

ФАКТОР КОМПЕТЕНЦИЙ ПЕРСОНАЛА ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СУДОСТРОЕНИИ

А.Ю. Васильев, А.Б. Спирков (Санкт-Петербург)

Судостроительная отрасль РФ реализует проект цифровой трансформации, отцифровываются управленческие и технологические процессы, информатизация процессов становится более комплексной и системной. Руководство отрасли четче формулирует задачу полной цифровизации жизненного цикла объектов судостроения [1 - 4]. В этих условиях важна согласованность инициатив и сбалансированность действий как по направлениям цифровизации этапов жизненного цикла (ЖЦ), так и по функциональному содержанию каждого этапа.

Приведенная ниже информация в первую очередь касается двух этапов жизненного цикла:

– цифровизация строительства (производства) объектов, для решения задач которой в настоящее время разработано и применяется достаточное количество систем автоматизации – система управления ресурсами предприятия (ERP), система управления и оптимизации производственной деятельности (MES), система планирования потребностей в материалах (MRP), средства технологической подготовки производства изделий (CAM/CAPP), роботизация и т.д.;

– цифровизация эксплуатации и ремонта объектов – самый длительный этап жизненного цикла. Спектр работ по цифровизации данного этапа ЖЦ крайне широк – от автоматизации систем управления объектами и степени их интегрированности с обеспечивающими системами, применения электронной эксплуатационной документации, использования эксплуатационной и ремонтной цифровых моделей объектов и пр. до создания цифровых двойников объектов, обеспечивающих сбор цифровой статистической информации от интегрированных систем, систем диагностики и мониторинга состояний элементов объекта.

Важность неразрушающего контроля и технической диагностики (НКиТД), объектов и их элементов в указанных этапах ЖЦ очевидна, а многофункциональное использование результатов НКиТД предъявляет особые требования к процессу документирования, хранения и обработки результатов НКиТД. Кроме того, по мере накопления опыта эксплуатации объектов, претерпевает эволюцию и трактовки результатов НКиТД, изменяются требования классификационных обществ к способам и системам обработки первичной информации. Для примера на рисунке 1 приведена типовая схема инспекции судна методами неразрушающего контроля (НК) для оценки общего качества сварки и обеспечения бездефектности критически важных элементов конструкции [5].

Объем (полнота) и качество доступной информации об объекте определяет правильность и обоснованность соответствующего управленческого решения, его своевременность, что налагает определенные требования к содержанию учетной и отчетной документации по НКиТД. Процесс перевода результатов неразрушающего контроля в электронный вид или использования для проведения контроля современного оборудования и средств, позволяющих получать результаты контроля в цифровом виде, требует наличия определенных знаний и навыков.

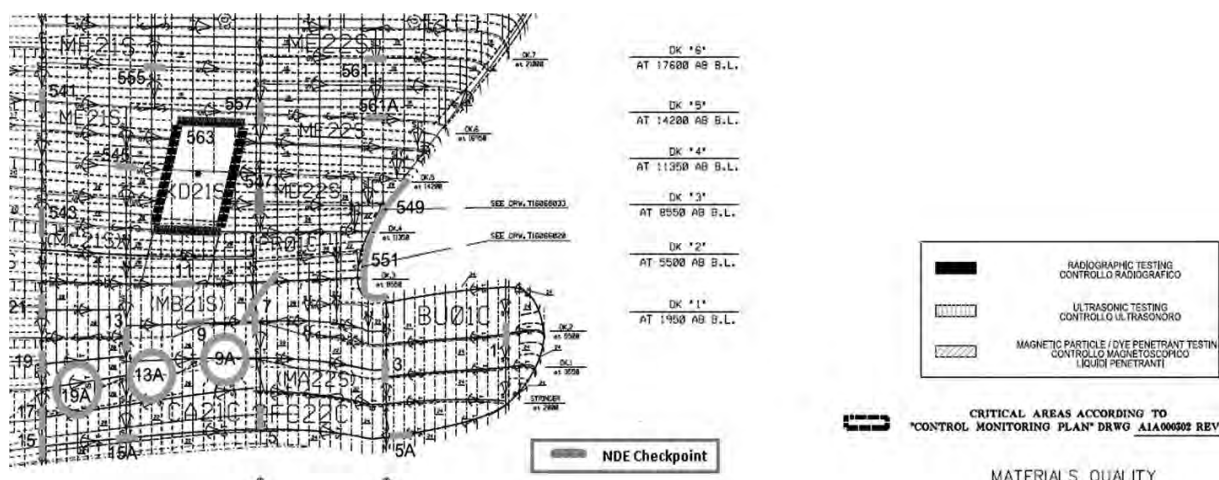


Рисунок 1 – Типовой план проверки неразрушающего контроля

При рассмотрении НК как информационного процесса и абстрагировании от используемых физических методов НК можно выделить следующие характерные части этого процесса [6]:

- получение первичной измерительной информации с помощью преобразователей и приведение её в форму, удобную для дальнейшей обработки;
- обработка информации и представление результатов обработки в форме, пригодной для анализа и дальнейшей интерпретации;
- проведение анализа полученной информации, получение оценки о фактическом техническом состоянии контролируемого объекта, прогнозирование его изменения.

Наиболее наглядно значимость компетентности персонала для достоверности и своевременности информационного процесса НК в указанных частях процесса можно показать на примере радиографии.

Радиографический, наряду с визуальным и измерительным, являются наиболее широко применяемыми методами контроля оборудования и корпусных конструкций морской техники. Радиографический контроль не без оснований считается наиболее объективным методом неразрушающего контроля, т. к. после его проведения остается снимок или иная первичная документированная информация о результатах контроля. Радиографический снимок в сочетании с отчетной документацией по радиографическому контролю может передавать информацию не только о контролируемом объекте, но и о квалификации (компетентности) персонала, выполняющего контроль и сварку. Поэтому размещение радиографических снимков в системе электронного документооборота, которая может иметь разную степень публичности (открытости), предъявляет более высокие требования к компетентности. Это же нивелирует возможное влияние субъективной составляющей расшифровки результатов НК [7, 8].

Радиографический контроль сварных соединений металлоконструкций изделий морской техники из-за большой суммарной протяженности швов не может быть проведен в полном объеме. Данным методом выборочно контролируют участки сварных соединений, которые вызывают сомнения в качестве при проведении приемки специалистом по визуальному и измерительному контролю отдела технического контроля, или трудновыполнимые для сварщика с целью контроля технологии сварки. Обычно объем выборочного радиографического контроля сварных соединений корпусных конструкций не превышает 5-10%. Несмотря на то, что объем выборочного контроля невелик, для судна или корабля это тысячи участков, и для обработки такого

количества информации требуется применение автоматизированных систем управления и электронного оборота документации.

В настоящее время на предприятиях судостроительной отрасли применяются различные системы ЭДО для управления документацией по неразрушающему контролю. Следует отметить, что на некоторых предприятиях такие системы являются локальными, что влечет за собой риски искажения или утраты результатов контроля при приведении информационных систем к единым информационным стандартам в рамках общих процессов информатизации предприятия и отрасли. Силами одного предприятия исключить подобные риски не представляется возможным.

В общем виде информатизация неразрушающего контроля пока ориентируется на автоматизацию решения задач таких подразделений предприятия, как:

- отдел технического контроля;
- центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ);
- отдел главного сварщика.

В силу того, что указанные подразделения могут подчиняться разным функциональным руководителям, особое внимание следует уделять непротиворечивой актуализации информационной системы. Снижение внимания высшего руководства к системе спустя некоторое время после окончания внедрения может спровоцировать кроссфункциональные противоречия подразделений при изменении регламентов, стандартов и пр.

Т. о. после введения в эксплуатацию информационной системы, у специалистов перечисленных выше подразделений необходимо формировать компетенции процессного и проектного управления для своевременной и качественной поддержки и реинжиниринга системы.

Действующие информационные системы содержат полную информацию о сварных соединениях металлоконструкций, выполненных при изготовлении изделий, при проведении аттестации сварщиков, при проведении аттестации технологии сварки и предназначены для обеспечения следующих мероприятий (этапов работ):

- выбор и разметка контролируемых участков на металле и выполнение неразрушающего контроля;
- оценка результатов неразрушающего контроля;
- хранение (архивирование) результатов неразрушающего контроля;
- анализ результатов неразрушающего контроля;
- определение возможных причин образования дефектов в сварных швах;
- определение степени вины сварщика в допущенном браке;
- принятие решения о необходимости дополнительного обучения/переаттестации сварщика, допустившего брак;
- принятие решения о необходимости мер поощрения/взыскания к сварщикам в зависимости от показателей качества их работы;
- разработка технологических указаний на исправление дефектных участков сварных соединений металлоконструкций;
- разметка мест расположения недопустимых дефектов на металле.

