

На правах рукописи



Коробцов Александр Сергеевич

**Методологические основы обеспечения качества систем
машиностроения, включающие человеческий фактор
(на примере сварных конструкций)**

Специальность 05 02 23 – «Стандартизация и управление
качеством продукции»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

г Москва, 2007г

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Донском государственном техническом университете (ДГТУ)

Научный консультант доктор технических наук, профессор
ЛУКЪЯНОВ В Ф

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
ДЕНИСКИН Ю И

доктор технических наук, профессор
РАХМАНОВ М Л

доктор технических наук, профессор
ЩЕРБИНСКИЙ В Г

Ведущее предприятие ОАО ТКЗ «Красный котельщик»

Защита состоится 31 октября 2007г в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного Совета Д 212 125 10 в Московском авиационном институте (государственном техническом университете) по адресу 125 993, г Москва, Волоколамское ш , 4, зал Ученого Совета

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского авиационного института

Автореферат разослан 30 августа 2007 года

Ученый секретарь
диссертационного Совета
Д 212 125 10
кандидат технических наук, профессор



Ю Ю КОМАРОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы В 21 веке проблема безопасности стоит перед Россией, как и перед всем человечеством, на одном из первых мест. Стремительный рост техногенных чрезвычайных ситуаций вывел проблему техногенной опасности на уровень государственной безопасности. Это связано с тем, что на территории России насчитывается около 100 тысяч опасных производств и объектов, из которых около **1500 ядерных, 3000 химических и биологических объектов особо высокой опасности**. В нефтяной и газовой промышленности эксплуатируются **150 тысяч км магистральных газопроводов и 49,6 тысяч км магистральных нефтепроводов**. Протяженность водопроводных и канализационных сетей составляет 270 тыс км, в стране эксплуатируются **40 тыс различных резервуаров**, 22 тыс городских мостов и путепроводов.

Ежегодно на территории России происходит более **800 крупных техногенных чрезвычайных ситуаций**, при этом **потери** от них ежегодно **возрастают** на 10-30 %. Каждый год происходит 75-80 прорывов на магистральных нефтепроводах, наносящих огромный экологический ущерб. Например, в 1998 г общий экологический ущерб от чрезвычайных ситуаций составил 67 949 141 руб, при этом 54 027 695 руб из них (79,5%) - ущерб от аварий на магистральных и внутрипромысловых трубопроводах.

Проблема осложняется изношенностью конструкций и дефектностью сварных швов. Большая часть объектов ответственного назначения (резервуары, котельное оборудование, мосты, водопроводные и канализационные сети) **выработало плановый ресурс на 50-70% 25% общей протяженности нефтепроводов** эксплуатируются свыше 30 лет, 33% - от 20 до 30 лет. Около **60% котельного оборудования ТЭС** отработало нормативные сроки. Продолжают эксплуатироваться котлы, прослужившие более 50 лет. На предприятиях различных отраслей промышленности находится свыше **4 тыс котлов** устаревших конструкций или отработавших установленный срок службы. Более 40% российских **атомных подводных лодок** находятся на вооружении более 30 лет.

Один из главных путей решения проблемы безопасности данных объектов - их техническая диагностика на основе методов неразрушающего контроля (НК), среди которых порядка 70-80% составляет ультразвуковой контроль (УЗК). Однако выявляемость дефектов штатным немеханизированным УЗК по результатам исследований международной программы PISC, данных российских ученых лежит в пределах 45-70 %.

Учитывая актуальность и важность проблемы повышения качества контроля, с 1997 года регулярно проводится Америко-Европейский семинар по надежности НК, на котором было акцентировано внимание, что потенциальную надежность и эффективность системы контроля существенно снижает **человеческий фактор**, требующий научных исследований его роли в проблеме качества немеханизированного контроля.

Насущная проблема надежности систем "человек-машина" имеет общегосударственное значение. На ее решение направлена российская общеакадемическая программа фундаментальных исследований. О важности проблемы свидетельствует также тот факт, что в обязательную общепрофессиональную дисциплину "Безопасность жизнедеятельности" для всех специальностей и направлений высшего образования в 2000 году введен новый раздел "Антропогенные опасности и защита от них", цель которого - раскрыть роль человеческого фактора в обеспечении безопасности систем "человек-машина". Следует подчеркнуть, что цена человеческих ошибок особенно остро ощущается при эксплуатации современных человеко-машинных систем.

То есть, на данном этапе развития аппаратурных средств дефектоскопии и технологии контроля качество немеханизированного контроля в значительной степени обуславливается надежностью оператора. Учитывая, что в настоящее время значительный объем сварных конструкций контролируется этим способом, то исследование роли субъективных факторов, определяющих качество УЗК, и разработка подходов и средств управления ими являются актуальными задачами. Представляется перспективным это осуществить с позиции менеджмента качества человеческими ресурсами в условиях TQM и в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО серии 9000.

Цель работы - разработка концептуальных основ и научно-методического обеспечения управления качеством немеханизированного ультразвукового контроля сварных соединений для повышения безопасности объектов ответственного назначения.

Для достижения указанной цели в настоящей работе были поставлены и решены следующие задачи:

1 Выявление причинно-следственной связи основных факторов, определяющих качество немеханизированного ультразвукового контроля сварных соединений объектов ответственного назначения.

2 Системный анализ профессиональной деятельности оператора УЗК, как важного элемента человеко-машинной системы.

3 Разработка научных основ и формальных моделей управления качеством немеханизированного ультразвукового контроля, связанных с планированием, целенаправленным формированием и обеспечением требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество ультразвукового контроля.

4 Разработка критериев квалиметрической оценки качества ультразвукового контроля.

5 Создание программно-инструментальных и тренажерных средств оценки качества ультразвукового контроля на основе разработанных критериев.

6 Исследование роли субъективных факторов системы контроля с позиции менеджмента качества человеческих ресурсов и выявление показателей наиболее значимых процессов.

Предмет исследования – менеджмент качества основных процессов жизненного цикла специалиста ультразвукового контроля сварных соединений объектов ответственного назначения, базирующийся на предложенной концепции

На защиту выносятся

- классификация основных факторов и причинно-следственная диаграмма субъективных факторов, определяющих качество системы немеханизированного ультразвукового контроля,
- результаты инженерно-психологического анализа основных процессов профессиональной деятельности оператора УЗК, выполненного на основе профессиографического подхода,
- концепция менеджмента качества человеческих ресурсов, основанная на модели жизненного цикла оператора УЗК, для планирования, целенаправленного формирования и обеспечения требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество немеханизированного ультразвукового контроля,
- инструментальные, тренажерные средства и критерии квалиметрической оценки качества ультразвукового контроля, позволяющие получить объективную количественную оценку результативности основных процессов жизненного цикла оператора УЗК,
- результаты анализа наиболее значимых процессов в системе управления человеческими ресурсами для обеспечения качества немеханизированного ультразвукового контроля с выделением и формализацией важнейших показателей

Методическое обеспечение исследований

При отработке технологии создания искусственных плоскостных дефектов использовались метод контрольных меток, приближенные методики оценки коэффициентов интенсивности напряжений, расчетные зависимости линейной механики разрушения, установки для консольного и двухосного изгиба, микроскоп

Инженерно-психологический анализ профессиональной деятельности оператора УЗК был проведен на основе профессиографического подхода, используя принцип комплексности и метод экспертной оценки

Разработка концепции по планированию, целенаправленному формированию и обеспечению требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество ультразвукового контроля, базировалась на методологических принципах инженерной психологии, на процессном подходе, на основных положениях IQM по управлению персоналом

Для количественной оценки показателей темперамента использовались методики Айзенка и А Белова

Оценка показателей функционального состояния проводилась по тестам САН, шкала самооценки, по оценке времени латентного периода

сенсорной реакции, частоте сердечных сокращений и дыхания, среднестатистическому давлению, электрокардиограмме, характеристикам внимания (тесты глазомер, "перепутанные линии")

Для количественной оценки результатов профессиональной деятельности использовались образцы с искусственными отражателями (боковые сверления), CALTEST (для оценки точности настройки дефектоскопа), тест-образцы с внутренними плоскостными дефектами, тренажер-экзаменатор комплексной оценки результатов контроля, тренажерная система для оценки результатов сканирования, серийные дефектоскопы УД2-12, Sonic Mark 1, наклонные преобразователи, тест "Поиск максимума сигнала"

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием корреляционного и регрессионного анализа по прикладной программе Statistica, работающей в оболочке Windows

Разработка концептуальных основ управления качеством ультразвукового контроля базируется на современных достижениях в области менеджмента качества, методов квалиметрии

Научная новизна

Решена научная проблема менеджмента качества человеческих ресурсов при немеханизированном ультразвуковом контроле сварных соединений объектов ответственного назначения с целью повышения их безопасности, имеющая важное хозяйственное значение. Основные элементы научной новизны состоят в следующем

1 Предложена на основе системного междисциплинарного подхода концепция управления человеческими ресурсами, базирующаяся на жизненном цикле специалиста и процессном подходе, для планирования, целенаправленного формирования и обеспечения требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество ультразвукового контроля, с учетом требований международных стандартов ИСО серии 9000 и основных положений TQM

2 Для квалиметрической оценки квалификации персонала, результативности основных процессов и целенаправленного формирования профессиональных навыков обоснованы и разработаны специальные технические средства и методики создания искусственных дефектов гарантированных размеров и местоположения на основе установленных закономерностей роста усталостных трещин и аппарата линейной механики разрушения

3 Экспериментально выявлена роль субъективных факторов, определяющих качество наиболее значимых процессов немеханизированного ультразвукового контроля

Практическая ценность и реализация результатов работы

Разработаны методики создания искусственных плоскостных дефектов нормированных размеров и местоположения в испытательных образцах (а с №1539026, а с №1581521) По разработанным методикам совместно с ЦНИИТМАШ при непосредственном участии автора данной работы разработана и изготовлена серия крупногабаритных толстостенных (100 и 200 мм) тест-образцов для общероссийской программы "Разработка методов повышения надежности оценки параметров технологических дефектов и обоснование применимости данных неразрушающего контроля в расчетах на прочность оборудования АЭС" Пять испытательных образцов толщиной 40 мм, содержащие в стыковых сварных швах искусственные дефекты, были изготовлены для НИИ мостов Петербургского государственного университета путей сообщения

Разработаны следующие тренажерные средства тренажерная система для целенаправленного формирования и количественной оценки качества моторных навыков сканирования, компьютеризированный тренажер для обучения и комплексной оценки результатов профессиональной деятельности, имеющий в зависимости от используемого объекта контроля (труба, диск) несколько модификаций, специализированный тренажер для количественной оценки результатов работы операторов УЗК в условиях монотонной деятельности В рамках договорных обязательств комплексные тренажеры для обучения и комплексной оценки результатов профессиональной деятельности были изготовлены для АЕА Technology (г Ризли, Великобритания), ВНИИ АЭС (г Москва), Невинномысского колледжа Компьютеризированный тренажер для целенаправленного формирования навыков сканирования изготовлен Новочеркасскому политехническому институту

Для количественной оценки качества результатов контроля испытательных образцов предложен интегральный показатель качества, который учитывает относительное количество выявленных дефектов, вероятность выявления каждого типоразмера дефекта данной системой НК, вероятность недобраковки и перебраковки

Компьютеризированы психодиагностические тесты шкала самооценки, САИ, статический глазомер, Айзенка, тест по оценке времени латентного периода сенсомоторной реакции, разработан тест «Поиск максимума эхо-сигнала»

Результаты исследования роли функционального состояния оператора в проблеме надежности УЗК, психологические критерии профессионального отбора операторов ультразвукового контроля явились вкладом российской стороны в европейскую программу TACIS R 2 05 , секция "Человеческий фактор" и были представлены на европейском совещании в г Ризли (Великобритания) по проблеме надежности оборудования АЭС

Апробация работы

- Основные результаты работы докладывались и обсуждались на
- на XIV научно-технической конференции «Методы и средства повышения информативности и достоверности результатов ультразвукового контроля сварных конструкций (Санкт-Петербург, 14-16 октября 1992г)
 - XIII научно-технической конференции «Неразрушающие физические методы и средства контроля» (Санкт-Петербург, 8-11 сентября 1993г),
 - II междунар научно-технической конференции «Современные проблемы сварочной науки и техники» (г Ростов-на-Дону, 27-30 сентября 1993г),
 - международной научно-технической конференции «Надежность машин и технологического оборудования» (г Ростов-на-Дону, 1994г),
 - российской с международным участием научно-технической конференции «Неразрушающий контроль в науке и индустрии-94» (Москва, 31 мая-2 июня 1994г)
 - II международном конгрессе «Защита - 95 », (Москва, 20-24 ноября 1995г),
 - российской научно-технической конференции «Современные проблемы сварочной науки и техники» (г Пермь, 1995г),
 - всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы сварочной науки и техники» (г Воронеж, 16-18 сентября 1997г),
 - XVI Петербургской конференции «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций Информативность и достоверность» (Санкт-Петербург, 3-5 июня 1998г),
 - всероссийской межвузовской научно-практической конференции «Российский вуз в центре внимания личность» (г Ростов-на-Дону, 1999г),
 - всероссийской с международным участием научно-технической конференции «Перспективные пути развития сварки и контроля» (г Воронеж, 25-28 сентября 2001г),
 - VI международной научно-технической конференции по динамике технологических систем (г Ростов-на-Дону, 2001г)

