«ISTIQLOL»»: -Навои, 2010. - С.481-483.
13. Гулямов Ш.М., Мигранова Э.А. Моделирование комбинированных систем автоматического регулирования // Материалы международной научно-технической конференции. «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития –«ISTIQLOL»»: - Навои, 2010. - С.462-463.
14. Мигранова Э.А. Многофункциональная тестовая оболочка «Модуль-тест» для проведения тестового контроля знаний производственного персонала промышленных предприятий // Респуб. межвуз. сбор. научных трудов. «Актуальные вопросы в области технич-х и фундаментальных наук»:–Ташкент,2010.-С.246-248.
15. Мигранова Э.А. Логическая структура автоматизированных обучающих систем // Научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». - Ташкент, 2010. - № 3. - С.86-89.
16. Мигранова Э.А., Юсупбеков А.Н., Мухамедханов У.Т. Моделирование систем автоматического регулирования в тренажерно-обучающих комплексах. Препринт. АН РУз Институт математики и ИТ.-Ташкент, 2010
17. F.T.Adilov, E.A.Migranova. Architecture of the automated intelligent training systems. Proceedings on Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. – Uzbekistan, Tashkent, November, 2010. - С. 54-56.
18. Адиллов Ф.Т. Мигранова Э.А. Построение концептуальных моделей деятельности оператора. Респуб. межвуз.сб. науч. трудов. «Актуальные вопросы в области технических и фундаментальных наук»: –Ташкент.2011. - с.295-297.
19. Мигранова Э.А. Структурный анализ деятельности человека-оператора. Материалы республиканской научно-технической конференции. «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан: - Навои, 2011. - С.289-290.
20. Адиллов Ф.Т., Мигранова Э.А. Программа оценки функциональной надежности оператора технологических процессов.–Ташкент, 2011. - №522067893
21. Адиллов Ф.Т., Юсупбеков Н.Р., Мигранова Э.А. Автоматизированная система профессионального отбора операторов для управления технологическими процессами.- Ташкент, 2011. - № 599726341

Соискатель

Мигранова Э.А.

РЕЗЮМЕ

диссертации Миграновой Эльвиры Аслямовны на тему: «Автоматизированная система отбора и обучения операторов для управления технологическими процессами» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система, компьютерный тренажер, тестовый контроль знаний, модели предметной области, обучаемого и управления процессом обучения, моделирование систем автоматического регулирования.

Объекты исследования: технологии компьютерного обучения; автоматизированные тренажерно-обучающие системы; технологические объекты управления сложными технологическими процессами и производствами.

Цель работы: разработка принципов, методов и способов построения когнитивных автоматизированных тренажерно-обучающих систем с расширенными функциями тестового контроля

Методы исследования: аппарат математического моделирования процессов и аппаратов химической технологии, современная теория автоматического управления, принципы и методы когнитивного инжиниринга и статистической обработки данных.

Полученные результаты и их новизна. Научная новизна результатов диссертации заключается в том, что в ней проведено теоретическое обобщение и решение важной народно-хозяйственной задачи разработки научно-методической тренажерной платформы, реализующей типовую АТОС с расширенными функциями тестового контроля знаний в предметной области «Автоматизация производственных процессов», а также предназначенной для подготовки операторов технологических процессов и производств.

Практическая значимость состоит в том, что решение рассмотренных в диссертации задач позволяет эффективно проводить разработку и осуществлять практическое внедрение отвечающих современным требованиям АТОС для широкого класса процессов в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, промышленности строительных материалов и др. отраслях.

Степень внедрения и экономическая эффективность: Результаты исследований и разработок используются в: ОАО «Химавтоматика» (г. Ташкент), Ташкентском государственном техническом университете.

Область применения: Учебный процесс в технических и технологических вузах и в системе подготовки и переподготовки специалистов промышленных производств.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор
Мигранова Эльвира Аслямовнанинг 05.13.07 – «Ишлаб чиқариш жараёнлари ва
ишлаб чиқаришни автоматлаштириш» ихтисослиги бўйича «Технологик
жараёнларини бошқариш учун операторларни танлаш ва ўқитиш автоматлаштирилган
тизими» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕ СИ

Таянч (энг муҳим) сўзлар: автоматлаштирилган ўқитиш тизими, компьютер тренажери, билимларни тестли назорат қилиш, ўқитиладиган предметли соҳа ва ўқитиш жараёнини бошқариш модели, технологик жараёнларни автоматик тартибга солиш тизимларини моделлаштириш.

