

## КОНТРОЛЬ І ДІАГНОСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 006.91:53.089.68

### ВЛИЯНИЕ СУБЪЕКТИВНОГО ФАКТОРА НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

<sup>1)</sup>Водзик П. И., <sup>2)</sup>Павленко Ж. А., <sup>2)</sup>Водзик Д. П.

<sup>1)</sup>ОАО «ЮТЕМ-ИНЖИНИРИНГ», г. Буча, Украина; <sup>2)</sup>Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина

В статье рассмотрен вопрос влияния субъективных факторов на достоверность результатов контроля при применении наиболее распространенных методов неразрушающего контроля. Проанализированы сами факторы, рассмотрены мероприятия по их минимизации; на основе практической деятельности отдела контроля качества ОАО «ЮТЕМ-ИНЖИНИРИНГ» проведен статистический сравнительный анализ результатов рентгенографического контроля при строительстве объектов химической промышленности и теплоэнергетики в штатном (ручном) режиме и с применением автоматизированного оборудования. Сделаны выводы о перспективности внедрения в процесс контроля системотехнических и методологических мероприятий.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, достоверность, субъективный фактор.

#### Введение. Постановка задачи

Кроме проблемы наличия дефектов, выявляемых различными методами неразрушающего контроля (НК), существует еще одна проблема – пропуски дефектов во время операций контроля. Пропуски дефектов в изделиях могут возникать из-за ряда причин, в том числе, связанных с управлением процесса контроля. Одним из основных субъективных факторов, влияющих на пропуски дефектов, является квалификация, а также добросовестное выполнение дефектоскопистом своей работы. Согласно исследованиям в области управления качеством, около 95% проблем организации в этой области, в конечном счете, связаны с человеком и его психофизическим состоянием в момент выполнения контроля.

Учитывая актуальность и важность проблемы достоверности контроля, с 1997 года регулярно проводится Евро-американский семинар по надежности НК [1], на котором разработана концептуальная формула надежности R системы контроля:

$$R = f(1C) - g(AP) - h(HF),$$

где  $f(1C)$  – внутренняя способность метода или комбинации методов контроля (верхний предел надежности);

$g(AP)$  – влияние таких параметров, как ограничение доступа, состояние поверхности и т.п.;

$h(HF)$  – человеческий фактор, который может существенно снизить потенциальную надежность и эффективность системы.

Хорошо обученный, правильно организованный и мотивированный персонал определяет эффективность производства в целом. Это значит, что неправильная обработка результатов контроля (недостаточная квалификация, халатное отношение), а также присутствие субъективного фактора при выполнении ручного контроля приводит не только к пропускам дефектов, но и к перебраковке, что существенно влияет на финансовую составляющую производства и сроки выполнения работ.

В связи с вышеизложенным, необходимо исследовать, оценить и по возможности максимально снизить влияние человеческого фактора, как на сам процесс контроля, так и на обработку его результатов.

Как показывают статистические исследования, состояние оператора зависит от совокупности специфических свойств и структуры личности:

- особенностей темперамента, которые отражаются в динамических характеристиках протекания психических процессов и в которых проявляются сила, подвижность и уравновешенность нервных процессов;
- мотивации к операторской деятельности, желание совершенствовать свое профессиональное мастерство;
- способности к кратковременному значительному напряжению при возникновении стрессовых ситуаций;
- эмоциональной устойчивости, особенно эмоционально-моторной и эмоционально-сенсорной;
- скорости переключения, устойчивости и объема внимания;
- скорости и точности сложных видов двигательных реакций, координации движений, легкости создания и преобразования двигательных стереотипов;
- настойчивости и решительности в сочетании с инициативностью и самокритичностью.

### **Анализ субъективных составляющих результатов контроля наиболее распространенных методов НК**

При использовании таких методов НК, как визуально-оптический, цветная дефектоскопия, ультразвуковой и радиографический контроль, характерно влияние следующих субъективных факторов:

- психофизиологического состояния оператора, остроты его зрения, опыта работы, степени квалификации;
- обеспечения условий контроля (освещенности, оптического контраста, качества подготовки изделия к контролю и др.);
- зависимости результатов контроля от степени ответственности оператора и соблюдения технологии контроля;
- квалифицированного использования средств измерения.