Публикации По теме диссертации опубликовано 46 научных работ в том числе в таких журналах, как «Контроль Диагностика», «Сварочное производство», «Дефектоскопия», «Защита от коррозии и охрана окружающей среды», «Известия высших учебных заведений Машиностроение», «Физико-химическая механика материалов», «Проблемы прочности», «Автоматическая сварка», «Заводская лаборатория», «International Journal of Pressure Vessels and Piping», «Известия высших учебных заведений Северокавказский регион», а также в материалах международных, всесоюзных и межвузовских конференций Получено два авторских свидетельства, один патент Издана монография

Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы Диссертация изложена на 329 страницах машинописного текста, содержит 97 рисунков, 31 таблицу Список литературы включает 217 источников Общий объем 358 страницы

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность проблемы повышения качества немеханизированного ультразвукового контроля сварных соединений корпусного оборудования объектов ответственного назначения (магистральные нефте- и газопроводы, резервуары, котельное оборудование, ядерные установки, подводные лодки), **проблема безопасности** которых стоит в 21 веке на одном из первых мест

Показано, что на современном этапе развития аппаратурных средств дефектоскопии и технологии контроля качество немеханизированного ультразвукового контроля в значительной степени обуславливается человеческим фактором

Сформулированы цель, задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость

В первой главе рассмотрено современное состояние проблемы безопасности сварных соединений объектов ответственного назначения с позиции их реальной дефектности и достоверности штатных методик неразрушающего контроля

Анализ многочисленных разрушений сосудов давления, резервуаров, магистральных нефтепроводов показал, что во многих случаях причиной разрушений оказались дефекты в сварных швах, возникающие при изготовлении и монтаже и не выявленные неразрушающим контролем Согласно заключению международного института сварки этой причиной обусловлено около 40% разрушений сосудов давления и трубопроводов

Результаты исследований реальной дефектности сварных конструкций ответственного назначения, выполненные в разных организациях под руководством Г П Карзова, Г С Васильченко, R Nichols, H Kichaga, Тимофеева Б Т показали, что, несмотря на возросший технологический уровень процесса сварки, наличие дефектов является объективной реальностью Так, при автоматической сварке сосудов давления на каждые 10 м шва в среднем приходится 3-4 дефекта, при РДС их количество возрастает до 35

Наличие дефектов повышает значимость неразрушающего контроля Однако реальная выявляемость дефектов штатным немеханизированным ультразвуковым контролем по результатам исследований международной программы PISC (руководитель S Crutzen), данным В Е Белого, М В Розиной, Л М Яблоник, В Н Волченко, К Kasahara лежит в пределах 45-70%, что не удовлетворяет высоким требованиям, предъявляемым к объектам ответственного назначения

Для разработки путей и средств повышения достоверности контроля требуется проанализировать факторы, определяющие качество УЗК Учитывая, что немеханизированный УЗК представляет собой систему "объект контроля - дефектоскоп - оператор - среда", факторы, определяющие качество контроля, следует разделить на четыре большие группы в соответствии с составляющими данной системы (рис 1)

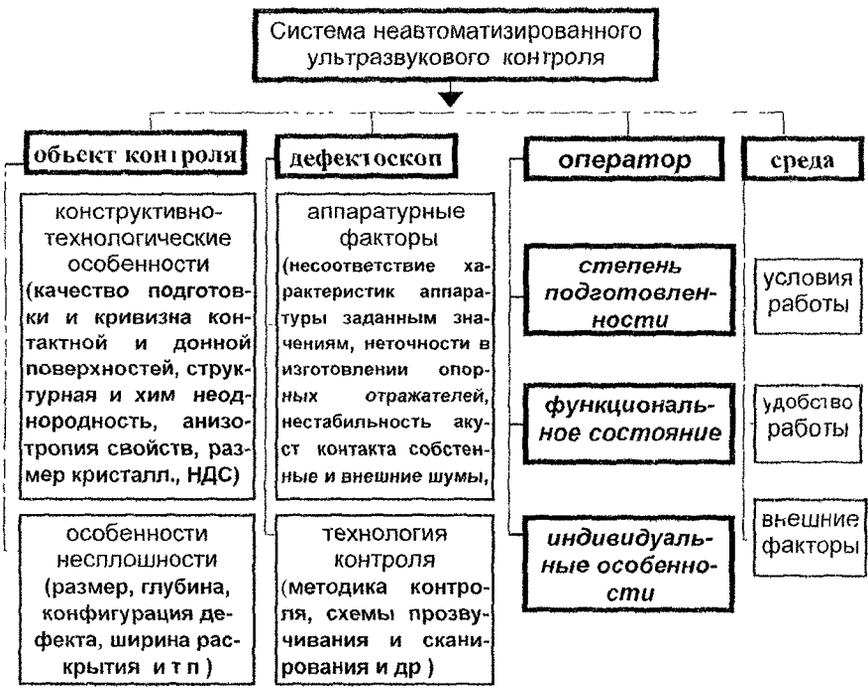


Рис 1 Факторы, влияющие на качество ультразвукового контроля

Анализ проблемы показал, что первые исследования были направлены на оценку влияния таких факторов, как качество подготовки рабочей поверхности, стабильность акустического контакта, структурная неоднородность, анизотропия свойств, размер, глубина залегания и особенности дефекта. Наибольший вклад в данные исследования внесли В Г Щербинский, А К Гурвич, Н П Алешин, Белый В Е, Дымкин Г Я, Ермолов И Н. Были предложены следующие способы повышения информативности УЗК: применение приставок для слежения за состоянием акустического контакта и соблюдением параметров сканирования, корректировка чувствительности по шероховатости поверхности, применение новых схем прозвучивания и сканирования и нестандартных методик, преобразователей. Другой путь повышения надежности УЗК – модернизация аппаратурной части: разработка специализированных томографических установок, компьютерных систем с когерентной обработкой данных, анализ изображения на базе экспертных систем (Вопилкин А Х, Воцанов А К). Следует отметить, что данные способы связаны с усложнением и значительным удорожанием аппаратуры.

Экспериментальное исследование влияния на надежность УЗК внешних условий работы было проведено в Британском центре неразрушающего контроля под руководством Murgatroyd R A в специализированной лаборатории, оснащенной специальным оборудованием

Факторы надежности "оператора" получили название "человеческий фактор". На Америке - Европейском семинаре по надежности НК была сформулирована концептуальная формула надежности R системы контроля

$$R = f(IC) - g(AP) - h(HF),$$

где **f(IC)** - внутренняя способность метода (верхний предел возможностей системы), **g(AP)** - параметры применения (ограничение доступа, состояние поверхности и т.п.), **h(HF)** - человеческий фактор, который, как акцентировалось внимание, может существенно снизить потенциальную надежность системы контроля

На особую важность человеческого фактора в проблеме надежности УЗК много лет обращает внимание А.К. Гурвич. Не смотря на это, данный аспект остается мало изученными из-за его сложности.

Анализ литературы показал, что из компонентов «человеческого фактора» наиболее изученным является влияние на качество контроля степени подготовки (квалификация, опыт). Две же другие подгруппы субъективных факторов, определяющих качество УЗК, и характеризующие психологические, психофизиологические и медико-биологические характеристики оператора, остаются практически неисследованными. Проблема влияния функционального состояния человека-оператора на качество работы является одной из самых мало изученных и не проработанной даже в психологической науке.

Представляется перспективным пути решения проблемы найти с позиции системы менеджмента качества в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО серии 9000 и положений ТQM

В создание фундаментальной базы менеджмента качества большой вклад внесли Э. Деминг, Дж. М. Джуран, В. Шухарт, А. В. Фейгенбаум, К. Ишикава, Ж. Тагучи, Ф. Р. Кросби.

Разработка ключевых концепций и решение различных проблем менеджмента качества нашли отражение в работах А.К. Гастева, В.В. Бойцова, А.В. Гличева, Ю.П. Адлера, А.И. Берга, К.С. Колесникова, С.А. Христиановича, представителей школ В.В. Бойцова, Г.Г. Азгальдова, В.Н. Азарова, В.П. Капырина, В.П. Панова. Мировой опыт организации работ по качеству обобщен и систематизирован в стандартах ИСО серии 9000 и соответствующих российских ГОСТах.

Качество в условиях промышленного предприятия определяется в значительной степени «человеческим фактором», оказывающим влияние на все элементы системы качества. Поэтому проблема управления данным фактором качества была и остается актуальной. Различные аспекты управления человеческими ресурсами рассматривали М. Вебер, Ф. Тейлор, А. Файоль, Ф. Ротлисбергер, Э. Мэйо, А. Маслоу, Дж. Иванцевич, В.Р. Веснин, Е.В. Маслов, Н.А. Витке, Р.Х. Шакуров, С.П. Дырин.

Если рассматривать задачи управления персоналом в рамках конкретной производственной деятельности при решенных общих задачах на уровне организации, то главными процессами, определяющими качество конкретной продукции, являются профессиональный отбор, профессиональное обучение и оценка квалификации персонала

На основе анализа проблемы были сформулированы задачи исследования с позиции менеджмента человеческими ресурсами

2 Концепция управления человеческими ресурсами для обеспечения качества немеханизированного ультразвукового контроля

Во второй главе на основе системного междисциплинарного подхода разработана концепция управления человеческими ресурсами, базирующаяся на жизненном цикле специалиста, по планированию, целенаправленному формированию и обеспечению требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество немеханизированного ультразвукового контроля с учетом требований международных стандартов ИСО серии 9000 и основных положений TQM. Предлагаемая концепция содержит специальную программу конкретных мероприятий и основывается на следующих положениях.

- проблема имеет комплексный характер, и решать ее необходимо с позиции системного подхода на основе интеграции различных научных дисциплин контроля качества сварных соединений, менеджмента качества, общей и инженерной психологии, инженерной эргономики,

- качество немеханизированного УЗК, как и любой системы в целом, закладывается на стадии "проектирование" (проектирование операторской деятельности), формируется на этапе "подготовка" (подбор, обучение, аттестация операторов) и должна поддерживаться на этапе «эксплуатация» (производственная деятельность оператора),

- перечисленные выше основные этапы должны быть взаимосвязаны через систему обратных связей,

- при разработке на данных этапах конкретных мер и средств, направленных на устранение основных причин снижения качества немеханизированного УЗК должны учитываться методологические принципы инженерной психологии и принципы менеджмента качества

Предлагаемая программа мероприятий направлена на снижение негативного воздействия субъективных факторов качества, причинно-следственная диаграмма которых представлена на рис 2

На стадии "проектирование" закладывается потенциальная надежность системы контроля. Обосновано, что для целенаправленного формирования требуемого уровня субъективных факторов качества на этапе «проектирование» необходимо реализовать следующие мероприятия

- определить и обосновать профессионально важные качества для работы оператором УЗК с учетом специфики производственной деятельности,

- разработать критерии, методики и психодиагностические средства профессионального отбора кандидатов в операторы УЗК,

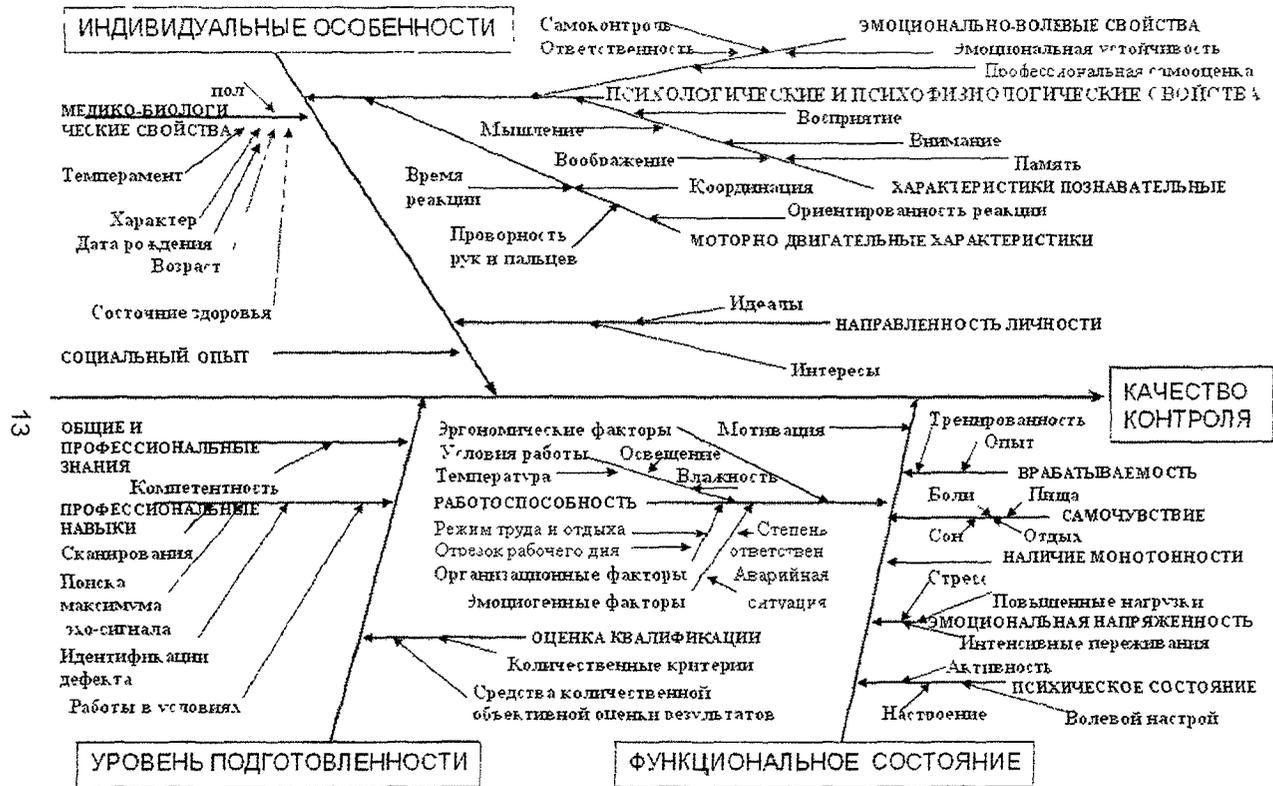


Рис 2 Причинно-следственная связь субъективных факторов определяющих качество ультразвукового контроля

