

а) б)  
 Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента отражения для фантома биологической среды (кривая 1 – шарик пропитан водой, кривая 2 – шарик пропитан спиртом).

#### Список литературы:

- [1] Gabriel S., Gabriel S., Corthout E. // *Phys. Med. Biol.* 1996. V. 41. No. 11. P. 2231-2249.  
 [2] Gabriel S., Lau R.W., Gabriel C. // *Phys. Med. Biol.* 1996. V. 41. No. 11. P. 2251-2269.  
 [3] Gabriel S., Lau R.W., Gabriel C. // *Phys. Med. Biol.* 1996. V. 41. No. 11. P. 2271-2293.  
 [4] Hagl D.M., Popovic D., Hagness S.C., Booske J.H., Okoniewski M. // *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques.* 2003. V. 51. No. 4. P. 1194-1206.  
 [5] Lazebnik M., McCartney L., Popovic D., Watkins C.B., Lindstrom M.J., Harter J., Sewall S., Magliocco A., Booske J.H., Okoniewski M., Hagness S.C. // *Phys. Med. Biol.* 2007. V. 52. No. 10. P. 2637-2656.  
 [6] Пат. 2381008 РФ, МПК А61В5/04, А61В5/05. Способ измерения электродинамических параметров биологических тканей и устройство для его осуществления / В.Е. Загайнов, А.В. Костров, А.В. Стриковский, Д.В. Янин, Г.Г. Горохов, С.А. Васенин, Г.А. Пантелева, И.Н. Дружкова (РФ). № 2 008 122 815 / 14; заявл. 05.06.2008; опубл. 10.02.2010, Бюл. № 4. – 2 с.  
 [7] Reznik A.N. // *Journal Applied Physics.* 2014. V. 115. No. 8. P. 084501-8.  
 [8] Беличенко В.П., Запасной А.С., Шестаков П.В. // *Оптика и спектроскопия.* 2015. Т. 118. № 4. С. 633-636.  
 [9] Harrington R.F. // *New York: Wiley,* 2001. 480 p.  
 [10] Резник А.Н., Юрасова Н.В. // *Журнал технической физики.* 2006. Т. 76. № 1. С. 90-104.

### СИСТЕМА УФ-ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ

Калиниченко Алексей Николаевич<sup>1</sup>, Лобанова Ирина Сергеевна<sup>1</sup>, Калиниченко Николай Петрович<sup>2</sup>, Соснин Эдуард Анатольевич<sup>3</sup>, Гальцева Ольга Валерьевна<sup>1</sup>

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»<sup>1</sup>

Аттестационный региональный центр специалистов неразрушающего контроля, г. Томск<sup>2</sup>

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»<sup>3</sup>

[lex-k@tpu.ru](mailto:lex-k@tpu.ru)

Люминесцентный метод капиллярного контроля, в отличие от цветного должен проводиться в условиях затемнения и требует применения ультрафиолетовых (УФ) облучателей, так как поверхностные дефекты обнаруживаются по светящимся индикаторным следам на проявляющем покрытии (проявителе) в местах расположения несплошностей. [1] Для увеличения флуоресценции пенетрантов в видимой области спектра и, соответственно, повышения контрастности изображения, существует два направления развития. Это разработка новых химических составов дефектоскопических материалов [2] и/или использование высокоэффективных УФ-облучателей, обеспечивающих увеличение интенсивности возбуждения состояний пенетранта. В последнее время наиболее популярными источниками УФ-излучения в люминесцентном методе контроля являются ртутные и светодиодные.

УФ-лампы имеют широкий спектр излучения, который ограничивают светофильтром, выделяя диапазон от 300-315 до 400 нм и обеспечивая максимум излучения на длине волны 365 нм [3]. Облучение такими лампами позволяет увеличить интенсивность свечения индикаторных следов. Недостатком таких

устройств является наличие в колбе лампы опасного элемента – ртути. Лампы сильно нагреваются и требуют охлаждения потоком воздуха, что усложняет конструкцию и увеличивает вес оборудования. Это в свою очередь усложняет реализацию способа в полевых условиях.