### **Изучение влияния субъективного фактора на достоверность контроля**

Влияние человеческого фактора рассматривается инженерной психологией, занимающейся психофизиологическим, методологическим, системотехниче-

ским и эксплуатационным направлениями разрешения противоречий между технологическими процессами и техникой с одной стороны, и качеством трудовой деятельностью человека с другой стороны. Эргономика также исследует человеческий фактор, занимаясь созданием оптимальных условий труда и исследованием факторов внешней среды.

В настоящее время уменьшение влияния субъективного фактора в процессе выполнения контроля на предприятиях достигается в основном за счет внедрения психофизиологических и эксплуатационных мероприятий. Ряд **психофизиологических** мероприятий должен состоять из: прохождения оператором комплексного медицинского обследования (окулист, психолог, нарколог, хирург) перед прохождением обучения методам контроля; прохождения периодических медосмотров в процессе трудовой деятельности; ежесменной проверки психофизического состояния и медицинского освидетельствования перед допуском к работе. При наличии противопоказаний по результатам медосмотра, допуск оператора на выполнение контроля изымается;

**Эксплуатационные** мероприятия [2] должны состоять из: обязательного первичного обучения оператора в специализированных Аттестационных Центрах с последующим предоставлением оператору права на выдачу Заключения; периодической аттестации операторов на подтверждение квалификации; систематического повышения уровня квалификации путем прохождения дополнительного обучения; инспекционных проверок независимыми организациями качества проведения контроля и оформления Заключений; запрета на проведение неразрушающих методов контроля (кроме метода радиографии) в период с 24<sup>00</sup> до 06<sup>00</sup> (согласно требованиям Методики проведения контроля в ядерной безопасности).

На практике, данных мероприятий недостаточно для устранения влияния субъективного фактора, поэтому все большее значение и внедрение в производство приобретают следующие направления:

**Методологическое** – основанное на применении методик контроля с использованием автоматизированных систем при условии обеспечения требуемой чувствительности контроля. Составление математической модели (описание) видов дефектов, позволяющее их однозначно идентифицировать в процессе компьютерной обработки без участия оператора;

**Системотехническое** – основанное на разработке системы человек-машина, позволяющей исключить человеческий фактор на этапах: проведения контроля (фактор соблюдения технологии проведения контроля); документирования результатов контроля (фактор достоверности информации); оценки результатов контроля (фактор отбраковки) и автоматизации процесса контроля.

В этих направлениях проводится работа на предприятии ОАО «Центр промышленной диагностики и контроля» г. Буча, Киевской области. Для определения резервов повышения эффективности и достоверности контроля, проводился статистический сравнительный анализ результатов рентгенографического контроля при строительстве объектов химической промышленности и теплоэнер-

гетики в штатном (ручному) режимі і з використанням автоматизованого обладнання (табл. 1 – 3).

Ефективність заходів по усуненню суб'єктивного фактора оцінювалась по наступним параметрам:

1) час визначення експозиції;

2) відповідність оптичної щільності рентгеновських знімків заданим НТД межах;

3) якість фотохімічної обробки рентгеновських знімків.

На основі результатів досліджень показано, що впровадження засобів автоматизації в процес проведення контролю, дало наступні практичні результати:

- застосування автоматизованої системи фотохімічної обробки радіографічних знімків дозволило зменшити брак лаборанта з 6% (статистика застосування ручної фотохімічної обробки) до 0,3%;
- застосування рентгенографічного обладнання фірми «ERESCO» модель 42MF4-W, обладнаного фотометричним датчиком фокусної відстані і калькулятором експозиції, дозволило збільшити продуктивність оператора по даній операції в 5 раз;
- використання проявочного процесора AGFA NDT NOVA для автоматизованої системи фотохімічної обробки радіографічних знімків в свою чергу збільшило продуктивність даної операції до 30% і економію хімреагентів до 25%;
- автоматизоване визначення експозиції дозволяє отримувати радіографічні знімки з оптичної щільністю в заданих межах і знижує брак оператора з 14% до 0,3%.