При этом обеспечивается автоматизация на следующих этапах работ:

- оформление заявки на проведение неразрушающего контроля;
- утверждение заявки на проведение неразрушающего контроля;
- регистрация заявки на проведение неразрушающего контроля;
- отправка и доставка заявки на проведение неразрушающего контроля в ЦЗЛ;
- регистрация заявки на проведение неразрушающего контроля в ЦЗЛ;

- оформление заключения по результатам неразрушающего контроля;
- архивирование результатов неразрушающего контроля;
- подписание заключения по результатам неразрушающего контроля;
- регистрация заключения по результатам неразрушающего контроля;
- отправка и доставка заключения по результатам неразрушающего контроля обратно в бюро технического контроля цеха;
- оформление разрешения на исправление дефектных участков;
- оформление технологических указаний на исправление дефектных участков;
- подписание разрешения на исправление дефектных участков;
- предоставление статистических данных о качестве сварки по цеху, заказу, сварщику.

Опыт предприятий судостроительной отрасли показал, что чем полнее, детальнее и формализованней становится перечень указанных выше мероприятий, тем «измеримей» становится работа в области НКИТД и конкретнее требования к квалификации персонала. А это, в свою очередь, конкретизирует требования к компетенциям и делает процесс повышения квалификации персонала обоснованным и практически ориентированным.

Отдельно рассмотрим проблемы, связанные с расширяющимся внедрением цифровой радиографии. Несмотря на видимые сложности, цифровая радиография обладает рядом значительных преимуществ:

- исключаются расходы на приобретение и утилизацию материалов (радиографической пленки, реактивов для фотохимической обработки);
- исключается процесс «мокрой» фотохимической обработки пленок, требующий существенных временных затрат и существенно влияющий на качество радиографических снимков;
- сокращение временных затрат на проведение радиографического контроля, т. к. исключается большая часть предварительных (проверка и нарезка пленки, зарядка кассет) промежуточные операции (проявка, сушка, оцифровка). Цифровой снимок получается сразу после завершения экспонирования детектора и может быть расшифрован на месте проведения контроля;
- сокращается время экспозиции, что приводит к увеличению производительности контроля и уменьшению дозовой нагрузки на персонал;
- упрощается процесс архивации снимков и появляется возможность применения различных алгоритмов для цифровой обработки снимков с целью увеличения их информативности;
- возможность получения радиографических снимков с большей контрастностью изображения;
- возможность более точного измерения размеров обнаруженных дефектов.

Существующая система отраслевой нормативной и методической документации по большей части разработана, внедрена и не пересматривалась более 30 лет. Требования вводимых в настоящее время стандартов, регламентирующих возможности применения компьютерной и цифровой радиографии, систем оцифровки и хранения радиографических снимков, зачастую противоречат требованиям действующих в отрасли стандартов и должны быть адаптированы. Для адаптации требований принятых национальных стандартов и гармонизации с требованиями международных стандартов должна быть разработана введена необходимая методическая документация.

Специалисты, выполняющие контроль с использованием компьютерной и цифровой радиографии, должны сегодня знать как требования действующих

национальных стандартов к качеству цифровых радиографических снимков (ГОСТ ISO 17636-2), технологию цифровой радиографии, так и требования действующей отраслевой документации, а также уметь организовать процесс контроля так, чтобы все эти требования одновременно выполнялись. Знать и уметь работать с современным программным обеспечением для получения, оцифровки, обработки и архивирования цифровых радиографических снимков.

В европейской практике для специалистов по радиографическому контролю, использующих цифровые детекторы, предусмотрена дополнительная сертификация. В нашей стране пока отдельной сертификации для специалистов, применяющих цифровую и компьютерную радиографию не предусмотрено. Необходимые знания и умения специалисты по радиографическому контролю могут получить только в специализированных организациях, владеющих современным оборудованием, технологией цифровой радиографии, и базой нормативной и методической документации, действующей в данной области.

Учитывая изложенное, авторы настоящей статьи в течении года проводили анкетирование специалистов, аттестуемых по неразрушающему контролю в компании ООО «СЗ АНТЦ «Энергомонтаж». Понимая всю условность полученных результатов, приведем все же результаты анкетирования (рис. 2 - 4).