Тадқиқот объектлари: компьютерда ўқитиш технологияси; автоматлаштирилган тренажер-ўқитиш тизимлари; мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни бошқаришнинг технологик объектлари.

Ишнинг мақсади: ўқитиладиганларнинг индивидуал хусусиятларига ва таълим стандартларининг талабларига мослашиш самарадорлигини оширадиган узлуксиз технологик жараёнли ишлаб чиқариш корхоналарининг оператив-диспетчер ходимларини тайёрлаш учун ахборотни тестли назорат қилиш, таҳлил қилиш ва тавсифлашнинг кенгайтирилган функциялари бўлган когнитив автоматлаштирилган тренажер-ўқитиш тизимларини куриш принциплари, методлари ва усулларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқот методлари: кимё-технологик жараёнлар ва аппаратларни математик моделлаштириш аппарати, автоматик бошқарувнинг замонавий назарияси, когнитив инжиниринги ва маълумотларни статистик қайта ишлаш принциплари ва методлари.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Диссертация иши натижаларининг илмий янгилиги “Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш” предметли соҳада билимларни тестли назорат қилишнинг кенгайтирилган функциялари бўлган намунавий АТЎТни амалга оширадиган илмий-услубий тренажер платформани ишлаб чиқишнинг муҳим халқ хўжалиги вазифаларини назарий умумлаштириш ва ҳал қилишдан иборат.

Амалий аҳамияти: ишнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, диссертацияда кўриб чиқилган вазифалар кимёда, нефтни қайта ишлашда, саноати ва бошқа соҳаларда жараёнларнинг кенг класси учун автоматлаштирилган тренажер ўқитиш тизимларини ишлаб чиқиш ва АТЎТ замонавий талабларига жавоб берадиган амалий жорий қилинишини амалга ошириш самарали ўтказилиш имконини беради.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Тадқиқотлар ва ишланмалар натижалари “Кимё автоматика” ОАЖ (Тошкент шаҳри), Тошкент давлат техника университети фойдаланилади.

Қўлланиш (фойдаланиш) соҳаси: Техник олий ўқув юртларидаги ва саноат ишлаб чиқариш корхоналарининг мутахассисларини тайёрлиш ва қайта тайёрлаш тизимдаги ўқув жараёнлари.

RESUME

Thesis of Migranova Elvira Aslyamovna on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical science on specialty 05.13.07-“Automatization and technological process and manufacture management” subject: “The automated system of selection and training of operators for management of technological processes.”

Key words: automated teaching system, computer training, knowledge test control, subject models, learning process control, system modeling of technological processes regulations.

Subjects of research: technologies of computer teaching, automated training-teaching systems, technological objects of complicated technological processes and productivity controlling.

Purpose of work: principle, methods and ways of cognitive automated training teaching systems construction development with extended test control, analysis and information classification functions for training operating controlling staff of manufacturing enterprises with continuous technological processes, which help to increase the efficiency of adaptation to individual features of students and education standard requirements.

Methods of research: device of mathematic modeling processes and devices of chemical technological type, modern theory of automated controlling, principles and methods of cognitive engineering and statistic data processing.

The results obtained and their novelty: scientific novelty of the thesis results is that theoretical generalization and solution of important economic task development of scientific methodical training platform realizing typical ATLS with extended functions of test control on the subject “Automatization of manufacturing process”, and operators training technological processes and production is carried out.

Practical value: is that solution of considered task in the thesis allows developing and fulfilling practical integration of ATLS meeting standard requirements for the wide types of processes in chemical, oil-processing, petrochemical spheres, mineral fertilizer production, construction materials industry and others.

Degree of embed and economic effectivity: results of the research are used in: “Khimavtomatika”, Tashkent state technical university, Tashkent university if information technologies.

Field of application: Educational process in technical institutions and in industrial manufacture specialists training and qualification system.