

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова**

**Общество с ограниченной ответственностью «Лик»**

**Общество с ограниченной ответственностью  
«Малое инновационное предприятие  
«Информационные и измерительные системы»**

**Общество с ограниченной ответственностью  
«Центр инновационных технологий и  
прикладных решений»**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ.  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ,  
ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА.**

*Материалы 18-ой Национальной молодежной  
научно-практической конференции*

*30-31 июля 2018 года  
г. Новочеркасск*

Новочеркасск  
Лик  
2018

УДК 519.876.5:61 + 378.4(470.61-21Новоч.)(063)  
ББК 22.18в6я43  
М 744



Конференция проведена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 18-38-10021

*Организаторы конференции:*

Министерство образования и науки РФ, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Общество с ограниченной ответственностью «Лик», Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Информационные и измерительные системы», Общество с ограниченной ответственностью «Центр инновационных технологий и прикладных решений»

*Программный комитет конференции:*

Н.И. Горбатенко (РФ), профессор – председатель;  
М.В. Ланкин (РФ), доцент – зам. председателя;  
В.В. Гречихин (РФ), профессор;  
Н.Д. Наравидзе (РФ), доцент;  
Ю.Р. Кривченко (РФ), доцент;  
М.К. Нгуен (СРВ), доцент;  
Д.Л. Чан (СРВ), проректор GUST;  
Н. Б. Зыонг (СРВ), директор ТНИНТ.

*Организационный комитет конференции:*

Г.К. Александян, канд. техн. наук, доцент;  
Д.В. Шайхутдинов, канд. техн. наук, доцент;  
И.Д. Щербаков ассистент  
А.И. Кучер, аспирант;  
А.М. Ланкин ст. преподаватель;

М 744 Моделирование. Фундаментальные исследования, теория, методы и средства»: материалы 18-ой Национальная молод. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 30-31 июля 2018г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – 404 с.  
ISBN 978-5-906993-64-9

Сборник содержит материалы, представленные на восемнадцатую Национальную молодежную научно-практическую конференцию «Моделирование. Фундаментальные исследования, теория, методы и средства» и отражает современные тенденции в области моделирования.

УДК 519.876.5:61 + 378.4(470.61-21Новоч.)(063)  
ББК 22.18в6я43

ISBN 978-5-906993-64-9

© Авторы, 2018

<i>Анзина А.В., Анзин И.В.</i> СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАНДАТНОГО РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА	215
<i>Лищенко А.В., Пьялеченко А.О.</i> ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПОСТРОЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ АДАПТИВНОГО РЕЗОНАНСА (АРТ-1, АРТ-2)	217
<i>Набирухина Л.Л., Черников Д.Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ СТАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОПЕРАТОРА ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА	218
<i>Анзина А.В., Анзин И.В.</i> АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	223
<i>Яценко Н.А., Плотников Д.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ, СОПРОВОЖДЕНИЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ДАННЫХ УСТРОЙСТВА MODBUS	225
<i>Парфинович Д.Р., Афанасьев В.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЧУА	229
<i>Лобов В.А., Афанасьев В.В.</i> ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛОРЕНЦА	231
<i>Ишмуков Д.А., Афанасьев В.В.</i> ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЧУА	234
<i>Ланкин А.М., Акулов М.С., Ланкина М.Ю.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ СТЕНДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	237
<i>Ланкин А.М., Акулов М.С., Ланкина М.Ю.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	242

#### Секция 5

##### Математические модели в медицине, биологии и экологии

<i>Шигин Г.В., Потехин М.Е., Авдеева Д.К.</i> РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗОМ КИСТИ РУКИ	248
<i>Чусова Ю.С.</i> АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ	249
<i>Будко Р.Ю., Будко А.Ю., Чернов Н.Н.</i> ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ОГИБАЮЩИХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ЛИЦЕВЫХ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА	251
<i>Медведева Е.И.</i> ОБРАБОТКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ СЪЕМЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ (ЭЭГ), В СРЕДЕ EXCEL	256
<i>Будко Р.Ю., Будко А.Ю., Ильченко Д.Н.</i> АЛГОРИТМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА	265