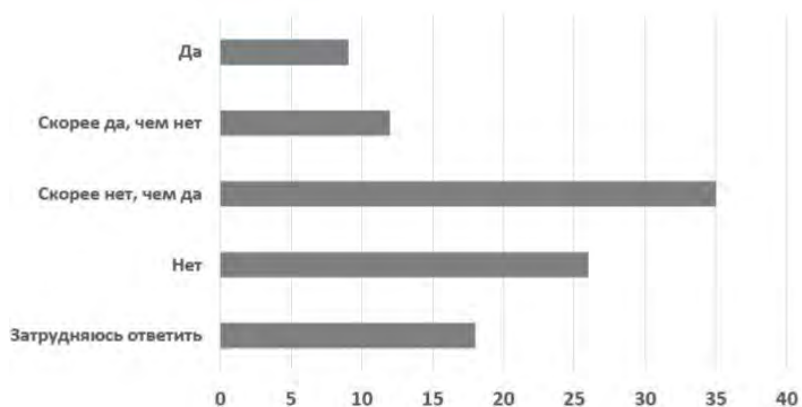


Рисунок 2 – Формирование перечня компетенций, необходимых для работы с цифровой радиографией на предприятии, в %

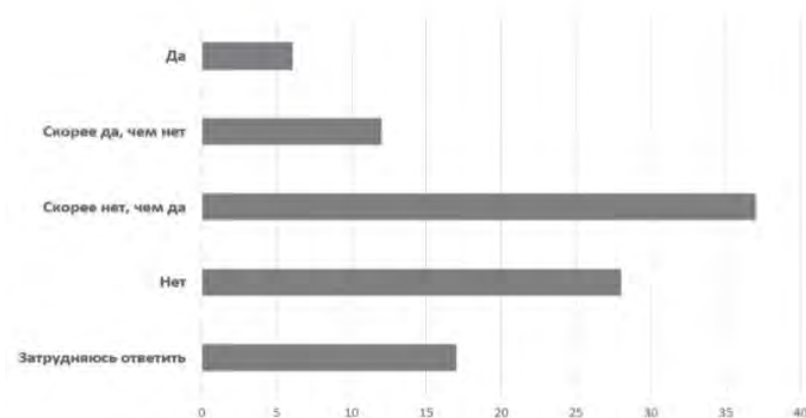


Рисунок 3 – Составление предприятием ТЗ для повышения квалификации по цифровой радиографией, в %

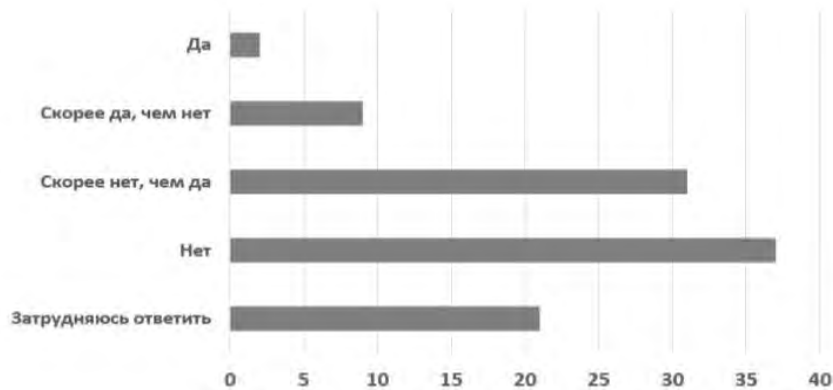


Рисунок 4 – Оценка предприятием материальной базы при повышении квалификации по цифровой радиографией, в %

Однозначно можно констатировать следующее:

- предприятия в лице высококвалифицированных специалистов НК (дефектоскописты и ИТР) затрудняются сформулировать перечень компетенций, необходимых для работы с цифровой радиографией;
- направляя специалистов-дефектоскопистов на повышение квалификации, предприятия ориентируются на исполнителя, предоставляющего услугу, техническое задание составляется исполнителем и практически не проходит экспертной оценки предприятия;
- материальная база исполнителя, на которой происходит обучение, предприятием не оценивается, заказчик в подавляющем большинстве случаев полагается на исполнителя.

Кроме того, в свободной форме более половины опрошенных высказались о трудностях в получении нормативных и методических консультаций при внедрении на предприятии цифровой радиографии.

Обобщая сказанное выше о компетенциях персонала, выполняющего радиографический контроль, можно с определенной долей уверенности полагать, что аналогичные требования должны предъявляться и к организациям, занимающихся обучением, подготовкой и сертификацией специалистов по другим методам (видам) неразрушающего контроля, а также обучением, подготовкой и аттестацией сварщиков.

