

5. Новиков Е.А. Явные методы для жестких систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предпр. РАН, 1997. – 195 с.
6. Nasyrova M.S., Shornikov Yu.V., Dostovalov D.N. «Architecture, implementation and performance optimization in organizing parallel computations for simulation environment» // Lecture Notes in Computer Science. - 2015. - Vol. 9251: (Parallel Computing Technologies: 13 intern. conf., PaCT 2015, Petrozavodsk, 31 Aug. – 4 Sept. 2015). - P. 536-545.
7. Хайпер Э., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально–алгебраические задачи. – М.: Мир. – 1999.
8. Шорников Ю.В., Новиков Е.А., Достовалов Д.Н. «Алгоритм численного конструирования областей устойчивости одношаговых методов» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610905. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2009.
9. Brown Peter N., Hindmarsh Alan C. Matrix Free Methods in the Solution of Stiff systems of ODEs, Lawrence Livermore National Laboratory, 1983. – 38 p.
10. Шорников Ю.В., Бессонов А.В. «Компонента спецификации моделей гибридных систем на языке LISMA\_PDE» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617191. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2015.
11. Бессонов А.В. «Компьютерное моделирование пространственно-временных гибридных систем» // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – №3.1(61). – С. 123–129.
12. Новиков Е.А., Шорников Ю.В. «Применение (2,1)-метода для моделирования гибридных систем» // Приложение к «Вестнику КрасГАУ», Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства – 2010 – №6. – С. 147-151.
13. Новиков А.Е., Новиков Е.А., Шорников Ю.В. «Аппроксимация матрицы Якоби в (2,2)-методе решения жестких систем» // Доклады АН ВШ РФ. – 2008. – №1(10). – С. 31-44.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)  
РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ТИПА  
ДЛЯ НУЖД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

*С.С. Баус, магистрант*

*Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56*

*E-mail: ssb@tpu.ru*

В наш век информационных технологий, когда каждая минута в жесткой конкурентной борьбе играет решающую роль в успешности разработки, необходимо разрабатывать и осваивать новые способы всестороннего ускорения технологической подготовки производства новых изделий. Эта задача в современных условиях решается путем разработки типовых технологических процессов, использования автоматизированных систем проектирования, а также их техническая и программная реализация, стандартной и обратимой оснастки, которая значительно ускорит и облегчит работу конструкторского отдела по разработке нового продукта.

Данная статья посвящена разработке и формированию методологической основы проектирования, а также структуры самих элементов САПР для рентгеновских трубок 2 типов.

В процессе исследования различных органических и неорганических материалов очень важно правильно подобрать метод исследования, а также основные режимы и мощности, позволяющие проведение опытов по изучения материалов. В частности, для нужд, касающихся анализа структуры неорганических материалов необходимо рассчитать и подобрать необходимые значения мощности, силы тока, размера вокселя, интенсивность и напряжение рентгеновской трубки. Подобранные параметры должны обеспечивать достаточную высокую разрешающую способность, позволять качественно исследовать объекты.

Данная САПР будет базироваться на следующих принципах:

- системного единства;
- совместимости;
- типизации;
- развития.

Таким образом, смысл процесса проектирования в любой САПР независимо от объекта проектирования один и тот же: получить в соответствии с замыслом такую информационную модель, которая позволяет создать систему – оригинал, полностью соответствующую замыслу [4].

Достижение наилучшего результата рентгеновского контроля для той или иной задачи зависит от выбора пригодной для выполнения этой задачи системы рентгеновского контроля. Поэтому при составлении и разработке информационного и логистического составляющего САПРа для рентгеновский, необходимо четко представлять критерии выбора рентгеновской трубки. На рисунке 1 изображен принцип работы системы рентгеновского контроля, где одно из главных мест занимает рентгеновская трубка.

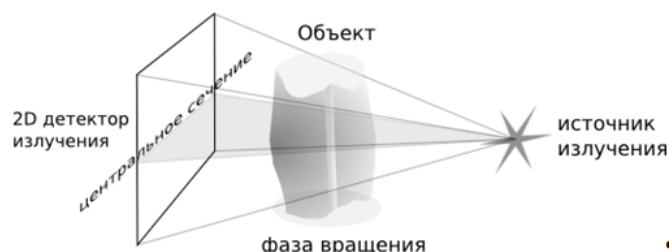


Рис. 1. Принцип работы системы рентгеновского контроля

Рентгеновская трубка — электровакуумный прибор для получения рентгеновских лучей. Простейшая рентгеновская трубка состоит из стеклянного баллона с впаянными металлическими электродами – катодом и анодом. В баллоне создается глубокий вакуум. К электродам приложено напряжение от 1 до 150 кВ (в зависимости от требуемых характеристик рентгеновского излучения). Электроны, испускаемые катодом, ускоряются сильным электрическим полем в пространстве между электродами и бомбардируют анод. При ударе электронов об анод их кинетическая энергия частично преобразуется в энергию рентгеновского излучения и большей частью в тепловую энергию.