#### Секция 6

##### Физическое моделирование в науке, технике, медицине, биологии и экологии

<i>Пуховский В.Н., Шушура А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	269
<i>Шандыба Н.А., Панченко И.В., Коломийцев А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	274
<i>Мещерин М.В., Попов М.А., Черников Д.Ю.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЕРИФИКАЦИИ БЕСКОНТАКТНЫХ SMART-KART В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	277
<i>Архипова Л.М., Воейко О.А.</i> ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	278
<i>Алатар А.И., Михайлов А.А.</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАДАЧИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	283
<i>Алатар А.И., Михайлов А.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	292
<i>Привалов В.И., Щеглов П.А., Шестаков А.С., Голубев А.П.</i> РАЗРАБОТКА ТОКОПРОВОДЯЩИХ КЛЕЕВ И ГЕРМЕТИКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	301

## ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Л.М. Архипова, e-mail: lusiena.82@bk.ru, О.А. Воейко, e-mail: olga\_voeyko@mail.ru,*  
ГБОУ ВО МО «Технологический университет», г. Королев

В данной статье рассмотрены два метода оценки качества рентгеновского контроля сварных соединений. Существующий на предприятии метод рентгеновского контроля сварных соединений высокочувствителен и точно определяет место и размер дефекта. Однако имеет ряд недостатков: сложность управления, высокая трудоемкость и небезопасность работ для человека. Альтернативный метод благодаря более широкому, чем у пленки, динамическому диапазону дает возможность исследовать и контролировать детали более сложной формы с большей толщиной, дозы облучения существенно меньше и, кроме того, информацию можно получить гораздо быстрее. Этим методом является метод компьютерной радиографии.

**Ключевые слова:** контроль качества, рентгенконтроль, сварной шов.

## CHOOSE A METHOD ASSESSING THE QUALITY OF WELDED JOINT BY X-RAY CONTROL

*L.M. Arkhipova, O.A. Voeyko*  
University of Technology, Korolev

This article describes two methods of assessing the quality of welded joints by X-ray control. The existing method of X-ray control of welded joints is quite effective and accurately determines the location and the size of the defect. However, it has a number of disadvantages: the equipment is difficult to control, the method requires much work and is not safe for a laboratory assistant. Due to a wider dynamic range than the film an alternative method enables to examine and control thicker and complexly shaped products. Also the doses of the radiation are much smaller and, in addition, the result can be got much faster. This method is a method of computer radiography.

**Keywords:** quality control, x-ray control, weld.

На предприятиях космического машиностроения широко применяются различные методы контроля. Неразрушающий контроль зарекомендовал себя как информативный и менее затратный способ оценить качество продукции. Неразрушающий контроль повсеместно используется на всех стадиях изготовления деталей. Наиболее широкое применение на предприятиях машиностроения получили несколько способов (рис. 1).