- проанализировать и обосновать перечень методов и средств целенаправленного формирования и количественной оценки уровня профессионально необходимых знаний и навыков,

- обосновать необходимость создания специальных тренажерных и информационных средств обучения, тренировки и количественной оценки уровня подготовки для конкретной профессиональной деятельности,

- определить требования к степени подготовленности операторов,

- сформулировать оптимальные условия работы и организации трудового процесса с учетом специфических особенностей работы,

- учесть эргономические и психологические требования к рабочему месту,

- разработать методики оценки показателей функционального состояния оператора и показателей производственной деятельности (и критерии их взаимосвязи),

Обосновано, что на этапе "подготовка" (подбор и обучение оператора) для формирования требуемого уровня надежности оператора должны быть реализованы перечень следующих мероприятий

- проведен профессиональный отбор кандидатов в операторы УЗК на основе разработанных критериев, методики и диагностических средств,

- сформирован (приобретен и изготовлен) необходимый и достаточный набор средств обучения, тренировки и количественной оценки профессионального уровня,

- проведено обучение (сформированы профессионально необходимые знания и навыки) и количественно оценен уровень подготовленности оператора,

- экспериментально выявлены оптимальные условия работы и организации труда для конкретной производственной деятельности,

- проведен анализ профессиональной деятельности оператора УЗК в целом и количественно оценено качество работы

По результатам проведенных работ в конце этапа "подготовка" должны подводиться итоги работы и вноситься необходимые коррективы в мероприятия, реализуемые на предыдущем этапе

Для поддержания требуемого уровня факторов качества на этапе производственной деятельности оператора необходимо

- контролировать соблюдение оптимальных условий работы и организации труда,

- поддерживать профессиональные навыки на требуемом уровне и восстанавливать их после длительных перерывов в работе,

- проводить оперативную диагностику состояния оператора и учитывать индивидуальные особенности изменения показателей состояния,

- учитывать влияние особенностей работы оператора в различных условиях окружающей среды (температура, влажность, шум, вид и величина различного рода помех), рабочей позы, доступности зоны контроля на показатели функционального состояния оператора и качество работы

На этапах проектирования подготовки и эксплуатации решаются свои определенные задачи, однако в условиях TQM основные процессы должны быть взаимосвязаны в рамках целостной программы (рис 3)

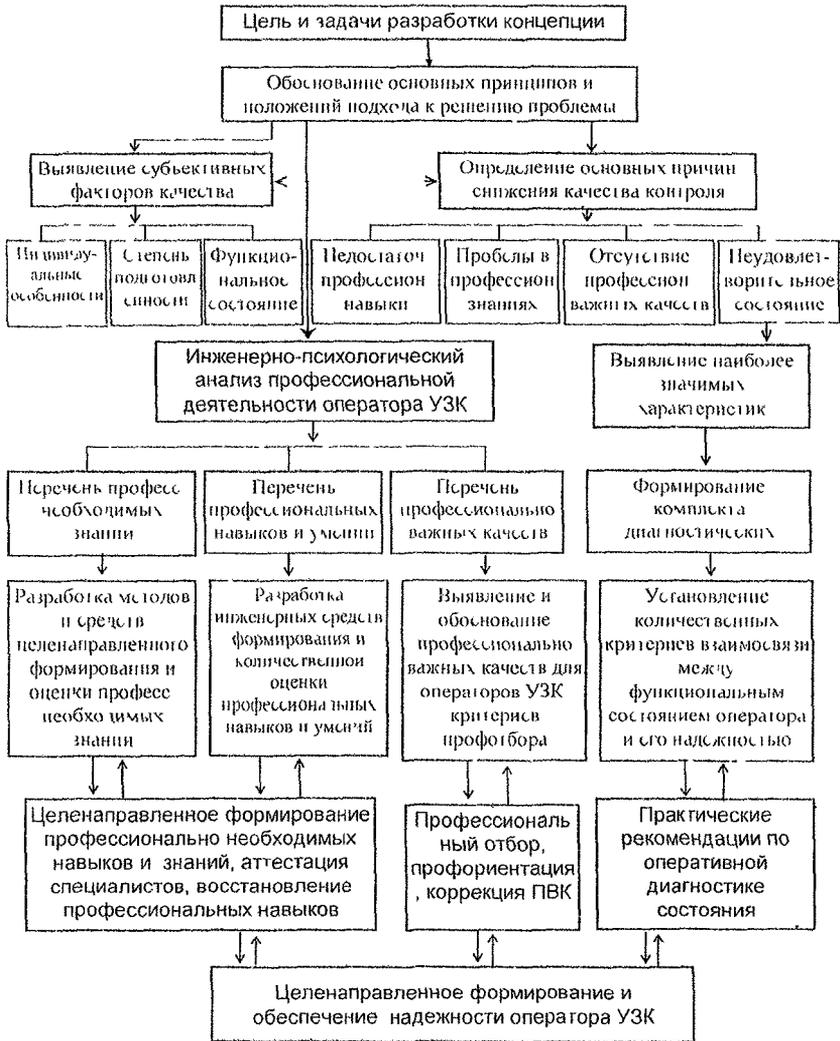


Рис 3 Основные процессы целенаправленного формирования и обеспечения субъективных факторов качества УЗК

Для практической реализации положений концепции необходимо наличие определенного обеспечения Научной основой для обоснования перечня необходимых для обеспечения качества инструментальных, тренажерных и психодиагностических средств является только детальный инженерно-психологический анализ деятельности оператора

Анализ был проведен с учетом основных принципов и положений, выработанных специалистами по профессиографическим подходам, используя метод экспертной оценки Профессиональная деятельность оператора УЗК была расчленена на следующие требующие специальных знаний и навыков относительно самостоятельные процессы - ознакомление с основной технической документацией на контроль (ознакомление с заданием), - настройка ультразвукового дефектоскопа, - подготовка изделия к контролю, - сканирование, - выделение "полезного" сигнала, - идентификация дефекта, - измерение параметров обнаруженного дефекта, - принятие решения (оценка допустимости дефекта), - оформление отчетной документации

Рассматривая проблему с системных позиций, используя принцип комплексности и метод экспертной оценки, для каждого процесса были составлены перечни производственных действий оператора, профессионально необходимых знаний, навыков, умений и профессионально важных психофизиологических качеств возможных Полученная информация позволила перейти к обоснованию обеспечения, необходимого для менеджмента качества человеческих ресурсов

На основе анализа трудовой деятельности оператора УЗК выявлены главные профессиональные навыки, определяющие качество основных процессов

- навык линейного перемещения преобразователя с определенной скоростью и поддержанием акустического контакта с соблюдением шага и амплитуды сканирования при одновременном наблюдении за экраном дефектоскопа и зоной контроля,

- навык нахождения максимума амплитуды эхо-сигнала,

- навык определения формы, координат, протяженности дефектов

- навык надежной работы в условиях монотонии

Данные профессиональные навыки являются основой для разработки специальных тренажерных средств

3 Инструментальные и тренажерные средства для квалиметрической оценки качества неразрушающего контроля, обучения и аттестации операторов ультразвукового контроля

Третья глава посвящена созданию инструментальных, тренажерных средств и критериев квалиметрической оценки качества ультразвукового контроля Эти вопросы в условиях TQM играют ключевую роль

Показано, что количественная объективная оценка результатов неразрушающего контроля возможна лишь при наличии точной информации о действительных размерах имеющихся дефектов в испытательных образ-

цах, поэтому актуальным аспектом является разработка методик создания искусственных дефектов нормированных размеров и местоположения

Методики создания искусственных дефектов

Учитывая, что наиболее опасным дефектом, встречающимся в реальных конструкциях, являются усталостные и технологические трещины, были разработаны методики получения внутренних трещин. На стадии отработки технологии создания искусственных трещин использовался метод контрольных меток, заключающийся в фиксации размеров и формы усталостной трещины изменением параметров режима циклического нагружения, и аппарат линейной механики разрушения.

На рис 4 представлена технология одной из методик. На поверхности образца (рис 4,а) в определенном месте снимают цилиндрической фрезой слой металла определенной глубины (в зависимости от требуемой глубины залегания создаваемого дефекта), оставляя в центральной части перемычки (рис 4,б) определенной ширины. В центре перемычек создают острый надрез. После этого в результате приложения к образцу переменных нагрузок в надresaх инициируют усталостные трещины (рис 4,в). Возникшие трещины на начальном этапе роста по своей форме развиваются как поверхностные краевые и имеют длину, равную ширине перемычек.

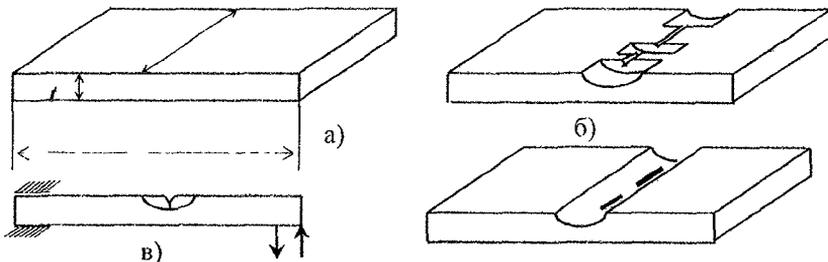


Рис 4 Схема создания усталостных трещин заданных размеров и местоположения

В дальнейшем под действием циклических нагрузок они прорастают через технологические перемычки и углубляются в тело образца. Фронт трещины при этом начинает приобретать форму полуэллипса. Затем перемычки удаляют и после достижения трещиной требуемых размеров циклическое нагружение прекращают. Последней операцией является наплавка слоя металла над созданными дефектами.

Отмечено, что важным методическим аспектом является установление истинных параметров созданных дефектов. Поверхностная трещина трехмерна, поэтому изменение ее глубины и формы фронта в процессе лабораторного "выращивания" не поддается визуальному контролю, а

соотношение ее главных полуосей зависит от ряда факторов, основными среди которых являются напряженно-деформированное состояние вдоль фронта трещины и геометрические размеры образца. Показано, что в ряде случаев представляется возможным и целесообразным глубину и форму фронта усталостных трещин определять расчетным путем через определение коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) вдоль фронта развивающейся трещины. Для прикладных целей наибольшую ценность представляют приближенные методы, представленные в аналитическом виде. Значение коэффициента интенсивности напряжений K_I для полуэллиптической трещины глубиной b в образце конечных размеров определяли на основе выражения для сквозной центральной трещины в бесконечной пластине при одноосном растяжении с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих форму фронта трещины M_E , близость наружной M_s и тыльной поверхности M_W и градиент напряжений по толщине M_G

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi b} \cdot M_E \cdot M_s \cdot M_W \cdot M_G$$

Проведен сравнительный анализ наиболее часто используемых зависимостей на основе экспериментально полученного уравнения, описывающего изменение устойчивого фронта поверхностных трещин. Установлено, что наблюдается существенный разброс значений K_I при использовании выражений, предложенными разными авторами. Выявлены по результатам проведенных расчетов зависимости, приемлемые для практических целей и дающие наименьшие погрешности.

Предложена модификация методики, позволяющая получать в образцах плоскостные дефекты произвольной формы (прямоугольной, трапециевидной). Для этого форма, высота и ширина искусственного дефекта задавалась соответственно формой, высотой и шириной технологической перемычки. Разработанные методики с высокой степенью точности позволяют получить в испытательном образце одиночную усталостную трещину с любым отношением полуосей (рис 5,а), систему трещин, состоящую из двух (рис 5,б) или нескольких (рис 5,в) отдельных трещин, плоскостные дефекты прямоугольной формы (рис 5,г).

Наличие возможности расчетным путем прогнозировать кинетику роста трещин на основе приближенных методов оценки КИН позволяет создавать испытательные образцы с системой поднаплавленных трещин. Так, по заказу ЦНИИТМАШ были изготовлены тест-образцы, представляющие собой диски диаметром 980 и толщиной 50 мм. Технология изготовления данных образцов состояла в следующем. На поверхности образцов в определенных зонах создавали механическим путем надрезы заданной протяженности. Для инициирования и подрачивания усталостных трещин в образцах использовали установки УДИ, позволяющие подвергнуть толсто-стенные образцы малоцикловому нагружению при двухосном изгибе. После зарождения в надрезах усталостных трещин за их длиной в процессе подрастания следили визуально и расчетным путем определяли глубину. При достижении трещинами требуемых размеров циклическое нагружение

прекращали. Затем снимали поверхностный слой образца на глубину над-
реза и наносили на образец антикоррозионную наплавку по штатной тех-
нологии.