Выводы

1. В настоящее время на предприятиях судостроительной отрасли применяются различные системы ЭДО для управления документацией по неразрушающему контролю и основными задачами потребителей этих систем являются:

- оценка полноты информации, содержащейся в системе ЭДО, для дальнейшего совершенствования системы на основе накопленного опыта применения системы;
- интеграция локально системы ЭДО управления процессами сварки и неразрушающего контроля с системами ЭДО предприятия разного уровня.

2. Цифровизация радиографического контроля с определенной степенью публичности (допуск к информации доверенного круга сотрудников предприятия) стимулирует повышение компетентности персонала НК за счет прозрачности процессов, операций и их результатов.

3. Процесс цифровизации радиографического контроля предъявляет более высокие требования к оснащению лабораторий радиографического контроля предприятий. При этом существенную роль с точки зрения качества и эффективности

радиографического контроля будет играть правильность выбора оборудования и средств контроля под конкретные задачи контроля (материал, форма и типоразмеры, условия проведения контроля узлов выпускаемой продукции).

4. Существенно возрастает роль компетентности персонала НК. Необходимо проведение дополнительного обучения и повышения квалификации персонала в области цифровой промышленной радиографии (ГОСТ ISO 17636-2-2017).

5. За счет постепенного перехода к риск-ориентированному подходу в неразрушающем контроле возрастает ответственность предприятий как за содержание работ по НКиТД, так и за выбор квалифицированного подрядчика по формированию соответствующих компетенций в области НК. Для сертификации персонала необходимо выбирать органы по сертификации или экзаменационные центры, имеющие соответствующее оборудование, средства контроля и персонал, для проверки/подтверждения квалификации персонала в области цифровой промышленной радиографии.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность за помощь в подготовке доклада ведущему инженеру ЛНК АО «СЗ «Северная верфь» Смирнову Андрею Юрьевичу и начальнику ЦЗЛ Дальневосточный завод «Звезда» Никитину Алексею Викторовичу.

При подготовке статьи использован опыт внедрения и использования систем ЭДО и современного оборудования для радиографического контроля следующих предприятий: АО «СЗ «Северная верфь», «Дальневосточный завод «Звезда», ООО Северо-Западный Аттестационный НТЦ «Энергомонтаж».

Литература

1. **Дмитриев Н.Д., Зайцев А.А.** Цифровая трансформация судостроения // Стратегия бизнеса. Электронный научно-экономический журнал, 2019, №10 (66). С. 15-18. Режим доступа: <https://www.strategybusiness.ru/jour/article/view/573/488>.
2. **Горин Е.А.** Цифровые технологии в отечественном судостроении // Бюллетень науки и практики. Электронный журнал. 2017. №11 (24). С.236-242. Режим доступа: <https://readera.org/14111311>.
3. **Букин В.** Информационные системы на отечественных судостроительных предприятиях. – Портал KORABEL.RU. Режим доступа: https://www.korabel.ru/news/comments/informacionnye_sistemy_na_otchestvennyh_sudostroitelnyh_predpriyat_ayah_chast_1.html.
4. **Жаворонков Д.** Цифровизация Шрёдингера: как в судпроме и на флоте (не) воплощаются новые IT-решения. Портал Mil.Press FlotProm. Режим доступа: <https://flotprom.ru/2020/Технологии7>.
5. **Amirafshari P., Barltrop N., Oterkus S., Bharadwaj U., Wright M.** A Review of Nondestructive Examination Methods for New-Building Ships Undergoing Classification Society Survey // Journal of Ship Production and Design, 2016. Режим доступа: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/published-papers/a-review-of-nondestructive-examination-methods-for-new-building-ships-undergoing-classification-society-survey>.
6. РОНКТД: Цифровые технологии НК – шаг в промышленность будущего. – Точка опоры, 2018, №243. Режим доступа: <https://www.to-inform.ru/index.php/arkhiv/item/ronktd-cifrovie-tehnologii-nk>.
7. **Алешин Н.П., Галкин Д.И., Сорокин А.С., Колесников О.И.** Статистическая оценка результатов расшифровки радиографических снимков сварных соединений // Сварка и диагностика. 2015. № 1. С. 11-14. Режим доступа: http://ndtgrad.ru/article_89_statisticheskaya-ocenka-rezultatov-rasshifrovki-radiograficheskikh-snim.htm.

8. **Сорокин А.С., Галкин Д.И., Иванайский Е.А.** Количественная оценка информативности радиографического контроля с помощью ROC-анализа // Контроль. Диагностика, 2019. №5. Режим доступа http://ndtgrad.ru/Article_131_kolichestvennaya-ocenka-informativnosti-radiograficheskogo-kontrolya-s.htm#.