Светодиодные фонари не требуют специального охлаждения, не являются источниками озона, обеспечивая спектр излучения, близкий по составу к спектру ртутных ламп, хотя и не содержат ртути. Недостатком использования светодиодных фонарей является узкая фокусировка светового луча, что делает затруднительным осмотр габаритных объектов и регистрацию протяженных дефектов. Кроме того, высокая яркость излучения светодиодов вызывает размывание контуров дефекта в фокусном пятне, что затрудняет их фото и видеофиксацию.

В рассматриваемой системе для облучения УФ-излучением используют эксилампы на молекулах ХеСl\*, имеющие максимум интенсивности излучения на 308 нм, полуширину спектров до нескольких нанометров [4]. Такие лампы удовлетворяют следующим требованиям к облучателям для люминесцентного контроля: 1) обеспечивают энергетическую достаточную облученность для проведения контроля по всем классам чувствительности; 2) выходят на рабочий режим за несколько секунд; 3) обеспечивают непрерывную работу в течение 8 ч и более и способны работать в диапазоне рабочих температур от – 10 до + 35 °С; 4) имеют вес до 1 кг; 5) не содержат ртути и сравнительно электробезопасны, что снижает количество факторов опасности для оператора.

Конкретным примером, доказывающим работоспособность способа, является сравнительный эксперимент, проведенный с использованием эксиламп на молекулах ХеСl\* с одной стороны и таких источников УФ-излучения как ртутная лампа Magnaflux ZB-100F и светодиодный фонарь Labino Torch Spotlight. После проведения процедуры капиллярного контроля по II классу чувствительности проводили регистрацию выявленных индикаторных следов с применением дефектоскопических наборов Magnaflux, Вусотест и Sherwin. Результаты, полученные с использованием люминесцентного пенетранта Magnaflux ZL-60С представлены на рис. 1. При использовании остальных дефектоскопических наборов получили схожие результаты – все несплошности выявляются уверенно.

Сравнительный анализ результатов, полученных с использованием трех различных источников УФ-излучения выявил следующее:

- при облучении ртутной лампой индикаторные следы просматриваются хорошо, но образуется эффект засветки изображения в виде красноватого фона вследствие отражения УФ-лучей от объекта контроля;
- засветка при облучении светодиодным фонарём более яркая, чем при облучении другими источниками, но индикаторные следы, попадающие во «внешнюю» область фокусного пятна светодиодного фонаря просматриваются слабо;
- эксилампа позволяет уверенно зарегистрировать индикаторный след, который хорошо контрастирует с фоном, а засветка отсутствует.

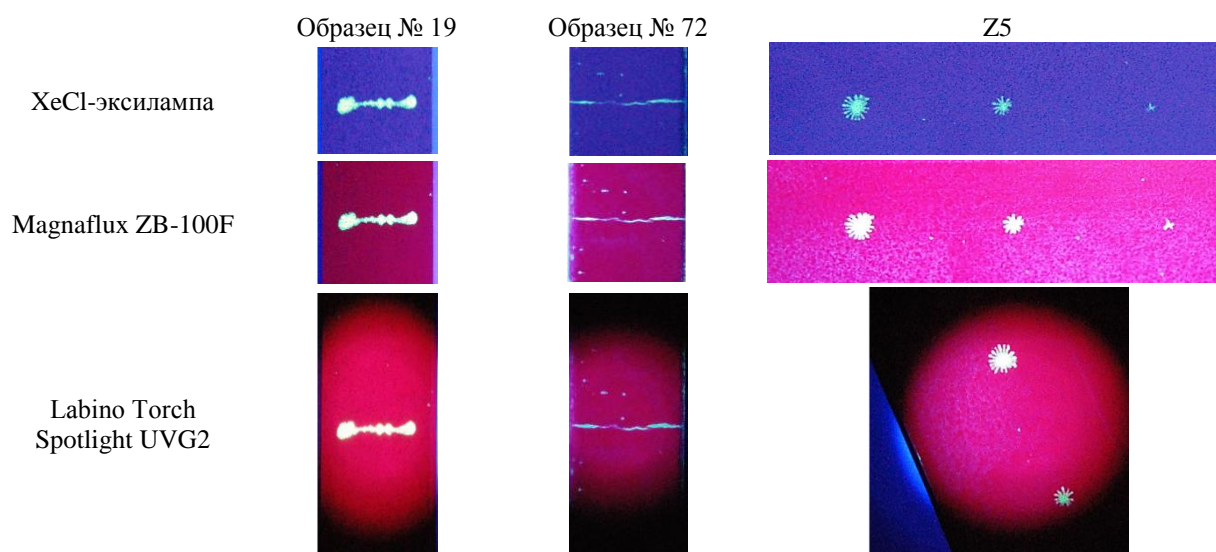


Рис.1 Сравнительная таблица результатов контроля с использованием пенетранта Magnaflux ZL-60С