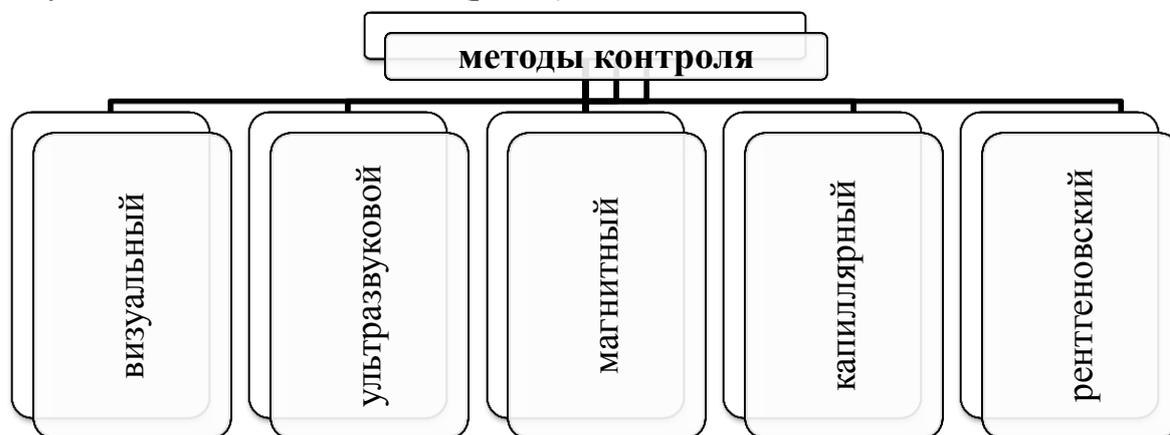


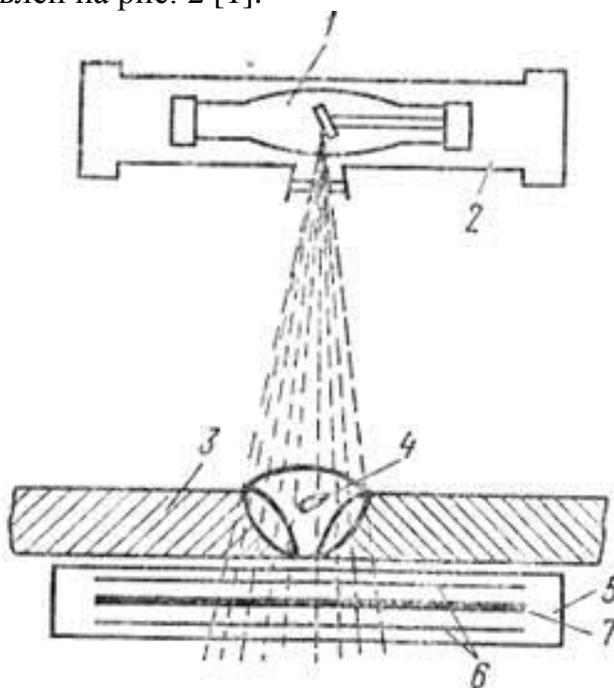
Рис. 1 - Методы неразрушающего контроля на предприятиях машиностроения

Одним из наиболее часто применяемых способов контроля в машиностроении является рентгеновский способ. Рентгеновский метод контроля является достаточно информативным, он позволяет выявить внутренние дефекты сварных соединений и просмотреть полости основного металла. Он основан на различной проницаемости для коротковолновых электромагнитных колебаний сплошного металла и различных неоднородностей, в нём находящихся, заполненных шлаками, окислами и газами. Поглощение коротковолновых лучей металлом значительно сильнее поглощения их неметаллическими включениями.

Для проведения рентгеновского контроля, в настоящее время, на предприятиях применяются специальные мощные рентгеновские аппараты для просвечивания металлов РУПы, РАПы, и более современные *KODAK*:

- стационарные, используются для просвечивания в лабораторных условиях;
- передвижные, используются для испытаний в заводских цехах и открытой местности.

Процесс проведения контроля качества с помощью рентгеновского просвечивания представлен на рис. 2 [1].

