

УДК 620.179.152

**ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ НА СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ****Сомпольцева Анна Александровна,**

Старший преподаватель

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

a.sompoltseva@narfu.ru

Емченко Светлана Владимировна,

Старший преподаватель

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

s.emchenko@narfu.ru

Лукин Сергей Викторович,

Бакалавр

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

lukin.s.v@edu.narfu.ru

Аннотация

Приведены основные этапы внедрения на судостроительном производстве систем цифровой радиографии. Описаны технические ограничения при переходе с пленочных систем на цифровые в условиях судостроения.

Ключевые слова: цифровая радиография; неразрушающий контроль; судостроение, цифровой детектор; радиографический метод, рентген, гамма-излучение.

**IMPLEMENTATION OF DIGITAL RADIOGRAPHY IN SHIPBUILDING
PRODUCTION****Sompoltseva Anna Alexandrovna,****Yemchenko Svetlana Vladimirovna,**

Senior lecturer

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

s.emchenko@narfu.ru, a.sompoltseva@narfu.ru

Lukin Sergey Viktorovich ,

Bachelor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

lukin.s.v@edu.narfu.ru

ABSTRACT

The main stages of implementation of digital radiography systems in shipbuilding production are presented. The technical limitations of the transition from film systems to digital systems in the conditions of shipbuilding are described.

Keywords: digital radiography; non-destructive testing; shipbuilding, digital detector; radiographic method, X-ray, gamma radiation.

В условиях современной конкуренции судостроительные предприятия сталкиваются с необходимостью постоянного повышения качества и производительности. Важную роль в достижении этих целей играет неразрушающий контроль (НК). Внедрение цифровой радиографии позволит вывести процессы контроля на качественно новый уровень. Стоит отметить, что уникальность такого внедрения состоит в масштабном применении цифровых радиографических систем отечественного производства, что позволяет эффективно решать задачи импортозамещения и соответствовать национальной политике технологической независимости.

Традиционная пленочная радиография, хотя и является надежным методом контроля, обладает рядом существенных недостатков: высокая стоимость расходных материалов, относительно низкая производительность (требуется затрачивать время на проявку снимков), зависимость качества результата от человеческого фактора и низкая степень автоматизации. В виду того, что ежегодный объем контроля составляет свыше 400 тысяч радиографических снимков (рисунок 1), внедрение цифровых технологий в области радиографии приобретает особую актуальность, так как позволяют нивелировать вышеуказанные недостатки [1, 2].

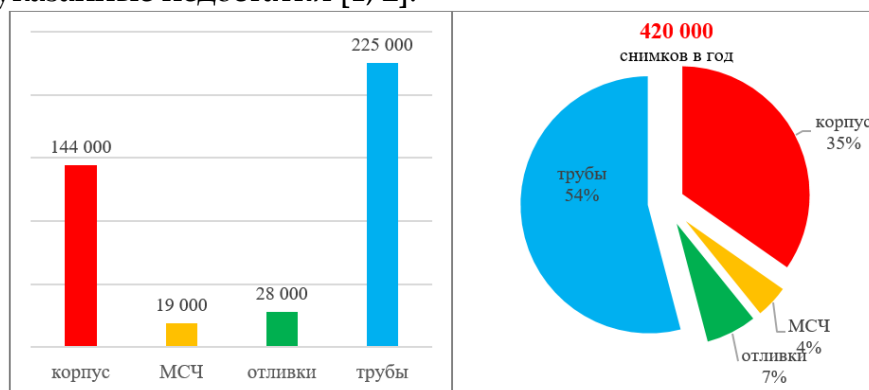
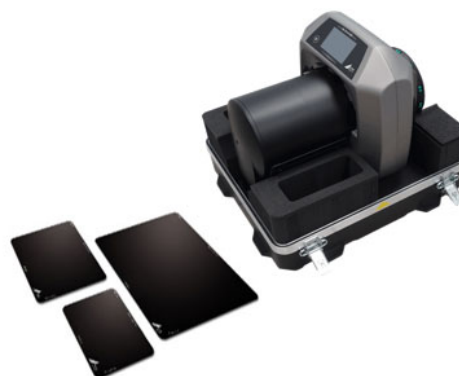


Рисунок 1 – Объем радиографического контроля в год

На сегодняшний день цифровая радиография представлена двумя ключевыми технологиями: компьютерной радиографией (CR), использующей гибкие запоминающие пластины, и прямой цифровой радиографией (DR) на базе плоскочувствительных детекторов (рисунок 2 <https://newcom-ndt.ru/ploskopanelnye-detektory/rentgentelevizionnaya-sistema-kapat-ptc/kompleks-tsifrovoj-radiografi-karat-rt-3543>, <https://newcom-ndt.ru/tsifrovaya-radiografiya/accessories/image-plates>, <https://newcom-ndt.ru/tsifrovaya-radiografiya/cr-system/hdcr35ndt>) [3].