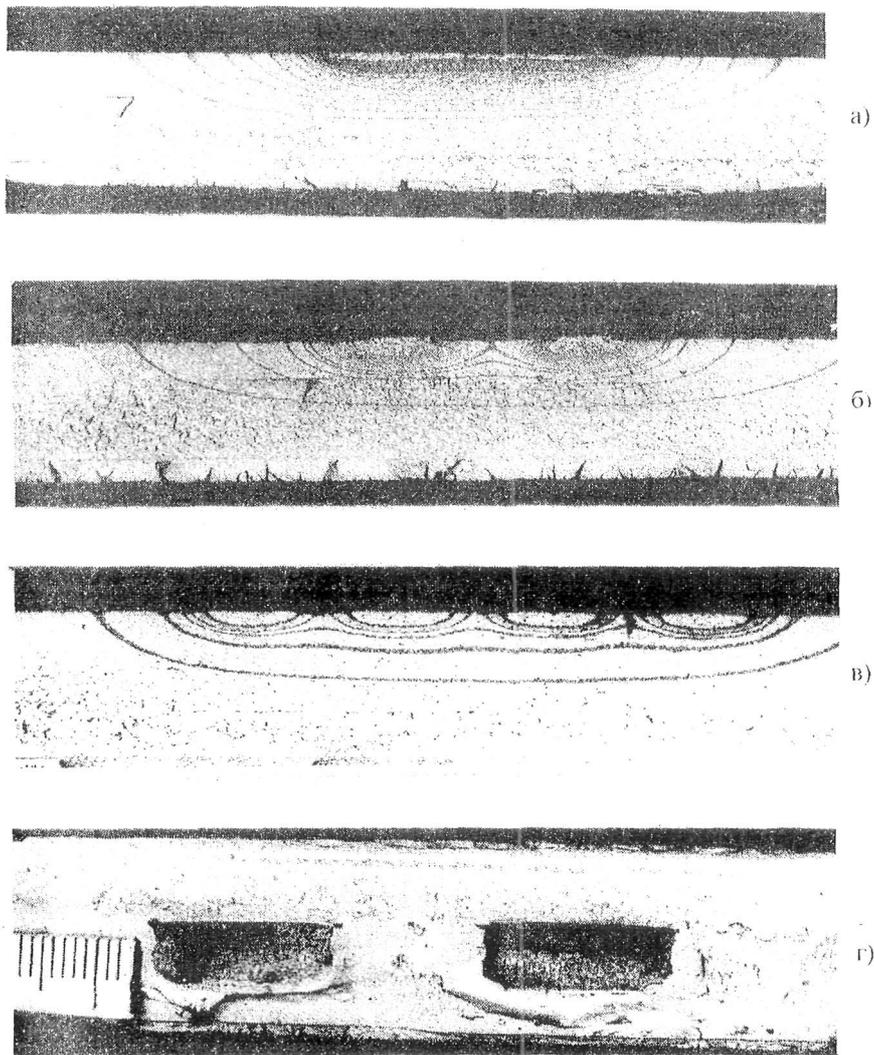


Рис. 5. Изломы образцов с внутренними дефектами

Анализ реальной дефектности сварных соединений корпусного оборудования энергоустановок показал, что среди всех типов дефектов наибольший линейный размер имеют дефекты типа несплавления. Поэтому разработаны методики, позволяющие создавать дефекты данного типа нормированных размеров и местоположения. По одной из них на поверхность разделки кромок свариваемых половинок образца в определенном месте приваривают платик из такого же материала заданных размеров. Форма основания платика может быть различной (круглой, квадратной, прямоугольной, эллипсообразной). В зависимости от стоящих задач можно создавать различную шероховатость поверхности несплавления. После заварки разделки кромок по штатной технологии получаем образец, в котором создан искусственный плоскостной дефект нормированных размеров и местоположения. По другой технологии (рис.6) в одной из половинок 1, предназначенных для изготовления тест-образца, в определенном месте фрезеруется плоскостное отверстие необходимого диаметра. В данное отверстие вставляется изготовленный платик (рис.6,б) такого же диаметра. Затем производится наплавка одного или нескольких валиков (рис.6,в) на соответствующем заранее подобранном режиме, гарантирующем глубину проплавления, несколько меньшую высоты платика. В результате переплавляется цилиндрическая поверхность контакта платик-образец и остается несплавление, по размеру, равное площади основания платика. В дальнейшем после выполнения разделки кромок осуществляется многопроходная сварка образца по штатной технологии.

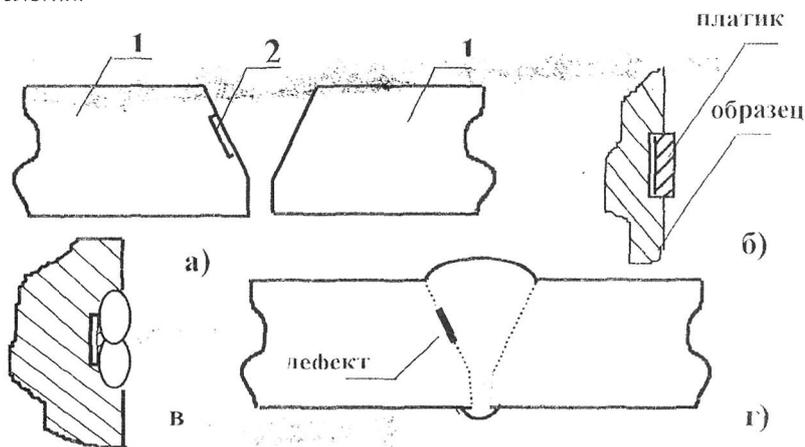


Рис.6 Методика создания плоскостных дефектов типа несплавления

По изложенным выше технологиям нашим университетом совместно с ЦНИИТМАШ разработана и изготовлена серия крупногабаритных

образцов толщиной до 200 мм для всероссийской программы "Разработка методов повышения надежности оценки параметров технологических дефектов и обоснование применимости данных неразрушающего контроля в расчетах на прочность оборудования АЭС" (рис.7).

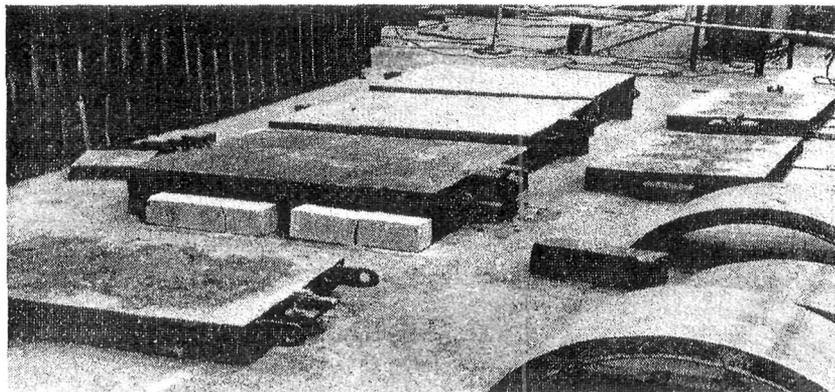


Рис.7. Комплект тест-образцов для всероссийской научной программы

Практическое применение разработанные методики создания нормированных дефектов нашли также при изготовлении объектов контроля тренажерных средств, которые широко используются для объективной количественной оценки качества ультразвукового контроля при обучении и аттестации операторов, валидации методик контроля.

Разработка тренажерных средств

Отмечено, что с методических позиций тренажеры предназначены для выполнения двух основных функций. Во-первых, их задача – создать ситуацию, аналогичную той, что возникает в реальных условиях. Во-вторых, тренажеры оснащаются специальными средствами, что позволяет существенно расширить возможности формирования и оценки качества моторных навыков по сравнению с анализом на рабочем месте. Учитывая, что одним из недостатков при конструировании тренажеров является приоритет физического подобия над психологическим, при разработке тренажерных средств были проанализированы и учтены следующие психологические аспекты теории тренажеров:

- деятельность на тренажере должна не имитироваться, а моделироваться и психологически соответствовать реальной трудовой деятельности;

- навыки, формируемые на тренажере, должны не внешне, а по своей психологической структуре соответствовать трудовым навыкам;

- при формировании моторных навыков на начальных этапах обучаемому должна ставиться задача выполнять отдельные, входящие в

данный навык движения с большими интервалами между ними, в дальнейшем время выполнения движений и интервалы следует укорачивать, добиваясь, чтобы ряд частных движений выступал как одно сложное движение,

- на результативность обучения значительное влияние оказывает наличие обратной связи, при этом важно, чтобы при обучении была возможность самооценки не только правильных, но и неправильных действий,

- при проектировании конструкции рабочего места тренажера, приспосабливаний важно учитывать эргонометрические рекомендации для учета физиологических и психических возможностей и особенностей человека

Проанализированы разработанные в нашей стране и за рубежом специальные тренажерные средства для формирования и оценки навыков сканирования оператора УЗК на базе различных инструментальных средств и реальных элементов объектов контроля. К их числу относятся тренажер НК-157, разработанный НИИ мостов СПГУПС совместно с ИЭС им Е.О. Патона и цифровой тренажер SIMONE, созданный в Британском центре неразрушающего контроля.

Достоинства данных средств обучения не вызывают сомнений. Однако более перспективным и универсальным представляется создание тренажерной системы для формирования навыков сканирования на базе стандартного персонального компьютера и планшетного дигитайзера (рис. 8), позволяющих за счет своих технических возможностей и программного обеспечения значительно расширить области целенаправленного формирования и количественной оценки качества моторных навыков. Кроме того, возможности такой тренажерной системы реально постоянно расширять за счет модернизации программного обеспечения.

Размещается система на стандартном учебном столе. Поверхность планшетного дигитайзера используется в качестве рабочей поверхности объекта контроля. Имитатором ультразвукового преобразователя служит аналог мыши для персонального компьютера, выполненный по форме в виде реальной искательной головки. Технические возможности дигитайзера позволяют с высокой точностью определять и вводить в компьютер координаты положения искателя на его поверхности. Имеется возможность не только следить за перемещением искателя, но и создавать различные проблемные ситуации.

Для определения усилия прижатия в имитатор искателя помещен датчик давления, который позволяет фиксировать величину прикладываемого усилия и передавать соответствующую информацию в компьютер.

Разработано программное обеспечение тренажерной системы, которое состоит из ряда блоков, позволяющих проводить регистрацию обучаемого, рассчитывать основные параметры траектории сканирования, визуализировать на экране траекторию сканирования с оптимальными параметрами, фиксировать текущие параметры реализуемой траектории сканирования, анализировать отклонения от идеальной траектории, хра-

нить и статистически обрабатывать полученную информацию. Работа системы предусматривает регистрацию скорости сканирования и визуализацию траектории по всей контролируемой зоне. Программный интерфейс предусматривает наличие диалогового меню, позволяющего регулировать амплитуду и шаг сканирования, положение и размеры рабочей зоны.

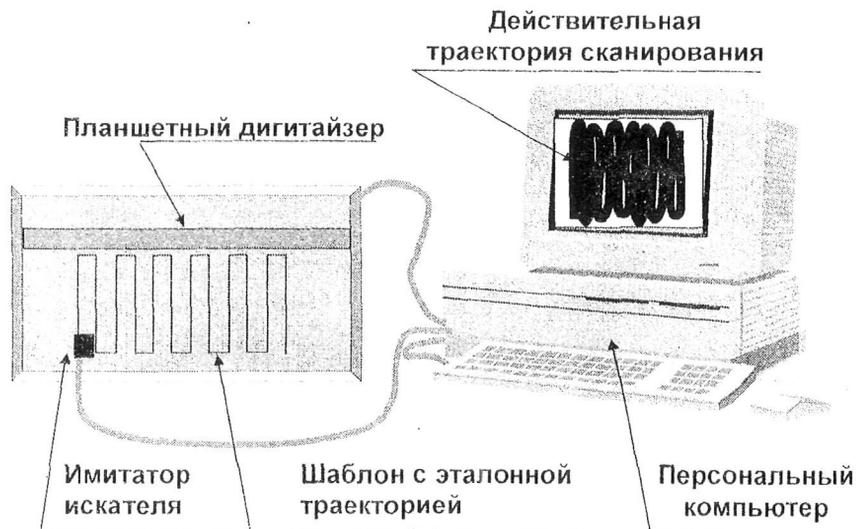


Рис.8. Тренажерная система для выработки и оценки навыков сканирования

Показано, что данную систему можно использовать для обучения, коррекции навыков и аттестации персонала. На стадии обучения появляется возможность целенаправленно формировать моторный навык сканирования для разных ситуаций: с предъявлением на экране дисплея траектории сканирования, "вслепую" (рабочая зона поверхности контроля не видна обучаемому), при ограничении времени, выделяемого на контроль изделия, при сканировании в разных пространственных положениях.

Проведены эксперименты, включающие различные способы обучения. Показателем качества работы выступал процент охваченной при сканировании площади зоны контроля. Установлено, что обучение с использованием шаблона траектории сканирования на поверхности дигитайзера оказалось недостаточно эффективным. Отслеживание траектории вызвало у обучаемого определенные трудности, поскольку искатель закрывает значительную часть отслеживаемой траектории. Наблюдалось снижение точности отслеживания движения, неравномерный охват участка сканирования по высоте. Отмечалось увеличение скорости перемещения

искателя, что, вероятно, связано с тем, что при обучении с использованием шаблона происходит подмена целей обучения – главным становится сам процесс копирования. Обратные связи были выражены слабо. Этот вид обучения характеризовался высокой утомляемостью, высоким разбросом результатов, требовал длительных упражнений.

При обучении способом "в слепую" движения обучаемых характеризовались частой сменой темпа, аритмичностью, непостоянством амплитуды движений. Как правило, размах колебаний параметров сканирования превышал требуемый. Эксперименты показали, что этот способ целесообразней использовать для периодического контроля степени выработки моторных навыков сканирования.

Установлено, что способ обучения, при котором оператор имеет возможность корректировать свои действия, ориентируясь на изображение следа движения искателя на экране монитора, в большей степени, чем другие, за счет обратной связи позволяет оператору осуществлять самоконтроль в процессе обучения, сопоставляя совершаемые моторные действия с представленными оптимальными параметрами траектории сканирования. На основании такого сопоставления происходит на стадии обучения оценка всех правильных и неправильных действий и соответствующее в реальном времени их регулирование, т.е. целенаправленное формирование моторного навыка сканирования.