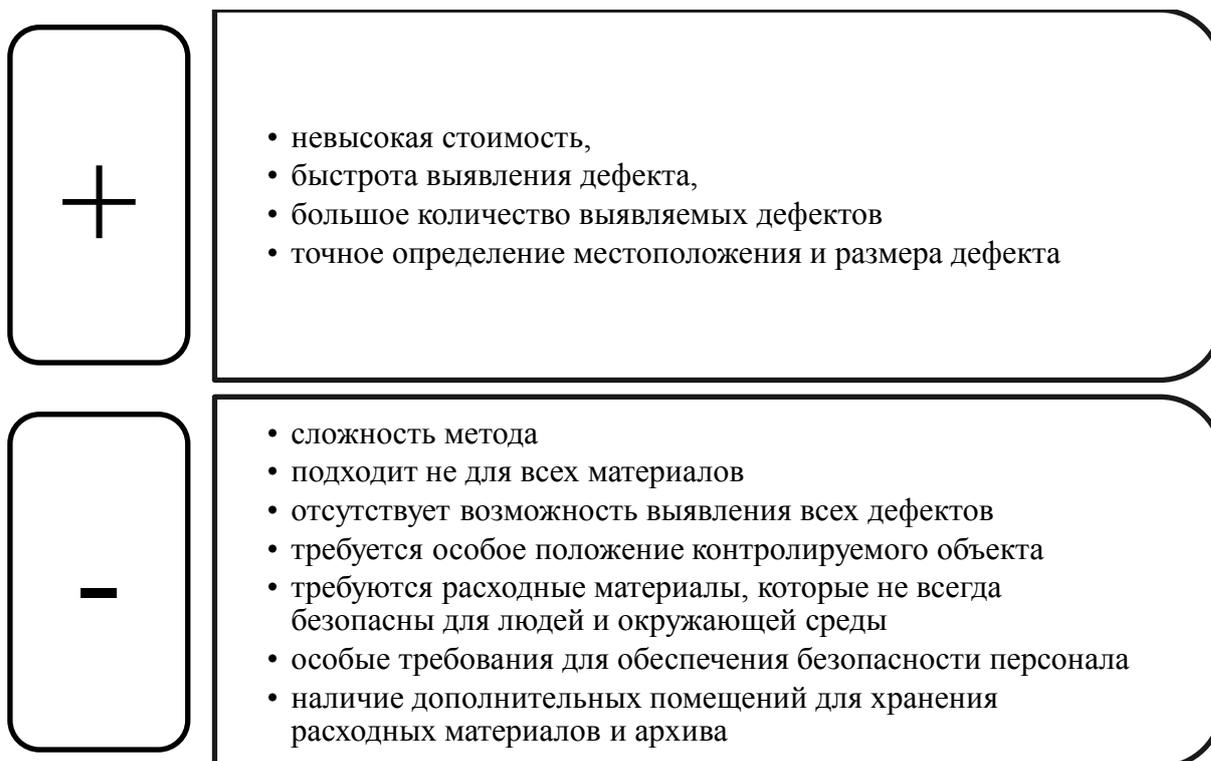


**Рис. 2- Схема контроля качества рентгеновского просвечивания:**

1 – рентгеновская трубка, 2 – футляр со свинцовым экраном, 3 – изделие, 4 – дефект,  
5 – кассета, 6 – экран, 7 - рентгенопленка

Данный метод отлично зарекомендовал себя почти на всех предприятиях машиностроительного комплекса. Однако, данный метод имеет как плюсы, так и минусы [2]. Неоспоримые преимущества и недостатки представлены на рис. 3.

Данный метод, бесспорно, сложен, но с появлением новых технологий рентгеновский метод претерпел изменения. В настоящее время, на большинстве предприятий машиностроения, внедрён, и с успехом, функционирует новейший метод компьютерной радиографии.



**Рис. 3- Преимущества и недостатки рентгеновского контроля**

Метод компьютерной радиографии основан на использовании способности некоторых люминофоров накапливать скрытое изображение, которое формируется в кристаллах, когда электроны, образующиеся в них в результате облучения рентгеновским или гамма-излучением, захватываются на энергетические уровни и остаются на них в течение длительного времени. Из этого состояния они могут быть выведены возбуждением лазерным пучком. Упрощенная зонная схема процесса приведена на рис. 4)

Поскольку считывание информации, записанной на флуоресцентную запоминающую пластину, возможно лишь с использованием современной компьютерной техники, этот вид записи получил название компьютерной, или цифровой радиографии. Аппарат для цифровой радиографии представлен на рис. 5.