Таблиця 1. Аналізований параметр – час визначення експозиції

Діаметри труб (мм)	Толщини стенок труб (мм)	Кол-во аналізованих знімків	Аналізований параметр: Час визначення експозиції, при:	
			використанні штатної діаграми експозицій, мин/знімок(об'єкти 2010-2012г) (ручний контроль)	використанні обладнання «Eresco» *, мин/знімок (об'єкти 2013г.)
57-89	3-5	1000	2	1
108-133	4-6	1000	2	1
159-219	5-8	1000	4	1
273-325	8-10	1000	4	1
377-426	8-10	1000	4	1
426-630	10-12	1000	5	1
710-820	10-12	1000	5	1
1204-1904	6-8	1000	5	1

Таблица 2. Анализируемый параметр - значение оптической плотности снимка

Диаметры труб (мм)	Толщины стенок труб (мм)	Кол-во анализируемых снимков	Анализируемый параметр: Значение оптической плотности снимка при:			
			использовании штатного оборудования(объекты 2010-2012г) (ручной контроль)		использовании оборудования«Eresco» (объекты 2013г)	
			годные,%	брак оператора %	годные,%	брак оператора %
57-89	3-5	1000	94,4	5,6	99,7	0,3
108-133	4-6	1000	95,2	4,8	99,5	0,5
159-219	5-8	1000	94,8	5,2	99,5	0,5
273-325	8-10	1000	95,8	4,2	99,5	0,5
377-426	8-10	1000	95,7	4,3	99,6	0,4
426-630	10-12	1000	93,1	6,9	99,4	0,6
710-820	10-12	1000	85,3	14,7	99,5	0,5
1204-1904	6-8	1000	85,7	14,3	99,6	0,4

Таблица 3. Анализируемый параметр – качество фотохимической обработки снимков

Диаметры труб (мм)	Толщины стенок труб (мм)	Кол-во анализируемых снимков	Анализируемый параметр: Качество фотохимической обработки снимков, при:			
			ручной обработке		автоматизированной обработке	
			годные,%	брак лаборанта,%	годные,%	брак лаборанта,%
57-89	3-5	1000	95,4	4,6	99,6	0,4
108-133	4-6	1000	94,8	5,2	99,5	0,5
159-219	5-8	1000	95,5	4,5	99,7	0,3
273-325	8-10	1000	96,4	3,6	99,5	0,5
377-426	8-10	1000	96	4,0	99,6	0,4
426-630	10-12	1000	95,1	4,9	99,2	0,8
710-820	10-12	1000	94,4	5,6	99,5	0,5
1204-1904	6-8	1000	94	6	99,3	0,7

В числе мероприятий по минимизации субъективного фактора на предприятии «Центр промышленной диагностики и контроля» внедрена система автоматизированного ультразвукового контроля (УЗК) – разработка кафедры «Приборов и систем неразрушающего контроля» НТУУ «КПИ». Данная система исключает ошибки оператора при выполнении контроля за счет наличия системы

сканирования, позволяющей обеспечить заданный период сканирования и акустический контакт с изделием. Параметры УЗК в процессе выполнения контроля записываются на магнитный носитель и не зависят от психофизического состояния оператора. Обработка результатов контроля осуществляется в стационарных условиях лаборатории, посредством распечатки результатов контроля на твердом носителе. Наличие распечатки результатов УЗК имеет следующие преимущества:

- это отчетный документ, подтверждающий результат контроля и являющийся доказательством качества изделия;
- наличие координатной составляющей позволяет однозначно установить местоположение дефекта;
- разбраковка УЗК может проводиться в спокойной обстановке в стационарных условиях, что исключает влияние субъективного фактора, зависящего от степени удобства и квалификации оператора;

В процессе работы было исследовано практическое решение проблемы влияния субъективного фактора на достоверность контроля.