Операция сканирования, которую оператору УЗК приходится практически все время выполнять, представляет собой однообразную, монотонную деятельность. С целью выявления возможностей различных операторов УЗК эффективно ее выполнять разработан специальный тренажер на бдительность, объект контроля которого выполнен в виде диска с кольцевым сварным швом и закрыт кожухом. В кожухе сделано окно в форме сегментообразного выреза, обеспечивающее доступ оператору к поверхности контроля сварного соединения. С противоположной стороны зоны контроля диск контактирует с тремя источниками ультразвуковых сигналов, которые с помощью специального программного устройства включаются случайным образом по времени и последовательности на определенную длительность. Объект контроля крепится в центре к оси вращения, которая установлена в подшипниковые опоры. Вращение объекта контроля осуществляется от электродвигателя через зубчатую передачу. Это позволяет имитировать бесконечную протяженность сварного шва со случайным во времени редким событием появлением эхо-сигнала, информирующем о наличии дефекта в зоне контроля. Работа на тренажере продолжается несколько часов, источники ультразвуковых сигналов включаются случайным образом относительно редко. Отношение количества пропущенных при контроле сигналов к числу поданных является квалификационной оценкой работы оператора в условиях монотонии. Получен патент на тренажер.

Разработан компьютеризированный тренажер-экзаменатор для обучения и комплексной оценки квалификации операторов УЗК сварных со-

единений. Наружное оформление тренажера имеет несколько модификаций в зависимости от объекта контроля и внешнего вида корпуса. В качестве объекта контроля в первых модификациях тренажера использовалось реальное сварное соединение, выполненное по штатной технологии и представляющее собой тело вращения в виде толстостенной трубы. В двух кольцевых сварных швах объекта контроля содержатся трещиноподобные дефекты заданных размеров и местоположения, созданные по разработанным и описанным выше технологиям. Внешний вид одной из модификаций тренажера представлен на рис.9.

Другая модификация компьютеризированного тренажера представлена на рис.10. Конструктивно тренажер выполнен в виде стола с плоскостью, наклоненной под углом 15° . В столе выполнено окно в форме сегмента, открывающее доступ к объекту контроля. Дефектоскоп устанавливается на верхнюю крышку корпуса тренажера.

В данном тренажере объект контроля представляет собой "плоский диск", который крепится на центральной оси и приводится в движение от трехфазного двигателя через червячный редуктор. На переднюю панель корпуса тренажера выведен индикатор, показывающий угол поворота тест-образца. Шов в объекте контроля выполнен на диаметре 700 мм и содержит пятнадцать дефектов. Размеры, координаты дефектов и расстояние между ними выбирались случайным образом, при этом минимальное расстояние между дефектами составляет 70 мм, максимальное - 230 мм.

Показано, что динамику процесса обучения можно отслеживать путем построения кривых обучаемости. Показателями качества приобретенных навыков оператора УЗК могут выступать среднее значение ошибки измерения амплитуды эхо-сигнала, стандартное отклонения ошибки измерения, среднее время T , затраченное на измерение амплитуды эхо-сигнала

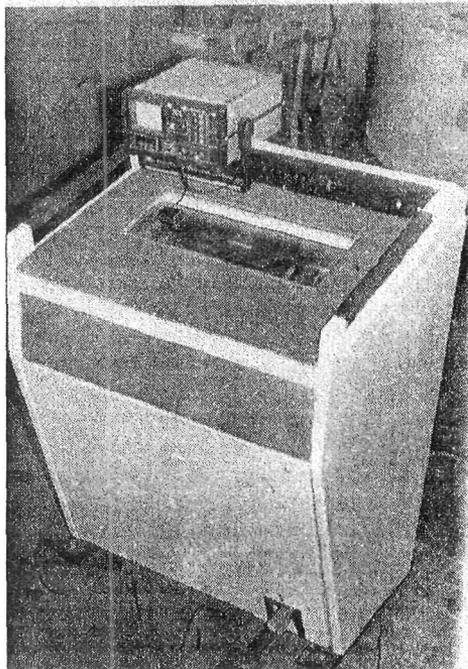


Рис.9. Внешний вид тренажера с объектом контроля в виде толстостенной трубы

от одного дефекта, количество найденных дефектов, погрешности определения координат дефектов.



Рис. 10. Тренажер – экзаменатор ТЭД – 3 с объектом контроля в виде плоского диска

Были проведены экспериментальные исследования с операторами различной квалификации. Каждый оператор работал на тренажере в течение недели по 6...8 ч в день, при этом стояла задача определить максимум амплитуды эхо-сигналов от различных по размеру искусственных дефектов, которые предъявлялись случайным образом. За время эксперимента операторы измеряли каждый дефект многократно (50-70 раз), что позволило провести статистический анализ полученных результатов.

Выявлено, что разброс измерений зависел от квалификации, индивидуальных особенностей испытуемых, дня эксперимента, особенностей дефектов. Кривая обучаемости характеризовалась тем, что в первые дни работы имел место значительно больший разброс значений измерений. К концу эксперимента разброс уменьшался, а среднее значение измеренной максимальной амплитуды сигнала стремилось к некоторому характерному для данного дефекта относительно стабильному уровню. Были зафиксированы у ряда операторов ошибки, связанные с невнимательностью, так называемые промахи, которые носили случайный характер и зависели от индивидуальных особенностей оператора. Отмечен факт недобраковки в зоне измерений двух близко расположенных дефекта разных размеров. Статистическая обработка результатов измерений максимальной амплитуды эхо-сигналов показала, что независимо от квалификации операторов в областях малой вероятности имеет место отклонение от нормального закона распределения.

Экспериментальные исследования на тренажере показали, что длительные перерывы в работе вызывают "забывание" навыков, что отража-

ется на результатах контроля даже операторов высокого уровня квалификации. Чтобы показать свой высокий класс им потребовалось определенное время тренировки для восстановления профессиональных навыков.

В рамках договорных обязательств комплексные тренажеры были изготовлены для AEA Technology (г. Ризли, Великобритания), ВНИИ АЭС (г. Москва), Невинномысского колледжа.

Проведен критический анализ существующих показателей качества НК. Отмечено, что наиболее часто специалистами употребляются следующие термины, с помощью которых характеризуют качество работы как оператора НК, так и системы НК в целом: точность, достоверность, надежность, информативность и эффективность. Данные показатели часто употребляют весьма вольно и субъективно с качественных позиций (лучше-хуже, выше-ниже) на основе лишь информации о количестве выявленных дефектов, о погрешностях измерения параметров и координат отражателей, ошибок, допущенных операторами на различных этапах процесса контроля. При этом часто не оговариваются ни глубина залегания, ни размеры, ни ориентация выявленных отражателей. Показано, что некорректно сравнивать и надежность работы разных операторов, не оговаривая особенности проведения контроля, так как надежность оператора НК существенно зависит от многих объективных и субъективных факторов. Для сравнительного анализа различных систем контроля на практике находят применение следующие критерии: вероятность выявления дефектов при заданной эквивалентной площади, матрица достоверности оперативная и оперативная относительная характеристики выявляемости дефектов, оперативная характеристика системы НК, информативность (в энтропийном представлении).

Очерчены области корректного применения перечисленных выше показателей и критериев качества НК. Показано, что неправомерно использование информативности в энтропийном представлении для количественной оценки результатов контроля тест-образцов с искусственными отражателями. Некорректно использование терминов "точность", "надежность", "достоверность", как количественных показателей качества неразрушающего контроля реальных объектов, пока не получена объективная информация о реальной дефектности объекта контроля. При оптимизации, сравнительном анализе различных систем НК и аттестации операторов данные показатели качества работы правомерно использовать только по результатам контроля испытательных образцов, содержащих искусственные отражатели известных размеров, формы и местоположения. Нет удовлетворительно о количественного критерия.

Обосновано, что для сравнительной оценки качества контроля реальных объектов следует использовать показатель, который должен учитывать количество выявленных и вероятность выявления каждого типоразмера дефекта данной системой НК. Если испытательный образец содержит несколько типоразмеров искусственных отражателей, то за крите-

рии результативности предложено принять интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов

$$K_{ОГН}^{И} = \sum_{i=1}^n P_{тип}^i / P_B^i \quad \text{где } P_{тип}^i \text{ - относительное количество}$$

выявленных дефектов типоразмера i , P_B^i - вероятность выявления дефектов типоразмером i данной системой

n - количество типоразмеров искусственных отражателей в образце

Если же при контроле тест-образцов имеют место факты перебраковки и недобраковки дефектов, то интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов не дает объективной оценки качества проведенного контроля. Предложен более комплексный критерий интегральный показатель качества системы НК

$$P_{кач} = K_{ОГН}^{И} - P_{пер} - P_{нед}$$

где $K_{ОГН}^{И}$ - интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов,

$P_{пер}$ - вероятность перебраковки, $P_{нед}$ - вероятность недобраковки

Показано, что для сравнительного анализа результатов контроля на основе рассмотренных показателей качества НК, необходимо изготовление испытательных образцов, содержащих искусственные отражатели определенных унифицированных типоразмеров. Вопрос о выборе типа искусственных дефектов, их количестве и размерах для создания испытательных тест-образцов, с помощью которых количественно оценивается качество систем НК, результаты работы оператора, является весьма важным и наиболее сложным

Проведено обоснование типоразмеров искусственных отражателей для унификации испытательных образцов. Обосновано, что для получения объективных количественных оценок качества систем НК испытательные образцы должны содержать три основные группы типоразмеров искусственных отражателей

1) Размеры группы отражателей равны минимальному характеристическому размеру недопустимого дефекта. Это позволит на основе анализа их выявляемости количественно оценить способность любой системы НК или оператора выявлять недопустимые дефекты и количественно оценить вероятность недобраковки

2) Размеры группы отражателей являются допустимыми, но незначительно отличающимися от минимального характеристического размера недопустимого дефекта (максимально допустимый характеристический размер). Анализ контроля дефектов данного типоразмера не только статистически расширяет оценку способности выявлять недопустимые де-

фекты, но главное позволяет количественно оценить вероятность перебраковки рассматриваемой системой НК

3) Группа отражателей произвольных размеров из диапазона реальных дефектов. Наличие данных отражателей, главным образом, "сбивает с толку" испытуемых, не дает настроиться на один типоразмер дефектов, а также расширяет возможности сравнительной оценки различных систем НК за счет анализа погрешностей при оценке размеров, координат и ориентации дефектов

Для получения объективных оценок результатов контроля суммарное количество метрологически обеспеченных дефектов первых двух групп в испытательных образцах должно быть статистически значимым

4 Критерии, методика и средства профессионального отбора операторов УЗК

Четвертая глава посвящена аспектам профессионального отбора операторов УЗК на основе анализа индивидуальных особенностей личности и базовых положений профпригодности. Несмотря на важность профотбора в условиях TQM в нашей стране отсутствует система профессионального отбора кандидатов для работы операторами УЗК

Анализ проблемы с позиции общей психологии позволил выделить основные факторы, обуславливающие надежность работы человеческого звена системы контроля, определить обязательные этапы и существующие критерии профотбора, которые подразделяются на общие характерологические, образовательные, медико-биологические и психологические

Показано, что мотивация к профессии является наиболее значимым из общих характерологических критериев. Поэтому для повышения надежности операторов УЗК актуальной задачей является разработка конкретной системы профориентационных мер, включающих профессиональную пропаганду и агитацию, направленную на повышение престижа профессии. Медицинские критерии профотбора операторов УЗК должны учитывать, главным образом, противопоказания относительно зрительного анализатора, состояния нервной системы, способность к выполнению строго контролируемых мышечных движений рукой и кистью, ориентированность реакций

Определение биологически обусловленных и психологических критериев профотбора операторов УЗК (в отличие от обоснования образовательных и медицинских критериев) является самым сложным и неисследованным вопросом. Их обоснование потребовало детального анализа всего многообразия индивидуальных свойств личности и их сопоставления с профессионально важными качествами для оператора УЗК. Выявлено, что индивидуальные особенности оператора характеризуются медико-биологическими, психологическими и психофизиологическими качествами. К медико-биологическим подструктурам личности относятся типологические свойства нервной системы, возрастные и половые свойства психики,

состояние здоровья. Психологические и психофизиологические качества оператора характеризуются когнитивной, моторно-двигательной, эмоционально-волевой сферами и отношениями. Когнитивная сфера отражает познавательные процессы деятельности оператора и включает в себя следующие основные составляющие стороны познания: ощущения, восприятие, внимание, память, мышление, воображение. Каждая из данных составляющих задействована в процессе профессиональной деятельности при выполнении конкретного производственного акта и характеризуется определенными свойствами. Значительное влияние на надежность работы оператора оказывают такие психологические свойства личности, как ответственность, самоконтроль, эмоциональная устойчивость.

На основе анализа индивидуальных особенностей личности установлено, что медико-биологическая структура личности в исследуемой профессии играет важнейшую роль и обуславливает сразу несколько основных профессионально важных качеств: способность длительное время совершать однообразные моторные движения, педантизм, способность длительное время концентрировать внимание, готовность отреагировать на сигнал в условиях монотонной работы, уверенность при принятии ответственных решений, эмоциональную устойчивость. Медико-биологическую структуру личности определяет, главным образом, тип нервной системы, характер, дата рождения. Проведенный детальный анализ характеров для трудовой деятельности особенностей людей с различными темпераментами, характерами, зодиакальными знаками позволил сформулировать гипотезу о степени профессиональной пригодности биологически обусловленных структур личности (табл. 1).