Неважно, о какой именно системе идет речь, неважно, какого именно производителя, но сердцем всех систем является рентгеновская трубка. Рентгеновская трубка — это устройство, излучающее рентгеновские лучи. В сущности, рентгеновская трубка — это цилиндр, в котором создан вакуум и в котором возникают электроны, ускоряемые напряжением, они и бомбардируют металлическую мишень. В результате бомбардирования электронами мишени и создаются рентгеновские лучи. Вакуум необходим в трубке для того, чтобы электроны могли достичь мишени и не рассеяться.

Традиционно в системах рентгеновского контроля использовались так называемые трубки закрытого типа, где вакуум создавался на заводе - изготовителе, после чего трубка запечатывалась, и ее нельзя было открывать. В последние годы для контроля печатных плат и полупроводниковых изделий стали более популярны рентгеновские трубки открытого типа, или обслуживаемые трубки (рис. 2). Потому что они позволяют получить изображение большего разрешения с большим увеличением, а также потому, что их можно самостоятельно обслуживать (то есть в них есть доступ к изнашиваемым элементам: нити и мишени). Вакуум же в трубках открытого типа создается с помощью вакуумного насоса, поставляемого вместе с системой рентгеновского контроля.

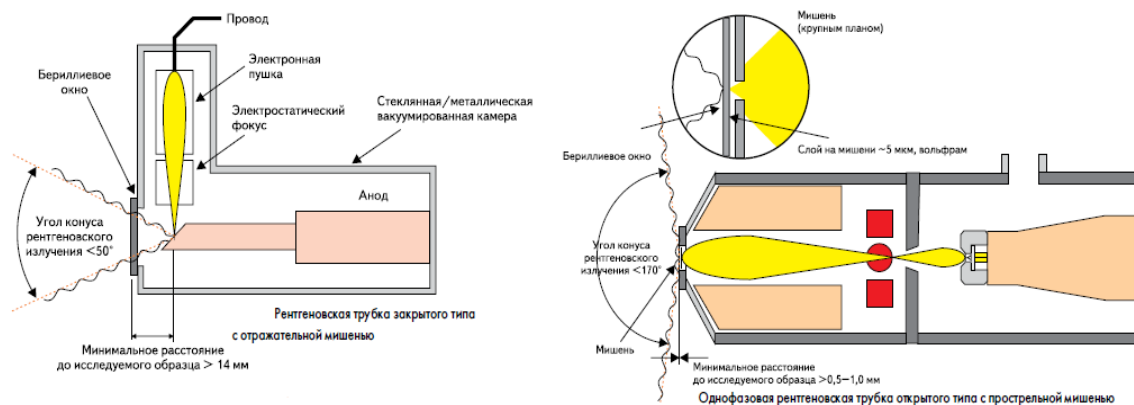


Рис. 2. Структура рентгеновской трубки закрытого и открытого типа

Ключевые характеристики рентгеновских трубок, определяющие их возможности:

- Нить или другое приспособление, которое производит электроны в трубке (иногда называется пушкой или прожектором). Обычно это термоэлектронная эмиссия от раскаленной нити. Чем больше электронов производит нить (а это зависит от проходящего через нее тока), тем ярче изображение.
- Фокусирующие элементы — это электромагнитные или другие элементы внутри трубки, которые «втискивают» ускорившиеся электроны в настолько маленькую точку на мишени, насколько это возможно. Эта точка на мишени называется фокальным пятном. Чем меньше фокальное пятно, тем лучше разрешение конечного изображения.
- Тип мишени — прострельная или отражательная. Если используется прострельная мишень, то, чтобы выйти из трубки и пробомбировать исследуемый образец, рентгеновские лучи должны пройти сквозь эту мишень. Если используется отражательная мишень, то перед выходом из трубки рентгеновские лучи отражаются от поверхности мишени (рис. 2). Тип используемой в трубке мишени напрямую влияет на возможность увеличения изображения в системе рентгеновского контроля. Обратите внимание на то, что минимальное расстояние между исследуемым образцом и фокальным пятном существенно различается в трубках с различными типами мишеней: 0,5 мм и меньше в случае использования прострельной мишени, которая чаще всего стоит в трубках открытого типа, и примерно 15 мм — при использовании отражательной мишени, которая чаще всего стоит в трубках закрытого типа.
- Материал мишени и толщина этого материала. Это особенно важно для прострельной мишени, так как для коммерческого использования (то есть для повышения срока службы) нужна хорошая плотность потока рентгеновского излучения и в то же время несильное его поглощение при прохождении через мишень. Кроме того, если прострельные мишени становятся толще, то, во-первых, у электронов больше шансов увеличить фокальное пятно, а во-вторых, в результате возбуждения рентгеновские лучи создаются в толще мишени. Чаще всего для мишени используется вольфрам.
- Ускоряющее напряжение электронов. Указывается в киловольтах (кВ). Чем выше значение в кВ, тем сильнее проникающая способность рентгеновских лучей. Это значит, что для получения изображения плотного или толстого объекта из менее плотного материала понадобится большее напряжение. При низком значении кВ можно работать с образцами из не очень плотного материала или с тонкими образцами. В противном случае проникающая способность рентгеновских лучей будет недостаточной для прохождения сквозь образец и удара о приемное устройство, то есть для формирования изображения.
- Мощность трубки. Измеряется в ваттах. Чем выше мощность, тем больше плотность потока рентгеновских лучей, а значит, ярче получаемое изображение.
- Вакуумное окно. Во всех рентгеновских трубках должен быть такой выход из вакуумированной трубки, который не разрушает вакуум. Самый часто применяемый способ — использовать диск из металлического бериллия для герметизации трубки и выхода рентгеновских лучей. Бериллий пропускает рентгеновские лучи с проникающей способностью, пригодной для рентгеновского контроля. Часто это называют «бериллиевым окном». Вместо бериллия можно использовать легкие металлы, например, алюминий, но часть рентгеновских лучей будет улавливаться этим материалом, а значит, изменять энергетический спектр производимого пучка.

Если сравнить рентгеновские трубки различных производителей, то станет понятно, что описанные выше характеристики будут отличаться, что скажется на качестве получаемого рентгеновского изображения. Именно поэтому следует обращать внимание на эти отличия, чтобы выбрать лучшую трубку и систему именно для той задачи, которая стоит перед вами. Но, выбирая трубку, следует учесть соотношение характеристик трубки и всей системы рентгеновского контроля, чтобы данная система удовлетворяла требования по надежности, а также была полностью пригодна для выполнения необходимых исследовательских задач. Существуют различные способы достичь максимального разрешения рентгеновского изображения, но, правда, ценой работы только с узким кругом материалов и размерных характеристик, а также в особых технических условиях. Такие решения могут быть приемлемы для некоторых лабораторий, но совершенно неприемлемы, например, для работы с большей частью печатных плат, используемых в современной электронике.

Одним из основных характеристик рентгеновской трубки является «фокальное пятно». Хочется отметить, что чем меньше формируемое на мишени электронами фокальное пятно, тем лучше разрешение рентгеновской трубки. В идеальной ситуации рентгеновская трубка формирует бесконечно

маленькое фокальное пятно. В этом случае получаются очень четкие изображения. В реальности фокальное пятно рентгеновской трубки не может быть бесконечно малым. Чем больше пятно, тем больше размыты контуры и больше ограничено разрешение получаемого изображения [1]. Как показано на рис. 2, это особенно видно по контуру исследуемого объекта, получается не очень четким.