Свойства люминесцентных запоминающих составов известны уже давно, однако, первый коммерческий сканер (основной элемент системы компьютерной радиографии) был разработан и выпущен компанией *Fuji* в 1983 г. С тех пор различными фирмами (*AGFA*, *Kodak* и др.) было выпущено несколько моделей сканеров. В компьютерной радиографии для получения изображения вместо плёнки применяется специальная пластина многократного пользования. Кассеты с такими пластинами имеют типовые для рентгеновской плёнки размеры 18x24, 18x30, 24x30 и 35x43 см. Для запоминания изображений в пластине использован слой с фотостимулируемой памятью это сложное химическое соединение. Под действием рентгеновского или гамма-излучения электроны внутри «флуоресцентных» кристаллов возбуждаются и переходят в квазистабильное состояние. Специальный считыватель сканирует экспонированную пластину лазерным пучком [2].

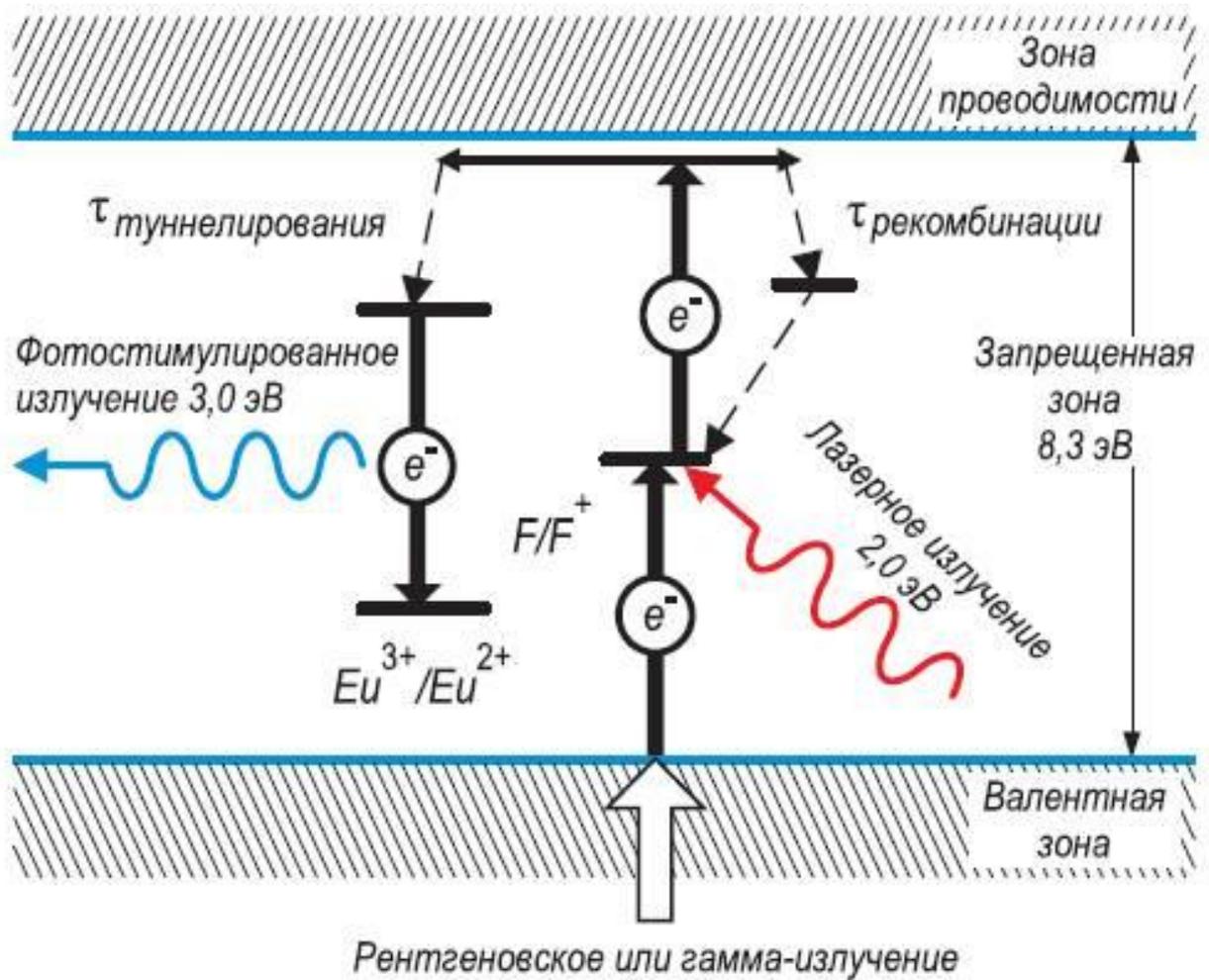


Рис. 4 - Образование скрытого изображения на флуоресцентной запоминающей пластине под действием рентгеновского или гамма-излучения (концентрация электронов на уровнях пропорциональна интенсивности излучения)



Рис. 5 - Аппарат для цифровой радиографии

Все параметры прибора оптимизированы таким образом, чтобы получить изображение, эквивалентное получаемому на плёнке, соответствующего типа. Однако в отличие от плёнки это изображение может быть улучшено, отмасштабировано, архивировано, растровано и за несколько секунд направлено по электронной почте в любое место без потери качества. На рис. 6 показано, как с помощью компьютерной программы можно расшифровать изображение, выявить дефекты и дать заключение о годности изделия.