Табл. 1 Гипотеза о степени профессиональной пригодности биологически обусловленных структур личности

Индивидуальные свойства личности	Степень профессиональной пригодности		
	Желательный	Допустимый	Нежелательный
Темперамент	Флегматический Меланхолический	Сангвинический	Холерический
Характер	Дистимичный Педантичный Интровертированный	Циклоидный Тревожный Экстравертированный Эмоциональный	Гиперактивный Демонстративный Лабильный
Знак Зодиака	Телец Дева	Близнецы, Рыбы Рак, Лев Весы, Стрелец Козерог, Водолей	Овен Скорпион

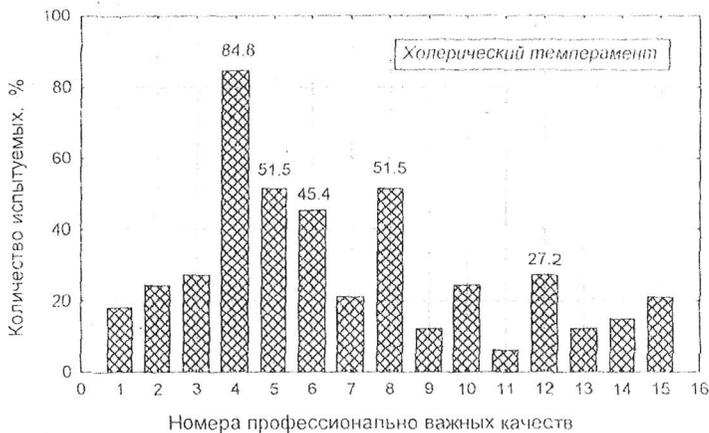
Для экспериментального подтверждения гипотезы погребовалось формирование комплекта психодиагностических и инструментальных средств и проведение психодиагностического исследования. Обоснование необходимого набора диагностических средств является важным методическим вопросом любого психодиагностического исследования.

Учитывая, что на роль главного критерия профотбора операторов УЗК претендует тип высшей нервной деятельности, были проанализированы различные классические средства тест Кэттелла, психодиагностический опросник, методики ММР1, Я Стреляу, Х Айзенка, К Кречмера, А Белова К Юнга, Хеймана, Майер-Бриггс и некоторые другие, каждая из которых опирается на определенные теоретические положения. В результате анализа для целей экспериментального исследования было отдано предпочтение методике Айзенка и тесту Белова, которые на основе оценки показателей экстраверсия - интроверсия, стабильность - нейротизм и выявления обычных, характерных качеств личности позволяют дать интегральную оценку темпераменту испытуемых.

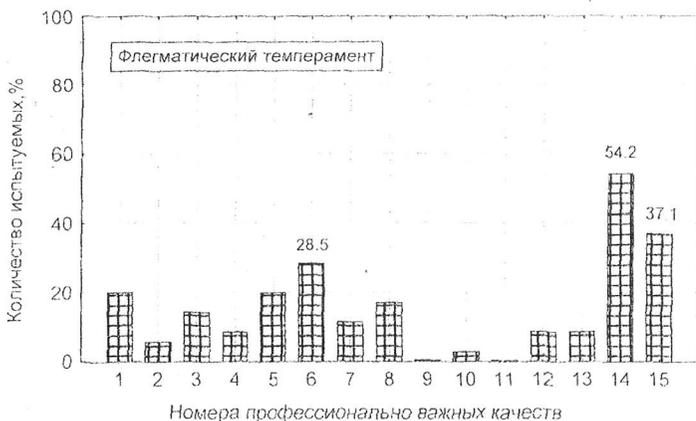
Для экспериментальной оценки соответствия индивидуальных свойств личности профессионально важным качествам оператора УЗК, выявления качеств, реализация которых в повседневной деятельности вызывает наибольшую трудность, и для оценки мотивации к профессии была разработана специальная анкета. В экспериментальных исследованиях приняли участие в течение четырех лет 225 испытуемых, имеющие теоретические знания по физическим основам, аппаратуре, технологии УЗК и имеющие практические навыки работы с ультразвуковым дефектоскопом. Для определения количественных характеристик темперамента каждый испытуемый был протестирован по двум методикам дважды с интервалом 2-4 месяца.

Подробный анализ результатов тестирования по двум методикам позволил выявить ряд методических аспектов использования методик и получить интегральные оценки количественных показателей темперамента для каждого испытуемого. Была проведена дифференциация по основным подгруппам темпераментов и выявлены испытуемые, которые могут быть отнесены либо к одному из классических типов темпераментов (холерический, сангвинический, флегматический, меланхолический), либо к смешанному.

Обработка результатов исследования проводилась дифференцированно по основным группам темпераментов. Выявлено, что в зависимости от темперамента сложность реализации профессионально важных качеств оказалась существенно разной. То, что вызывает наибольшие затруднения для представителей одних темпераментов, вовсе несложно реализовывать другим и наоборот. Усредненная оценка по всему контингенту испытуемых этих фактов выявить не позволяла. В качестве примера на рис 11 представлены результаты анализа для испытуемых с холерическим и флегматическим темпераментами.



a)



б)

Рис. 11. Трудность реализации профессионально важных качеств для испытуемых с холерическим (а) и флегматическим (б) темпераментами.

1-техническое мышление, 2-концентрация и распределение внимания, 3-точность движений кисти, 4-способность длительное время совершать однообразные моторные движения рукой, 5-способность длительное время сохранять устойчивое внимание, 6- бдительность, 7-глазомер, 8-педантизм, 9-самоконтроль, 10-ответственность, 11-добросовестность, 12-аккуратность, 13-пространственное воображение, 14-уверенность при принятии решения, 15-способность самостоятельно принимать ответственные решения.

Установлено, что для подавляющего большинства (84,8%) холериков сложнее всего оказалось длительное время совершать однообразные моторные движения рукой. Из других качеств для половины представителей данной подгруппы испытуемых наиболее сложно оказалось сохранять длительное время устойчивое внимание (№5), быть бдительными (№6) и строго соблюдать инструкции (№8).

Перечисленные выше качества для большинства испытуемых флегматического темперамента реализовывать представляется вовсе не сложно. У наибольшего числа (54,2%) испытуемых данного темперамента проблемы возникают только с реализацией четырнадцатого качества (уверенность при принятии решения). Остальные качества, профессионально важные для работы оператором УЗК, флегматикам реализовывать не трудно.

Сангвиникам, как и холерикам, сложнее всего оказалось реализовывать следующие качества: 4 (способность длительное время совершать однообразные моторные движения рукой), 5 (способность длительное время сохранять устойчивое внимание), 8 (педантизм). При этом сложность реализации четвертого качества была зафиксирована у значительно меньшего количества испытуемых по сравнению с холериками (56% против 84,8%). Однако на трудности в реализации пятого и восьмого качеств указало несколько большее количество испытуемых.

Определенная специфика просматривается у представителей меланхолического темперамента. Она состоит в том, что практически для половины испытуемых наиболее сложно реализовывать качества 5,8,14,15. Среди данных качеств оказались трудно реализуемые, как для холериков и сангвиников (5,8), так и флегматиков (14,15). Для трети меланхоликов трудно концентрировать и распределять внимание (2).

Для половины испытуемых смешанного темперамента представляется наиболее трудным длительное время совершать однообразные моторные движения рукой (4) и длительное время сохранять устойчивое внимание (5), что характерно для большинства темпераментов. Для представителей данного темперамента был зафиксирован наибольший процент испытуемых, у которых возникают трудности с пространственным воображением (качество №13).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при подготовке операторов УЗК формирование профессионально важных качеств должно быть дифференцированным и целенаправленно учитывать темперамент личности, который должен обязательно определяться перед обучением. В процессе обучения особое внимание необходимо уделять формированию тех профессионально важных качеств, реализация которых вызывает у обучаемых наибольшие сложности и связана с их типологическими особенностями.

В результате исследования выявлено существенное влияние типологических свойств нервной системы на самооценку соответствия индивиду-

альных особенностей личности профессионально важным качествам оператора УЗК. Результаты анализа представлены в табл 2

Табл 2 Относительное количество испытуемых в подгруппах "соответствующих" и "несоответствующих" для классических темпераментов

	С3	С2	С1	Итого «соответствующих»	Н1	Н2	Н3	Итого «несоответствующих»
Холерический		12 1	36 4	48 5	15 2	24 2	12 1	51 5
Сангвинический	-	32	34	66	24	8	-	32
Флегматический	8 3	66 7	22 2	97 2	2 8	-	-	2 8
Меланхолический		23 8	38 1	61 9	23 8	9 5	4 8	38 1
Смешанный	-	51 9	42	93 9	3 7	2 4	-	6 1

Наибольшее количество "соответствующих" профессии оператора УЗК оказалось среди представителей с флегматическим темпераментом (97,2%) При этом значительное большинство (66,7%) отметило хорошее соответствие (С2) Только среди флегматиков оказались испытуемые, которые отметили высокую степень соответствия (С3) и не оказалось представителей со средней (Н2) и высокой (Н3) степенью несоответствия

На втором месте по числу "соответствующих" оказались представители с сангвиническим темпераментом (66%), при этом среди сангвиников достаточно представительной оказалась подгруппа с малой степенью несоответствия (Н1) и нет ни одного представителя как с высокой степенью соответствия, так и несоответствия На третьем месте по соответствию следуют меланхолики (61,9%), при этом большинство из них (62% "соответствующих") зафиксировали низкую степень соответствия

Единственной подгруппой, в которой "несоответствующих" зафиксировано больше, чем "соответствующих", оказалась подгруппа представителей холерического темперамента. Обращает на себя внимание, что среди "соответствующих" значительное большинство (75%) отметили самую низкую степень соответствия, а среди "несоответствующих" у большинства (70,5%) зафиксирована средняя и высокая степень несоответствия

Среди испытуемых со смешанным темпераментом подавляющее большинство испытуемых (93,9%) оказались в числе "соответствующих" При этом большая часть из них отметила хорошую степень соответствия Это оказалось неожиданными, т к гипотетически представлялось, что в данной группе будет значительный разброс в ответах

Для наглядности роли темперамента личности в исследуемой проблеме на рис.12. представлены показатели относительного количества групп «несоответствующих» по классическим типам темпераментов.

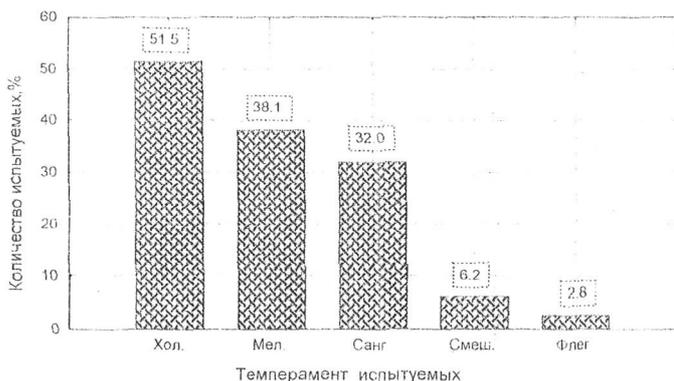


Рис. 12. Относительная доля «несоответствующих» среди представителей различных темпераментов

Очевидно, что стремление работника сменить профессию при наличии высокой заработной платы - один из характерных показателей низкой профориентационной деятельности либо ее отсутствия вообще. Текущая кадров в контексте TQM вредна по нескольким причинам.

Результаты анализа ответов испытуемых о стремлении сменить профессию оператора УЗК с позиции классических типов темпераментов представлены в табл. 3.

Табл.3. Относительное количество испытуемых в подгруппах ответов о стремлении сменить профессию для классических темпераментов

Темперамент	Относительное количество (%) испытуемых, ответивших:						
	Да	Видимо да	Сумма "да"	Затр. отв.	Вид. нет	Нет	Сумма "нет"
Холерический	27.3	54.5	81.8	3	12.1	3	15.1
Сангвинический	38	32	70	16	10	4	14
Флегматический	2.8	20	22.8	17.1	40	20	60
Меланхолический	19	33.3	52.3	19	19	9.5	28.5
Смешанный	18.8	27.5	46.3	20	22.5	11.3	33.8

Анализ показал, что представители холерического темперамента в подавляющем большинстве (81,8%) стремились бы к смене профессиональной деятельности. Среди испытуемых с сангвиническим темпераментом таких людей также много (70%). Практически каждый второй меланхолик (52,3%) стремился бы к смене профессии. Не смотря на то, что у представителей со смешанным темпераментом соответствие специфике деятельности оператора УЗК было зафиксировано очень высоким (93,8%), стремящихся к смене профессии из них оказалось достаточно много – 46,3%. И только среди представителей флегматического темперамента стремящихся сменить работу оказалось значительно меньше по сравнению с другими темпераментами.

Относительное количество лиц, которые бы связали свою дальнейшую деятельность с работой оператора УЗК представлено на рис. 13.



Рис. 13. Относительное количество испытуемых различных темпераментов, которые работали бы оператором УЗК

Результаты исследования позволили получить дополнительную информацию о роли некоторых темпераментов в рассматриваемой проблеме. Так, среди представителей сангвинического темперамента, отметивших довольно высокое соответствие своих индивидуальных особенностей профессионально важным качествам оператора УЗК, оказалось меньше всего желающих связать свою дальнейшую работу с рассматриваемой профессиональной деятельностью. То есть сангвиников можно охарактеризовать как людей, способных, но не желающих работать оператором УЗК.