### **Выводы**

1. Исключение влияния субъективного фактора на достоверность контроля путем реализации психофизиологической и эксплуатационной составляющих в современном производстве достаточно успешно реализуется. К примеру:

- организация процесса контроля и установления высших приоритетов определения качества продукции в ядерной энергетике;
- обеспечение комфортной среды работы оператора;
- обучение и аттестация персонала с правом выдачи Заключения по неразрушающим методам контроля в аттестационных Центрах;

2. Опираясь на результаты проведенных исследований и опыт применения автоматизированных средств неразрушающего контроля на производстве, можно утверждать, что достижение достоверности контроля в большой мере зависит от степени автоматизации процесса контроля посредством применения системотехнической составляющей и усовершенствования методологического сопровождения [3, 4]. Это сокращает долю участия человека в процессе проведения и обработки результатов контроля и, самое главное, позволяет иметь документированные результаты контроля, что увеличивает степень доверия к результатам контроля.

3. Около 70% контроля объективно все же производится вручную. Это касается специфических условий работы: контроль в труднодоступных местах; выполнение контроля в монтажных и полевых условиях, на сборочных площадках, судостроительных верфях, а также условий проведения контроля: наличие мощных внешних магнитных полей, выводящих из строя электронное оборудование и т.д. В случае объективной необходимости использования ручного контроля на производстве, для уменьшения влияния субъективных факторов **перспективным** является разработка и максимальное применение системотехниче-

ских и методологических мероприятий, а также повышению квалификации персонала.

#### **Литература**

1. Евро-американский семинар по надежности НК // Контроль и диагностика. – 2000. – № 10. – С. 52.
2. Щербинин В. Е. Аттестация специалистов составная часть метрологического обеспечения технологического процесса неразрушающего контроля «Дефектоскопия». – 1992. – № 3. – С. 4 – 5.
3. Волков Б. И. Опыт применения автоматизированных методов контроля теплоэнергетического оборудования / Б. И. Волков, В. В. Прохоров, А. В. Николаенко // Материалы 20-ой международной конференции и выставки "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики". 1-5 октября 2012 г, Украина, г. Гурзуф, С. 5 – 7.
4. Будадин О. Н. Автоматизированный ультразвуковой контроль крупногабаритных конструкций / О. Н. Будадин, А. А. Филипенко, С. Н. Сычугов // Материалы 20-ой международной конференции и выставки "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики". 1-5 октября 2012г, г. Гурзуф, Украина, С. 12-13.
5. Морозова Т. Ю. Новый подход к задаче идентификации дефектов изделий и оценки их влияния на безопасность эксплуатации сложного технического объекта / Т. Ю. Морозова, А. А. Бекаревич, О. Н. Будадин // Материалы 21-ой международной конференции и выставки "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики". 7-11 октября 2013 г, г. Гурзуф, Украина, С. 40 – 41.
6. Цечаль В. А. Подготовка и аттестация специалистов НК в ТК «Спецмонтаж» / В. А. Цечаль, Т. Ю. Морозова, Ю. В. Радыш., О. А. Гарбар, К. П. Ильченко, С. А. Ярмолка // Материалы 21-ой международной конференции и выставки "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики". 7-11 октября 2013 г, г. Гурзуф, Украина, С. 45 - 57.

*Надійшла до редакції  
25 жовтня 2013 року*

© Водзик П. И., Павленко Ж. А., Водзик Д. П., 2013

УДК620.179.16

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬС**

*Гымчик Г. С., Подолян А. А.*

*Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",  
г. Киев, Украина*

*Рассмотрены схемы построения электромагнитно-акустического (ЭМА) преобразователя для контроля железнодорожных рельс, исходя из параметров, влияющих на формирование акустической волны, и геометрических параметров железнодорожных рельс. С помощью математического моделирования исследовано влияние расстояния от нитей-излучателей до поверхности объекта контроля. Показано резкое снижение акустического давления, при увеличении расстояния от нитей-излучателей до поверхности объекта контроля. Показано, что изменение угла, между ЭМА преобразователем и поверхностью объекта контроля, приводит к значительному ухудшению возбуждения акустической волны на*