Цифровые плоскопанельные
детекторы



Сканер гибких
запоминающих пластин

Рисунок 2 – Системы цифровой радиографии

Учитывая специфику цифровой радиографии, выделяются преимущества и недостатки применительно к судостроительному производству:

плоскопанельные детекторы превосходят по эффективности традиционные методы контроля в стационарных условиях, особенно для однотипных изделий и серийного производства;

гибкие запоминающие пластины идеально подходят для мобильного использования и контроля объектов сложной геометрической формы, где применение детекторов затруднено;

при использовании гамма-излучения наоборот, обе системы показали снижение качества и производительности контроля по сравнению с пленкой, что критически важно при контроле ответственных конструкций на монтаже (рисунок 3) [4].

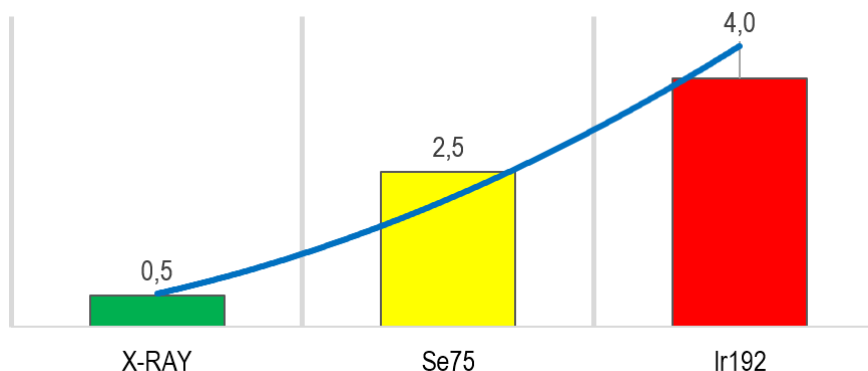
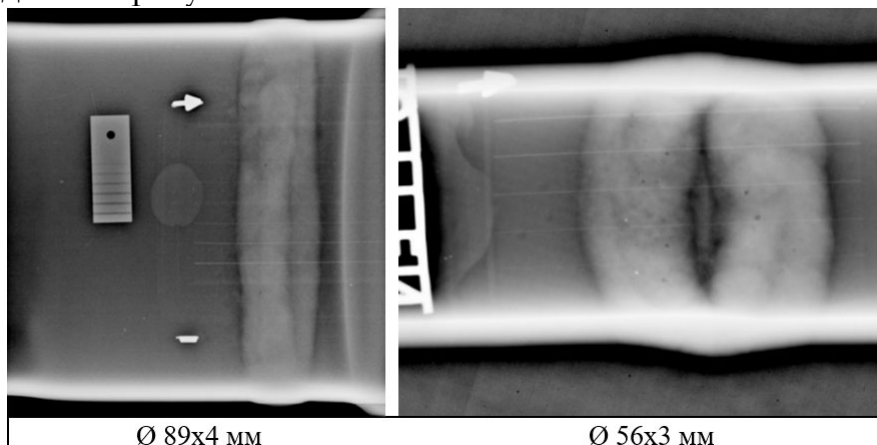


Рисунок 3 – Зависимость времени просвечивания от источника излучения относительно радиографической пленки Agfa D4

В ходе проведенных опытных работ получено несколько сотен снимков, которые дают полное представление об обеих технологиях. Несколько цифровых снимков приведены на рисунках 4 и 5.



Ø 89x4 мм

Ø 56x3 мм

Рисунок 4 – Цифровые снимки сварных швов трубопроводов

Слева – снимок получен на гибкую запоминающую пластину, справа – на детектор.

Источник излучения – рентгеновский аппарат.