Была проведена обработка экспериментальных данных с позиции разделения испытуемых на "сильный" и "слабый" типы высшей нервной деятельности. Такой подход практикуется на практике при исследовании роли темперамента в операторской деятельности. Анализ результатов с таких позиций не выявил влияния типа высшей нервной деятельности в рассматриваемой проблеме. Не выявлено существенной разницы также при ана-

лизе экспериментальных данных с позиции уровня нейротизма испытуемых. Однако, как показал анализ исследований с позиции подробной дифференциации темпераментов, это влияние существенное и имеет специфические особенности.

С позиции половой принадлежности был проведен анализ самооценки сложности реализации профессионально важных качеств для представителей различных темпераментов и ответов на вопрос о стремлении к смене профессии. Анализ результатов не выявил в рассматриваемом вопросе заметного влияния пола испытуемых.

Анализ ответов о трудности реализации в повседневной деятельности ПВК дал также важную информацию к установлению иерархии ПВК. В целом по всему контингенту испытуемых сложнее всего оказалось реализовывать следующие профессиональные качества: способность длительное время совершать однообразные моторные движения рукой (51,6%), способность длительное время сохранять устойчивое внимание (51,2%), педантизм (38,2%), уверенность при принятии решения (35,6%). В условиях TQM это необходимо учитывать на этапе обучения.

5 Роль функционального состояния оператора в проблеме обеспечения качества немеханизированного ультразвукового контроля

Пятая глава включает исследования, направленные на оценку влияния функционального состояния оператора УЗК на результаты профессиональной деятельности. Проблема функционального состояния теснейшим образом связана с надежностью человека-оператора в конкретный момент времени при решении конкретных задач. Однако, не смотря на актуальность вопроса, данная проблема является одной из самых запутанных и наиболее непроработанной даже в психологической науке, особенно в ее прикладных разделах.

Учитывая сложность и неопределенность проблемы, при разработке блок-схемы исследований был проанализирован имеющийся опыт исследования роли состояния в операторской деятельности. С позиции инженерной психологии классифицированы виды психических состояний и выявлены неблагоприятные для профессиональной деятельности оператора УЗК состояния (состояние монотонности, утомление, напряженность, плохое состояние здоровья), при которых возрастает угроза допуска значимых ошибок из-за снижения зрительной чувствительности, дезинтеграции сложных навыков, снижения продуктивности мышления, замедления скорости реакции. Обоснованы наиболее значимые характеристики, адекватно отражающие функциональное состояние оператора УЗК, проанализированы существующие биологические, физиологические и психологические методы их количественной оценки с целью обоснования методик, которые соответствуют задачам исследования и сформирован необходимый набор психодиагностических средств.

Экспериментальные исследования проводились в проблемной лаборатории ДГТУ и лаборатории неразрушающего контроля АЕА Technology,

г Ризли (Великобритания) в рамках договора о совместном сотрудничестве В исследованиях принимали участие как молодые, так и опытные операторы, имеющие большой опыт контроля сварных соединений энергетического оборудования Эксперименты проводились по разным программам (от 8 до 11 дней) по 5-12 часов в сутки Ежедневная работа включала проведение экспериментов по настройке дефектоскопа (оценивалась точность нахождения максимума эхо-сигнала), контроль по стандартной технологии тест-образцов с внутренними дефектами, работу на специализированных тренажерах В течение всех дней эксперимента, как правило, утром, днем и вечером проводилось диагностическое обследование для оценки показателя функционального состояния

Характеристики функционального состояния оценивались по психологическим и физиологическим показателям с использованием тестов "САН" (Самочувствие, Активность, Настроение), "Шкала самооценки" (личностная и реактивная тревожность), "Статический глазомер", "Перепутанные линии", по времени латентного периода сенсорной реакции, частоте сердечных сокращений и дыхания, среднединамическому давлению, температуре тела, электрокардиограмме Для количественной оценки результатов профессиональной деятельности использовались следующие инструментальные и тренажерные средства образцы с искусственными отражателями (боковые сверления) для оценки точности настройки дефектоскопа (CALTEST), тест-образцы с внутренними дефектами нормированных размеров и местоположения для оценки точности нахождения максимальной амплитуды эхо-сигналов и количества выявленных дефектов, тренажер-экзаменатор комплексной оценки результатов контроля ТЭД-3, тест "Поиск максимума сигнала"

Проведен анализ экспериментальных исследований, позволивший оценить динамику изменения субъективных и объективных показателей функционального состояния операторов в течение эксперимента и провести поиск взаимосвязей между различными показателями функционального состояния и результатами профессиональной деятельности

Выявлен характер изменения результатов тестирования, свидетельствующий о снижении работоспособности операторов к концу рабочего дня При этом при пяти часовом рабочем дне снижение было зарегистрировано в 76 % случаев, а при 12-ти часовом - в 85 % случаев В целом за весь период экспериментов с российскими и английскими операторами (138 рабочих дней) лишь 17 раз (12,3% случаев) показатели самочувствия и активности в вечернее время превосходили утренние измерения, при этом у разных операторов был зафиксирован весьма разный диапазон их снижения Были выявлены операторы, чьи показатели функционального состояния в течение дня характеризовались существенной нестабильностью Зафиксирована тесная корреляционная связь между показателями "самочувствие" и "реактивная тревожность" При сравнительном анализе результатов тестирований разных операторов выявлено существенное

влияние на абсолютные значения времени реакции индивидуальных особенностей операторов.

Установлено, что влияние функционального состояния операторов УЗК на результаты профессиональной деятельности оказалось нелинейно связанным с действием ряда физиологических и психологических показателей состояния. Это проявилось в том, что в одних случаях ухудшение функционального состояния не приводило к существенному изменению результатов производственной деятельности, в других же случаях были отмечены факты существенных ошибок в работе в моменты явных провалов в показателях функционального состояния (рис.14).



Рис.14. Сопоставление показателей функционального состояния и результатов профессиональной деятельности

На рис. 14 для английского оператора R по дням эксперимента (горизонтальная ось) приведено сопоставление точности настройки дефектоскопа (заштрихованные столбцы) и показателя «Самочувствие» в тесте САН (левая вертикальная ось), который проводился каждый раз непосредственно перед настройкой дефектоскопа. Видно, что самая большая ошибка в результатах профессиональной деятельности была зафиксирована в момент существенного снижения показателя «Самочувствие» оператора (пятый день эксперимента).

С позиции качественного анализа экспериментальных данных выявлены тенденции взаимосвязей между показателями состояния оператора и эффективностью работы, которые проявляются в следующем. Во-первых, с понижением показателей функционального состояния отмечается тенденция к повышению средней ошибки и существенному увеличению разброса результатов измерений (результатов производственной деятельности). То есть, с ухудшением функционального состояния оператора возрастает вероятность допущения им значимой ошибки. Данную тенденцию позволяет проиллюстрировать рис. 15, на котором результаты

диагностирования функционального состояния отложены по оси абсцисс, а точность нахождения максимальной амплитуды сигнала по оси ординат.

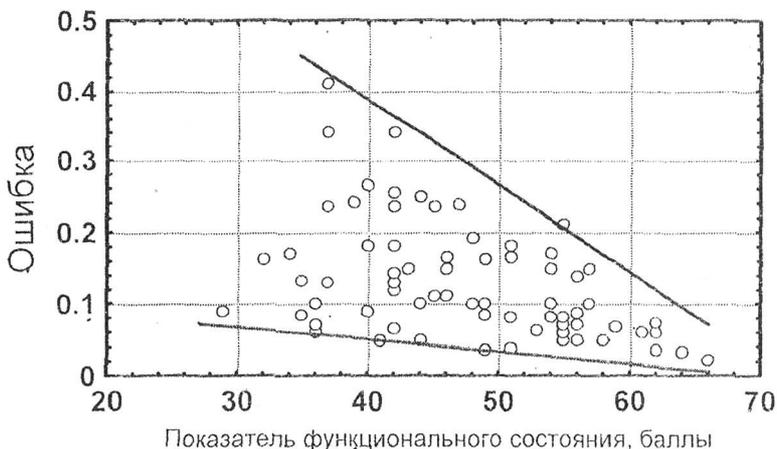


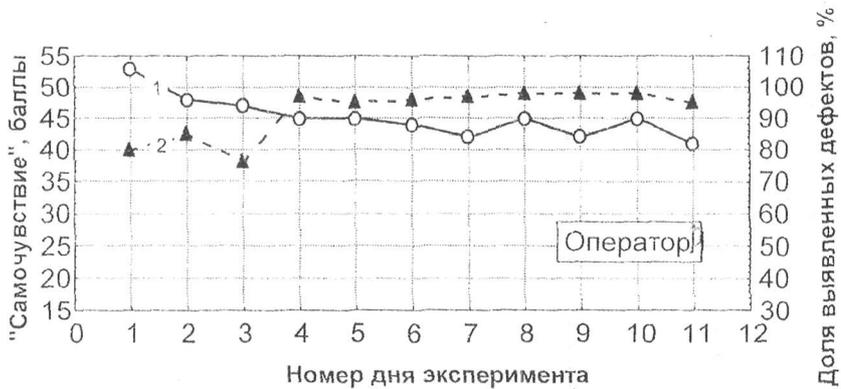
Рис. 15. Взаимосвязь между показателями функционального состояния и точностью нахождения максимальной амплитуды сигнала

Видно, что с ухудшением показателей функционального состояния наблюдается увеличение как средней ошибки, так и дисперсии результатов измерений.

Во-вторых, установлен другой аспект проявления роли функционального состояния, заключается в том, что была зафиксирована связь между стабильностью-нестабильностью показателей функционального состояния и стабильностью-нестабильностью как результатов контроля в целом, так и точности настройки дефектоскопа.

На рис. 16. показана динамика изменения показателей состояния и достоверности контроля за весь период эксперимента для английских операторов P и Q. Можно видеть, что стабильность функционального состояния оператора P сопровождается стабильными результатами его профессиональной деятельности. Нестабильное функциональное состояние оператора Q соответствует нестабильным результатам его работы, причем во второй половине периода испытаний совпадение тенденций наблюдается более четко.

Выявлена также связь между стабильностью-нестабильностью функционального состояния операторов УЗК и стабильностью – нестабильностью в точности настройки дефектоскопа.



а)



б)

Рис. 16. Взаимосвязь между показателями функционального состояния и вероятностью выявления дефектов в тест-образцах

Установлены специфические особенности влияния на результаты профессиональной деятельности оператора УЗК фактора вработываемости. Более дифференцированный анализ результатов профессиональной деятельности показал, что на протяжении всех дней эксперимента наибольшая погрешность измерений наблюдалась в течение первых приблизительно тридцати минут работы. Такая тенденция отмечена в значительном числе случаев (88,9%). Таким образом, объективной реальностью является то, что вероятность допущения значимых ошибок оператором ультразвукового контроля на стадии вработываемости значительно выше, чем в период устойчивой работоспособности. Учитывая, что ответственная операция - настройка дефектоскопа проводится в первые минуты работы, то значимость повторной настройки через 30-45 минут с целью повышения надежности контроля значительно возрастает.

По результатам проведенных экспериментов не выявлены количественные математически описываемые взаимосвязи между функциональным состоянием операторов и результатами профессиональной деятельности, что объясняется сложностью и неоднозначностью влияния данного субъективного фактора на надежность и информативность системы неразрушающего контроля. По-видимому, функциональное состояние оператора УЗК следует рассматривать, как степень психологической готовности реализовать свои профессиональные возможности, а снижения показателей функционального состояния как фактор риска, как предпосылку к снижению надежности результатов контроля из-за снижения характеристик внимания, дезинтеграции сложных навыков, снижения продуктивности мышления, нарушения тонкой координации, снижения зрительной чувствительности.

Результаты исследования роли функционального состояния оператора в проблеме надежности УЗК явились вкладом российской стороны в европейскую программу TACIS R 2 05, секция "Человеческий фактор" и были представлены на европейском рабочем совещании в г. Ризли (Великобритания) по проблеме надежности оборудования АЭС.

Основные выводы и результаты

1 Одним из главных путей повышения качества немеханизированного ультразвукового контроля является процессный подход к управлению человеческими ресурсами.

На основе системного междисциплинарного подхода предложена методология планирования, целенаправленного формирования и обеспечения требуемого уровня субъективных факторов, определяющих качество основных процессов жизненного цикла оператора ультразвукового контроля.

2 Объективность количественной оценки качества УЗК при подготовке и оценке квалификации персонала может быть обеспечена только при использовании контрольных сварных соединений, со-

держающих искусственные дефекты известных размеров и местоположения

В контексте TQM для квалиметрической оценки квалификации и уровня подготовленности персонала, результативности основных процессов разработаны специальные технические средства и методики создания искусственных дефектов гарантированных размеров и местоположения на основе установленных закономерностей роста усталостных трещин и аппарата линейной механики разрушения. Оригинальность технических решений подтверждена авторскими свидетельствами

3 Целенаправленное формирование и квалиметрическая оценка качества профессиональных навыков наиболее эффективны на основе специальных тренажерных средств, учитывающих психологические аспекты теории тренажеров и позволяющих формировать отдельные навыки, которые определяют качество основных процессов профессиональной деятельности оператора УЗК. С учетом этого разработаны следующие средства

- тренажерная система на базе планшетного дигитайзера и персонального компьютера, которая позволяет целенаправленно формировать и статистически оценивать качество сканирования, являющегося одним из важнейших процессов профессиональной деятельности,

- компьютеризированный тренажер для обучения и комплексной оценки результативности профессиональной деятельности, объект контроля которого представляет тело вращения, гарантирует случайность подачи информации о предмете контроля и обеспечивает статистическую доказательность качества контроля,

- специализированный тренажер, позволяющий количественно оценить качество работы операторов УЗК в условиях монотонной деятельности (на тренажер получен патент)

4. Экспериментально выявлена роль следующих субъективных показателей наиболее значимых процессов системы менеджмента человеческих ресурсов:

- Темперамент оператора является основным, наиболее значимым и достаточно комплексным психологическим критерием профессионального отбора операторов УЗК. Данная наиболее неизменная, врожденная характеристика личности существенно влияет на эффективность реализации основных профессионально важных качеств, а также на мотивацию к данной профессиональной деятельности. По степени желательности для работы оператором УЗК классические темпераменты располагаются в следующей последовательности: флегматический, меланхолический, сангвинический. Холерический темперамент является нежелательным.