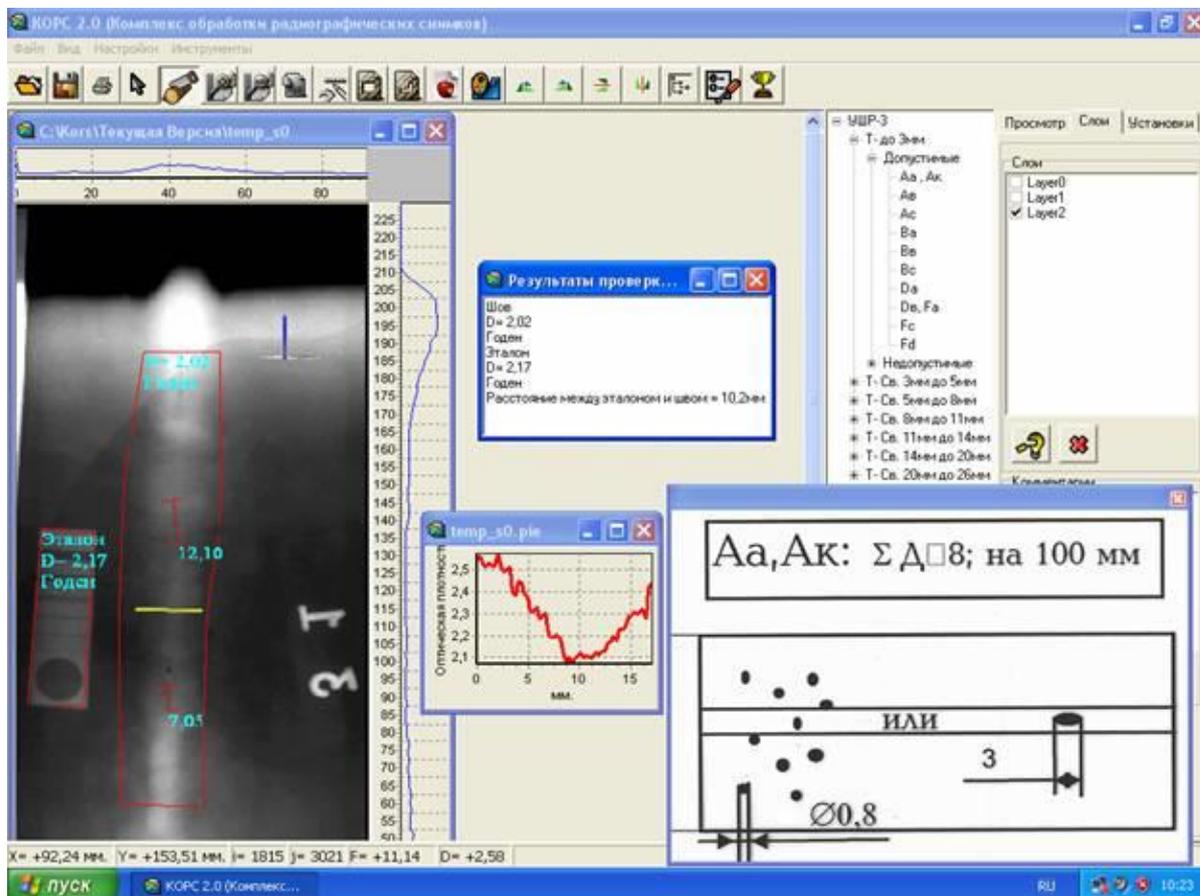


Рис. 6– Анализ сварного шва с помощью компьютерной программы

Преимущества цифровой радиографии:

- быстрота получения информации;
- исключается «мокрая» технология обработки плёнки;
- дозы облучения существенно меньше необходимых для экспонирования обычной плёнки (при сравнительно низких энергиях для получения изображения одинакового качества, например в случае пленки, AGFA, напряжение на трубке можно уменьшить на 30 %, а время экспозиции - в 10 раз;
- благодаря более широкому, чем у плёнки динамическому диапазону появляется возможность исследовать и контролировать детали более сложной формы с большей толщиной;
- пластина для записи является многоразовой, допускается экспонирование до 30 тыс. раз;
- имеется возможность архивирования информации в компьютере на различных носителях, делать необходимое количество идентичных копий, использовать

электронную почту для передачи информации; время хранения лазерного диска без потери информации составляет не менее 30 лет;

- прямое получение цифровых изображений позволяет отказаться от оборудования для оцифровки рентгеновских плёнок;
- уже сейчас достижимое пространственное разрешение при считывании составляет 10 пар линий/мм, что позволяет получать изображения чрезвычайно высокого качества.

Недостатки цифровой радиографии:

- радиографическое качество применяемых сейчас запоминающих пластин примерно соответствует крупнозернистой высокочувствительной плёнке РТ-7, что ограничивает сферу применения обсуждаемой техники; однако недостаток этот следует считать временным, поскольку уже разработаны и скоро начнут выпускаться пластины, соответствующие по радиографическому качеству плёнкам РТ-4, а так же аналогичным импортным *AGFA* и *KODAK*.
