



Технологии НК

## Application of Computer Modeling for Choosing the Type of X-Ray Tube and Exposure Time

**S. S. Kozlovsky, K. A. Bagaev**

The topic of the article is the choice of X-ray tube and exposition time for different thicknesses. Computer modeling is proposed instead of experimental parameter selection. Some sample calculations of exposition time for different anode voltages and different thicknesses of iron plates.

# Выбор типа рентгеновской трубки и времени экспозиции с помощью компьютерного моделирования

Радиационный контроль

Одним из основных методов НК является рентгеновский. Источником излучения обычно является рентгеновская трубка, детектором – РЭОП, рентгеновская пленка, плоскочувствительный детектор и т.д. Промышленность предъявляет жесткие требования не только к качеству контроля, но и к его скорости. Время контроля зависит как от типа рентгеновской трубки, так и от материала образца. В каждом конкретном случае встает вопрос о выборе рентгеновской трубки и типа детектора с учетом времени контроля объекта. Перечисленные рентгеновские де-

текторы обладают достаточно тонким чувствительным слоем. Поэтому для наиболее эффективной регистрации излучения необходимо, чтобы средняя энергия рентгеновских квантов была оптимальной. При этом необходимо учитывать, что чем толще объект, тем сильнее поглощаются кванты низких энергий. Средняя эффективная энергия спектра возрастает.

Многие трубопрокатные заводы оснащают свои конвейеры современными установками НК. Весь производственный цикл таких предприятий давно отлажен, а значит требования ко времени контроля ограничены временем следования труб по конвейеру. Перед фирмами-изготовителями установок НК сразу встает вопрос, какую трубку и какой детектор выбрать. Лишь для некоторых материалов существуют таблицы с оптимальными значениями анодного напряжения для заданной толщины образца. Эти данные являются в основном эмпирическими и недостаточными. Обычный подход в этой ситуации – взять у заказчика образцы продукции и поэкспериментировать с разными трубками, разными детекторами. Этот процесс занимает достаточно много времени и является весьма дорогостоящим.

Для решения задачи в общем виде предлагается использовать компьютерное моделирование. Этот подход позволяет оптимально подобрать рентгеновскую трубку и время экспозиции под любую задачу. При этом изначально нет необходимости покупать рентгеновское оборудование и привозить образцы продукции.

На кафедре «Экспериментальная ядерная физика» СПбГПУ разрабатыва-

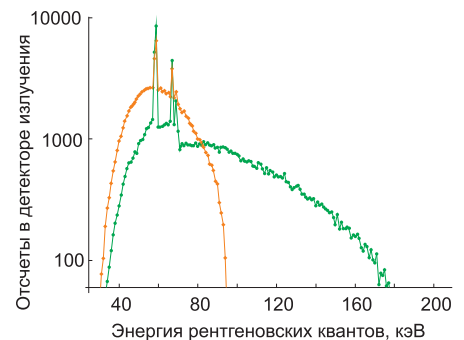


Рис. 1. Спектр рентгеновских квантов при напряжении на аноде 100 кВ (оранжевый) и 200 кВ (зеленый)

ется компьютерная программа для расчета прохождения излучения через вещество с помощью метода Монте-Карло (МСС). Эта программа позволяет создать точную трехмерную модель рентгеновской трубки и рассчитать спектр ее излучения для заданного напряжения на аноде. При этом подробно моделируются все детали трубки, например толщина и химический состав выходного окна. Программа рассчитывает перенос гамма-излучения в веществе (в частности, рентгеновского излучения) и электронов. При этом используются современные базы данных по процессам взаимодействия частиц с веществом. Была смоделирована рентгеновская трубка с вольфрамовым анодом и стандартным трехслойным выходным окном из меди толщиной 0,5 мм, бериллия толщиной 3 мм и алюминия толщиной 3 мм. Для этой трубки были рассчитаны спектры излучения для анодных напряжений 100, 150, 200, 250 и 300 кВ (рис. 1). В качестве образцов были выбраны железные пластины толщиной 10, 20,

## Об авторах



### Козловский Станислав Станиславович

Руководитель проектов  
ГП «Юнитест», к. ф.-м. н., доцент  
каф. «Экспериментальная ядерная физика» СПбГПУ. Научные интересы – радиационный вид НК.

### Багаев Кирилл Александрович

Инженер-программист  
ГП «Юнитест», аспирант каф.  
«Экспериментальная ядерная физика» СПбГПУ. Научные интересы – радиационный вид НК.

30, 40 и 50 мм. Моделировалось облучение каждой из этих пластин рентгеновскими квантами с рассчитанным спектром. Детектором был выбран сцинтиллятор CsI толщиной 0,5 мм. В результате было рассчитано число пар зарядов, генерируемых фотодиодной ячейкой на один квант рентгеновского излучения, падающего на объект (рис. 2).