- Профессиональная подготовка операторов УЗК должна базироваться на индивидуальном подходе, учитывающем психофизио-

логические особенности обучаемого, и направлена на формирование профессионально важных качеств, реализация которых представляет наибольшую трудность для представителей различных температур

- Функциональное состояние операторов УЗК является многоуровневым субъективным фактором качества системы контроля и нелинейно связано с результатами профессиональной деятельности. Нестабильность показателей функционального состояния операторов УЗК является фактором риска и проявляется в нестабильности, как результатов контроля в целом, так и точности настройки дефектоскопа

Экспериментально установлено, что из-за фактора вработываемости вероятность допущения значимых ошибок оператором УЗК в первые минуты работы значительно выше, чем в период устойчивой работоспособности, что повышает значимость повторной настройки дефектоскопа через 35-40 минут

Результаты исследования роли функционального состояния оператора в проблеме надежности УЗК явились вкладом российской стороны в европейскую программу TACIS R 2 05 , секция "Человеческий фактор"

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

1 Лукьянов В Ф Анализ приближенных методов определения коэффициентов интенсивности напряжений вдоль фронта поверхностных полуэллиптических трещин при изгибе / В Ф Лукьянов, А С Коробцов // Известия высших учебных заведений Машиностроение -1986 -№4 - С 7-11

2 Лукьянов В Ф Моделирование на ЭВМ кинетики распространения разрушения вдоль линии сплавления / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов // Сварочное производство -1985 -№4 - С 1-3

3 Лукьянов В Ф Кинетика изменения фронта поверхностной трещины при осесимметричном изгибе / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов // Проблемы прочности -1986 -№7 -С 8-13

4 Лукьянов В Ф Статистическое моделирование разрушения сварных соединений / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, В В Напрасников // Автоматическая сварка - 1986 -№5 - С 13-16

5 Лукьянов В Ф Закономерности объединения поверхностных трещин, развивающихся от дефектов сварных соединений при малоцикловом разрушении / В Ф Лукьянов, А С Коробцов // Сварочное производство - 1987 -№4 - С 41-42

6 Оценка допустимых размеров внутренних дефектов в сварных соединениях при малоцикловом нагружении/ Лукьянов В Ф , Коробцов А С , Людмирский Ю Г и др // Автоматическая сварка -1987 -№12 - С 8-11

7 Лукьянов В Ф Закономерности объединения поверхностных коллеанарных трещин при малоцикловом нагружении / В Ф Лукьянов,

А С Коробцов // Малоцикловая усталость - критерии разрушения и структуры материала тез докл 5-го Всесоюз симп – Волгоград, 1987 - С 100-102

8 Лукьянов В Ф Прогнозирование долговечности сварных соединений с учетом остаточных напряжений / В Ф Лукьянов, М В Солтовец, А С Коробцов // Физико-химическая механика материалов -1987 - №3 - С 68-71

9 Лукьянов В Ф О влиянии ширины образца на циклическую прочность сварных соединений / В Ф Лукьянов, А С Коробцов // Заводская лаборатория - 1988 - №3 - С 60-62

10 Лукьянов В Ф Взаимодействие дефектов в процессе их развития при циклическом нагружении / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, В В Напрасников // Трещиностойкость материалов и элементов конструкций тез докл III Всесоюз симп по механике разрушения, Житомир, 30 окт - 1 нояб Киев, 1990 -ч 1 -С 91-92

11 Лукьянов В Ф Закономерности объединения внутренних и поверхностных трещин при циклическом нагружении / В Ф Лукьянов, А С Коробцов В В Напрасников // Механика разрушения и прочность сварных соединений и конструкций материалы науч -техн шк -семинара, 11-15 марта -Л, 1991 -С 14-19

12 Лукьянов В Ф Методика прогнозирования долговечности сварных соединений на основе вероятностных моделей / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов // Прочность и диагностика сварных конструкций тез докл Всесоюз науч -техн конф , Тверь, 18-21 нояб -М , 1991 - С 30-31

13 А с 1539026 СССР, МКИ⁵ В23 К 28/00 Способ создания системы внутренних трещиноподобных дефектов/В Ф Лукьянов, Ю Г Людмирский, А С Коробцов и др - № 4432010/25-27, заявл 30 05 88, опубл 30 01 90, Бюл № 4

14 А с 1581521 СССР, МКИ⁵ В23 К28/00 Способ создания системы внутренних трещин в сварных швах / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, В В Напрасников и др -№491638/231-27, завл 18 07 88, опубл 30 07 90, Бюл №27

15 Лукьянов В Ф Оценка безопасных размеров дефектов на основе численного моделирования разрушения / В Ф Лукьянов , В В Напрасников, А С Коробцов // Трещиностойкость материалов и элементов конструкций тез докл 3 Всесоюз симп по механике разрушения, Житомир, 30окт -1 нояб -Киев, 1990 - С 93-94

16 Lukjanov V F Imitative Simulation of Welded Joint Fracture Under Low-Cycle Loading / V F Lukjanov, A S Korobtsov // International Journal of Pressure Vessels and Piping- 47(1991) - P 193-206

17 Головин В Н Комплексная экспертная оценка уровня профессиональной подготовки и функциональных возможностей операторов УЗК / В Н Головин, А С Коробцов, В В Напрасников // Методы и средства повышения информативности и достоверности результатов УЗК сварных ме-

таллоконструкций тез докл 14 науч-техн конф, 14-16 окт СПб 1992 - С 48-49

18 Лукьянов В Ф Прогнозирование трещиностойкости сварных соединений с помощью имитационной модели разрушения / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов //Физико-химическая механика материалов -1992 -№4 -С 48-50

19 Лукьянов В Ф Использование информационных технологий при подготовке инженеров сварочного производства / В Ф Лукьянов В В Напрасников, А С Коробцов // Производство и надежность сварных конструкций тез докл науч техн конф, Калининград, 26-28 января - М МГТУ, 1993 - С 130

20 Методика обработки и оценки навыков сканирования при УЗД с позиций потери информативности контроля / Лукьянов В Ф, Напрасников В В, Коробцов А С и др // Современные проблемы сварочной науки и техники тез докл междунар науч-техн конф - Ростов н/Д, 1993 - С 188-190

21 Экспертная оценка поврежденности сварных соединений при нечетко (субъективно) заданной информации / Напрасников В В, Коробцов А С, Князев Е Е и др // Сварочное производство -1993 - №1 - С 29-33

22 Системный подход к анализу роли человеческого фактора в ультразвуковой дефектоскопии / В Ф Лукьянов В В Напрасников, А С Коробцов и др // Неразрушающий контроль в науке и индустрии-94 тез докл между науч-техн конф, 31 мая-2 июня -М, 1994 -С21-23

23 Лукьянов В Ф Повышение надежности ультразвукового контроля - повышение качества изделий машиностроения / В Ф Лукьянов В В Напрасников, А С Коробцов //Надежность машин и технологического оборудования тез докл междунар науч-техн конф -Ростов н/Д, 1994-С 9-10

24 Лукьянов В Ф Инженерные средства подготовки и аттестации операторов ультразвукового контроля / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, В В Напрасников // Современные проблемы сварочной науки и техники "Сварка-95" материалы рос науч-техн конф, Пермский гос техн ун-т -Пермь, 1995 - С 147-151

25 Лукьянов В Ф Экзаменатор надежности оператора УЗК / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, Н П Алешин // Дефектоскопия - 1995 - №10 - С 51-54

26 Интеллектуальные средства поддержки операторской деятельности при УЗК в системе мониторинга / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов и др // II Международный конгресс «Защита-95» тез докл, 20-24 ноября -М, 1995 -С 98

27 Коробцов А С Основные этапы целенаправленного формирования надежности операторов УЗК сварных соединений / А С Коробцов //Сварные конструкции и технология их изготовления сб науч ст / ДГТУ - Ростов н/Д, 1996 - С 94-98

28 Коробцов А С О роли факторов надежности оператора при ультразвуковом контроле металлоконструкций / А С Коробцов, В Ф Лукьянов, А В Гурин // Проблемы надежности и безопасной эксплуатации подъемных сооружений тез докл науч-практ конф, 1-8 окт -Сочи, 1996 -С 111-112

29 Лукьянов В Ф Роль человеческого фактора в проблеме надежности ультразвукового контроля в энергетическом машиностроении / В Ф Лукьянов, А С Коробцов // Защита от коррозии и охрана окружающей среды - 1997 - №1-2 -С 33-36

30 Пат 2073858 Российская Федерация, МПУ⁷ Н04 Тренажер для операторов ультразвукового контроля / В Ф Лукьянов, В В Напрасников, А С Коробцов - №2073858, заявл 20 11 94, опубл 20 02 97, Бюл №5 - 3с

31 Коробцов А С Оценка точности измерения максимальной амплитуды эхосигналов при ультразвуковом контроле сварных соединений/ А С Коробцов, А В Гурин // Современные проблемы сварочной науки и техники материалы Всерос науч-техн конф, 16-18 сент -Воронеж, 1997 - С 73-75

32 Лукьянов В Ф Методические и тренажерные средства выработки навыков сканирования у операторов ультразвукового контроля / В Ф Лукьянов, А С Коробцов, Э П Горбачевская //Современные проблемы сварочной науки и техники материалы Всерос науч-техн конф, 16-18 сент -Воронеж, 1997 - С 72-73

33 Коробцов А С О факторах, определяющих погрешности измерения амплитуды эхо-сигналов при ультразвуковом контроле сварных соединений/ А С Коробцов, А В Гурин //Сварные конструкции и технология их изготовления сб науч ст /ДГТУ -Ростов н/Д, 1997 -С 55-63

34 Коробцов А С Человеческий фактор в проблеме надежности ультразвукового контроля/ А С Коробцов, В Ф Лукьянов // Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций Информативность и достоверность сб докл XVI Петербургской конф, 3-5 июня -СПб, 1998 - С 24-27

35 Коробцов А С Концепция целенаправленного формирования и обеспечения надежности операторов УЗК / А С Коробцов // Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций Информативность и достоверность сб докл XVI Петербургской конф, 3-5 июня - СПб, 1998 - С 28-31

36 Коробцов А С Пути повышения достоверности и информативности ультразвукового контроля сварных металлоконструкций / А С Коробцов //Сварные конструкции и технология их изготовления сб науч ст / ДГТУ - г Ростов н/Д, 1998 - С 147-159

37 Коробцов А С Анализ типологических свойств нервной системы с позиции профессиональной пригодности /А С Коробцов // Российский вуз в центре внимания - личность тез докл Всерос межвуз науч-практ конф, 24-26 мая - Ростов н/Д, 1999 - С 276-277

38 Коробцов А С Проблемы валидации систем неразрушающего контроля сварных металлоконструкций / А С Коробцов, В Ф Лукьянов // Перспективные пути развития сварки и контроля «Сварка и контроль-2001»

сб докл Всерос с междунар участием науч -техн конф , 25-28 сент - Воронеж, 2001 - С 306-312

39 Коробцов А С Проблема оценки надежности и достоверности систем неразрушающего контроля / Коробцов А С , Лукьянов В Ф , Козин Ю Н //Сборник докладов VI Международной научно-технической конференции по динамике технологических систем /ДГТУ -Ростов н/Д, 2001 -Т 3-С 232-237

40 Коробцов А С Тренажер для целенаправленного формирования навыков сканирования у операторов УЗК / А С Коробцов, В Ф Лукьянов, Э П Горбачевская // Контроль Диагностика -2004 -№11 -С 51-53

41 Лукьянов В Ф Целенаправленное формирование моторных навыков операторов УЗК сварных конструкций/ В Ф Лукьянов, А С Коробцов, Э П Горбачевская // Всерос с межд участием науч -техн конф , 17-20 мая 2004г - Пермь, 2004 -С 333-338

42 Коробцов А С Методики создания искусственных дефектов заданных размеров и местоположения / А С Коробцов //Заводская лаборатория - 2005 -№11 -С 51-53

43 Коробцов А С Влияние функционального состояния оператора УЗК на результаты профессиональной деятельности / А С Коробцов // Изв вузов Сев-Кавк регион Техн науки - 2005 Спец вып Проблемы машиностроения -С 108-112

44 Коробцов А С Показатели качества неразрушающего контроля / А С Коробцов // Контроль Диагностика -2005 -№1 -С -32-42

45 Коробцов А С Целенаправленное формирование профессионально важных качеств операторов ультразвукового контроля/ А С Коробцов //Сварочное производство сб трудов молодых ученых - Ростов н/Д ДГТУ, 2006 - С 64-70

46 Коробцов А С Целенаправленное формирование надежности операторов ультразвукового контроля / А С Коробцов, В Ф Лукьянов - Ростов н/Д ДГТУ, 2006 - 178 с

В набор 19.0707В печать 24.07 07.
Объем 3,0 усл п л, 2,9 уч-изд л. Офсет. Формат 60x84/16.
Бумага тип №3 Заказ № 385 Тираж 100. I

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344010, г Ростов-на-Дону, пл Гагарина, 1.