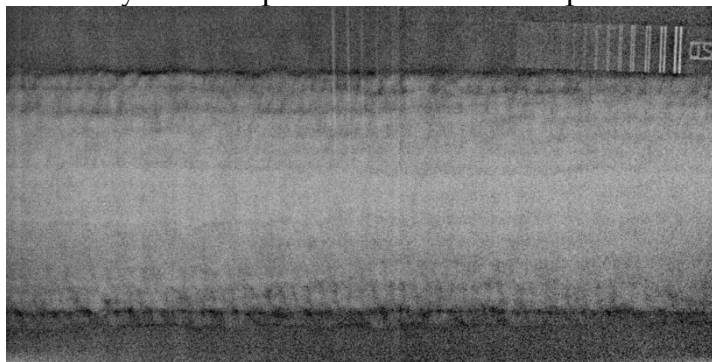


Рисунок 5 – Сварное соединений толстостенной корпусной конструкции

Источник излучения Со60.

Исходя из приобретенного опыта и учитывая риски при внедрении новой технологии наиболее рациональным является поэтапное внедрение систем цифровой радиографии, сначала контроль с применением рентгеновских аппаратов (первый этап), затем после проведения дополнительных опытных работ – с помощью источников гамма-излучения (второй этап).

Расчеты, подкрепленные опытной эксплуатацией, подтвердили экономическую эффективность. Благодаря сокращению расходов на расходные материалы и снижение трудозатрат на проявку снимков возможно добиться существенного экономического эффекта. Уже на первом этапе можно осуществлять перевод на цифровую технологию около половины всего объема проводимого радиографического контроля, включая ключевые производственные участки радиационной дефектоскопии.

Перспективным направлением является интеграция радиографии с современными системами управления производством и технологией искусственного интеллекта (ИИ) в процессы анализа и расшифровки цифровых снимков. Опыт применения ИИ в медицинской диагностике и промышленности подтверждает возможность и целесообразность его применения в судостроении, обеспечивая высокую точность обнаружения дефектов и снижая влияние человеческого фактора.

Таким образом, проект внедрения цифровой радиографии является уникальным для российской судостроительной отрасли, так как впервые комплексно сочетает массовое использование отечественного цифрового оборудования и создание технологической платформы для дальнейшего инновационного развития предприятия и отрасли в целом.

Дальнейшая интеграция систем цифровой радиографии с платформами управления производством и алгоритмами искусственного интеллекта открывает перспективы для создания принципиально новой, высокоавтоматизированной системы контроля качества. Это закладывает прочный технологический фундамент для инновационного развития не только отдельного предприятия, но и всей судостроительной отрасли России, выводя ее на качественно новый уровень производительности, точности и конкурентоспособности.

Список литературы:

1. Багаев К. А., Мельникович Г.А. Компьютерная радиография: оборудование и стандарты/ журнал «Экспозиция. Нефть. Газ» №4 (29) (июнь 2013) с.54-58
2. Соколов Р.А. Цифровая радиография [Электронный ресурс]: учебное пособие / Соколов Р. А., Мамадалиев Р. А., Муратов К. Р. Тюмень: ТИУ, 2024. 76 с.

3. Бармаков Ю.Н. Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии / Ю. Н. Бармаков, В. И. Микеров, Д. И. Юрков. - Москва: Изд-во Эдитус, 2022. - 210 с.
4. Косарина, Е. И. Радиационные методы неразрушающего контроля: учебное пособие / Е. И. Косарина, О. А. Крупнина, А. В. Степанов. — Москва, 2022. — 328 с.

References:

1. Bagaev K. A., Melnikovich G. A. Computer radiography: equipment and standards / journal "Exposition. Oil. Gas" No. 4 (29) (June 2013) pp. 54-58
2. Sokolov R.A. Digital radiography [Electronic resource]: study guide / Sokolov R.A., Mamadaliev R.A., Muratov K.R. Tyumen: TIU, 2024. 76 p.
3. Barmakov Yu.N. Fundamentals of digital X-ray and neutron radiography / Yu. N. Barmakov, V. I. Mikerov, D. I. Yurkov. - Moscow: Editus Publishing House, 2022. - 210 p.
4. Kosarina, E. I. Radiation methods of non-destructive testing: a tutorial / E. I. Kosarina, O. A. Krupnina, A. V. Stepanov. - Moscow, 2022. - 328 p.