- чувствительность контроля, полученная при испытаниях систем компьютерной радиографии, в различных лабораториях составляет 1,6 % и имеет тенденцию к некоторому ухудшению при более высоких энергиях; выпуск нового поколения запоминающих пластин, адаптированных к задачам промышленного НК (сейчас используются пластины, применяемые в медицине) решает и эту проблему;
- при увеличении энергии рентгеновского излучения имеется тенденция к увеличению времени экспозиции (хотя оно все равно существенно меньше необходимого для экспозиции плёнки).

Российских стандартов по компьютерной радиографии пока не существует. Однако существуют европейские и американские стандарты, регламентирующие деятельность в области компьютерной радиографии.

Оборудование такого типа пока ещё является не дешёвым, оценку его окупаемости надо производить, учитывая, что при его использовании отпадает необходимость в рентгеновской плёнке, оборудовании для проявки, сушки, помещениях, персонале и т. д.

#### Список цитируемой литературы

1. Беляев В.Н., Фирсов А.М. Лабораторный практикум: учебное пособие/ В.Н. Беляев, А.М. Фирсов. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – 104 с.
2. Архипова Л.М., Воейко О.А. К вопросу о выборе метода оценки качества рентгенконтроля сварных соединений // Научно-практический рецензируемый журнал «Современные материалы, техника и технологии». №5 (13), 2017 ISSN 2411-9792

© Архипова Л.М., Воейко О.А. 2018