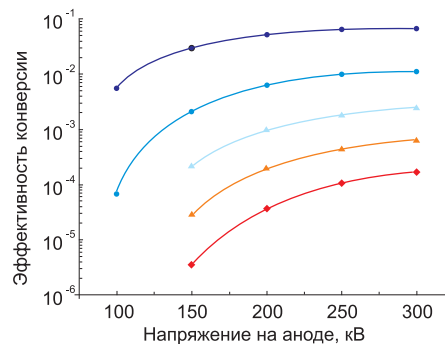


Рис. 2. Количество пар зарядов, генерируемых фотодиодной ячейкой на один квант рентгеновского излучения, падающего на пластину из железа толщиной: ● – 10 мм, ○ – 20 мм, ▲ – 30 мм, △ – 40 мм, ◆ – 50 мм

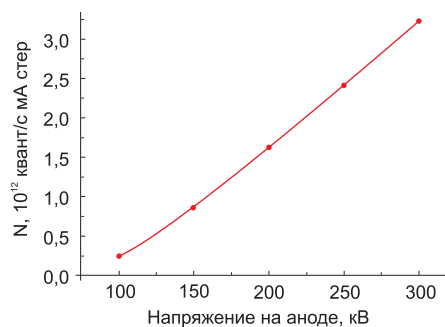


Рис. 3. Поток излучения трубки для разных значений напряжения на аноде, отнесенный к току анода, в единицу телесного угла

Чтобы получить реальное число пар зарядов, образующихся в зарядо-чувствительной матрице детектора за определенное время, необходимо знать поток излучения трубки в зависимости от анодного тока. Эту величину также можно получить с помощью компьютерного моделирования. Был рассчитан поток излучения для различных напряжений на аноде (рис. 3). Также

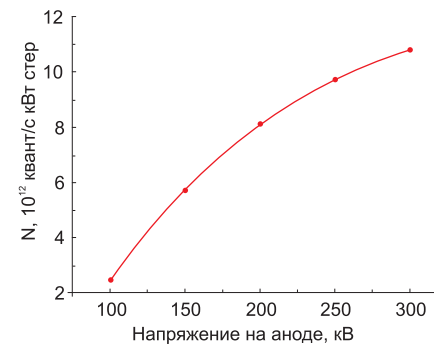


Рис. 4. Интенсивность излучения трубки для различных значений напряжения на аноде, отнесенная к потребляемой мощности в единицу телесного угла

была проведена нормировка потока на мощность, потребляемую трубкой (рис. 4). Известно, что статистический шум современных зарядо-чувствительных матриц составляет порядка 1000 зарядов на ячейку. Поэтому, чтобы добиться приемлемой контрастной чувствительности необходимо, чтобы в каждой ячейке образовывалось не менее 10<sup>6</sup> зарядов. Именно эта величина определяет время экспозиции. Вычисление числа пар зарядов и интенсивности излучения трубки позволило получить зависимости времени

экспозиции от напряжения (рис. 5 при мощности трубки 1 кВт).

В результате получен набор диаграмм, исходя из которых можно сделать выбор рентгеновской трубки для решения той или иной конкретной задачи. Например, для достижения приемлемой контрастности при просвечивании железного образца толщиной 30 мм при напряжении 200 кВ требует-

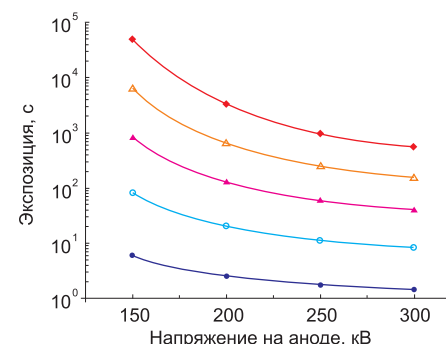


Рис. 5. Зависимость экспозиции от напряжения на аноде рентгеновской трубки для разных толщин образцов из железа: ● – 10 мм, ○ – 20 мм, ▲ – 30 мм, △ – 40 мм, ◆ – 50 мм

ся около 130 с, а для образца толщиной 50 мм при том же напряжении – около 4000 с. При напряжении 300 кВ получаем соответственно 40 и 700 с.

Такие диаграммы можно рассчитать для различных трубок и различных материалов. Создание модели и расчет спектров для новой задачи занимает на современном мощном компьютере несколько часов. Это намного быстрее и существенно дешевле проведения необходимых экспериментальных исследований.

Статья получена 16 ноября 2007 г.

## КОРОТКО

## СЕМИНАР «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Организатором семинара, в котором приняли участие более 50 представителей автомобильной промышленности, выступила Группа предприятий «Юнитест» (28 февраля 2008 г.).

Главная цель семинара – ознакомить специалистов по контролю качества и руководителей предприятий автопрома с новыми технологиями НК и с разработками ГП «Юнитест», позволяющими повысить достоверность и скорость контроля именно в автомобильной промышленности.

Семинар проходил в два этапа. Первый этап – выступления специалистов по различным методам НК: цифровой радиографии, рентгенотелевизионному и ультразвуковому контролю, магнитопорошковой, капиллярной и вихретоковой дефектоскопии.

Особый интерес участники семинара проявили к цифровой радиографии, автоматизированному измерению геометрических параметров объектов, УЗК точечной свар-



ки, толщинометрии покрытий и тестированию свойств материалов. Как и на любых отраслевых семинарах, большое внимание уделялось рентгенотелевизионному контролю и магнитопорошковой дефектоскопии. Высокий уровень профессиональной подготовки и компетентность докладчиков были по достоинству оценены участниками семинара.

В ходе второго этапа посетители семинара на собственных образцах могли испытать представленные средства НК, а при отсут-

ствии четких методик контроля специалисты ГП «Юнитест» оказывали консультации по подбору методик и средств контроля специфических объектов.

По словам участников, семинар был организован на высоком уровне и отличался чутким отношением ко всем гостям. Пожелания по регулярному проведению подобных обучающих семинаров, разумеется, будут учтены организаторами.

Этот семинар стал отправной точкой для активизации работы ГП «Юнитест» на рынке машиностроения и автомобильной промышленности. Помимо долгосрочной успешной работы с такими крупными отраслями российской промышленности как металлургическая, нефтегазовая, энергетическая и авиационная ГП «Юнитест» надеется на плодотворное сотрудничество и с представителями машиностроительной индустрии.

Пресс-служба ГП «Юнитест»