Таким образом, испытания показали, что в сравнении с другими способами предложенная система обеспечивает получение ровных контуров индикаторных следов с одновременным сохранением простоты и оперативности процедуры. В отличие от светодиодов эксилампа позволяет освещать протяженные объекты, а в силу её компактности её удобно применять не только в лабораторных, но и в полевых условиях.

#### Список литературы:

- [1] Н.П. Калининко, А.Н. Калининко // Капиллярный контроль: учебное пособие для подготовки специалистов I, II и III уровня / Томский политехнический университет, Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 292 с.
- [2] Глазков Ю.А., Пономарева О.В., Хролова О.Р. Пенетрант для цветной капиллярной дефектоскопии // Патент RU № 2331061. G 01 N 21/91. Приоритетная дата: 26.03.2007.
- [3] Еремин Н.И., Филимонова Е.А. Физические основы люминесцентной и цветной дефектоскопии. В кн.: Физико-химические исследования металлов / под ред. И.Р. Крякина: Труды ЦНИИТМАШ, 1960. № 11, С. 88-101.
- [4] Бойченко А.М., Ломаев М.И., Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксцилмпы: физика, техника и применения. Томск: STT, 2011. 512 с.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

### ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ГОРОДЕ КАРАГАНДА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

*Якупова Оксана Валерьевна, Булатбаев Феликс Назымович  
Карагандинский государственный технический университет  
Юрченко Алексей Васильевич, доктор технических наук, профессор  
[ok-1979@mail.ru](mailto:ok-1979@mail.ru)*

Вопросами неразрушающего контроля (НК) в Караганде занимаются 16 аттестационных центров и компаний, которые не только проводят экспертизы в области промышленной безопасности, но и ведут подготовку, переподготовку, повышение квалификации и аттестацию специалистов. В соответствии с требованиями ИСО/МЭК 17024 осуществляется управление и администрирование системой сертификации (при необходимости, с привлечением уполномоченных организаций), включая все процедуры, необходимые для подтверждения достаточной квалификации кандидата для выполнения работ по конкретному методу неразрушающего контроля в секторе продукции или промышленном секторе, с получением сертификата

Основной задачей является независимая от заинтересованных сторон аттестация специалистов на соответствие квалификационным уровням согласно требованиям промышленной безопасности.

Организационная структура аттестационных центров НК, обеспечивает охват всех аспектов аттестации специалистов. Структура включает в себя: группу обеспечения – Научно-инженерный отдел; экзаменационный центр – Учебная часть; группу аттестации – Отдел аттестации.

Обучение слушателей курсов проводится на основе методик и учебных программ, разработанных специалистами аттестационных центров НК и согласованных с Департаментом по ЧС Карагандинской области. Учебные программы соответствуют требованиям нормативно-технической документации РК, а также требованиям международных стандартов.

Аттестационными центрами выполняются работы на декларируемых объектах, выдаются документы, удостоверяющие соответствие технических устройств, технологий и материалов требованиям промышленной безопасности, проводятся экспертизы в области промышленной безопасности, проводится подготовка, аттестация, переаттестация и повышение квалификации специалистов в области неразрушающего контроля. В настоящее время, это квалифицированный и сертифицированный персонал в следующих областях:

- специалисты по НК
- специалисты программы по трубопроводам
- инспекторы стационарного оборудования
- инженеры по коррозии.

Сертификация на профессиональный (квалификационный) уровень проводится по одному или нескольким методам неразрушающего контроля:

- a) акустико-эмиссионный контроль;
- b) контроль вихревыми токами (вихретоковый);
- c) инфракрасный термографический контроль;
- d) течеискание (за исключением гидравлических испытаний);
- e) магнитный контроль;
- f) контроль проникающими жидкостями;
- g) радиографический контроль;