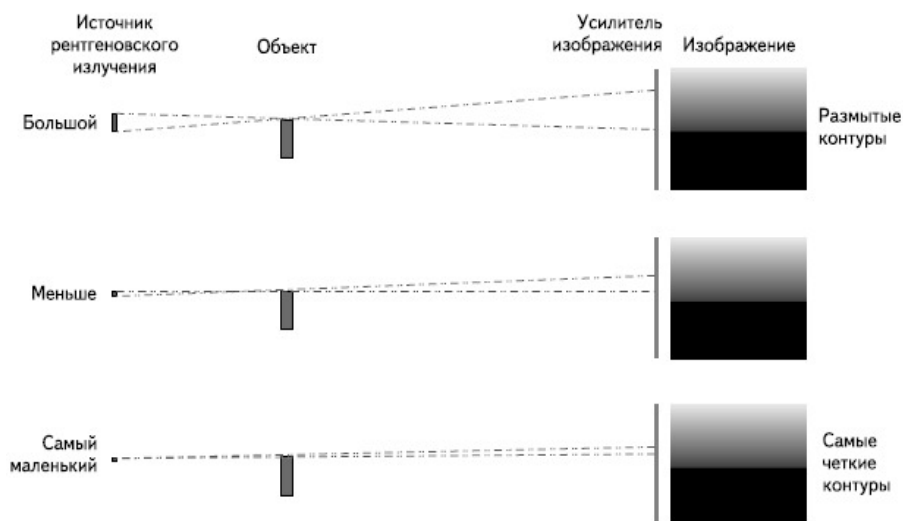


Рис. 3. Влияние размера фокального пятна на качество изображения

В рентгеновских трубках (рис. 3) с уменьшением размера фокального пятна существенно увеличивается плотность энергии на мишени. Например, если мощность трубки составляет 1 Вт на точку размером 1 микрон, то для получения такой же плотности энергии для фокального пятна в 20 микрон нужно 400 Вт [5]. Для работы же с печатными платами необходимы маленькие размеры фокального пятна: из-за размеров объектов, с которыми приходится работать. Поэтому здесь правильнее будет выбирать трубку, учитывая и размеры объектов, которые будут исследоваться. Например, если размер формируемого трубкой фокального пятна составляет 20 микрон, а размер объекта, который нужно исследовать, — 25, то такая трубка абсолютно непригодна для этой цели. Размер же исследуемых элементов все время уменьшается, поэтому для проведения рентгеновского контроля необходимы все меньшие размеры фокального пятна[2].

Производители изо всех сил стараются уменьшить размеры фокального пятна, используя описанные выше приемы, чтобы угнаться за все уменьшающимися размерами компонентов, но за это приходится платить.

Например, с уменьшением размеров фокального пятна существенно уменьшается поток рентгеновского излучения, в результате чего получается тусклое изображение и приходится прибегать к более продолжительному «облучению», чтобы получить изображение приемлемого качества. Поэтому если на то, чтобы получить изображение самого высокого разрешения, уходит много времени, то это может быть непрактично, за исключением случаев использования системы в сугубо научных целях, где требуется особое внимание к процессу получения данных каждого измерения. Кроме того, если получение изображения длится в течение нескольких минут и больше, то вибрация системы рентгеновского контроля может отрицательно сказаться на разрешении трубки, если не использовать какие-то дополнительные приспособления/условия для работы. Поэтому использование самого высокого разрешения может быть нецелесообразным на производственном участке, а пригодным только для проведения испытаний. Если использовать самое низкое ускоряющее напряжение (кВ), то, чтобы добиться наилучшего разрешения, придется ограничивать типы исследуемых образцов. Обычно наилучшее разрешение изображения получается при использовании в трубке напряжения менее 50 кВ. Если исследуемый образец не очень плотный и/или тонкий, то такое ускоряющее напряжение в этих условиях будет приемлемым. Но обычно при работе с печатными платами такие условия не выполнимы, потому что сами платы отличаются достаточной плотностью для поглощения большей части (если не всех) лучей.

Стандартный корпус компонента также может поглощать рентгеновские лучи, что приводит к невозможности проведения качественного анализа при таком разрешении, не прибегая к необходимости как-то изменять исследуемый образец. Таким изменением может быть: демонтаж компонента с печатной платы, снятие корпуса, изменение толщины образца и т. д. Учитывая все это, исследователь понимает, что использование рентгеновских трубок с очень высоким разрешением ограничивается только лабораториями анализа причин отказов, где можно уделять больше внимания каждому отдельному исследуемому образцу. Но в реальных производственных условиях для контроля качества изделий и технологического процесса из-за ограничений по времени столь тщательный анализ образца не производится. Поэтому перед приобретением системы рентгеновского контроля будет правильным решить, какие нужны технические характеристики трубки для планируемого применения системы.

Некоторые производители прибегают к дальнейшему снижению толщины мишени для уменьшения фокального пятна и улучшению геометрического увеличения. Но в этом случае тонкая мишень будет быстрее разрушаться направленным пучком электронов, а значит, ее нужно будет чаще менять. Это может быть приемлемо для лаборатории, где можно соблюдать особые условия работы, но совершенно непригодно для производства.

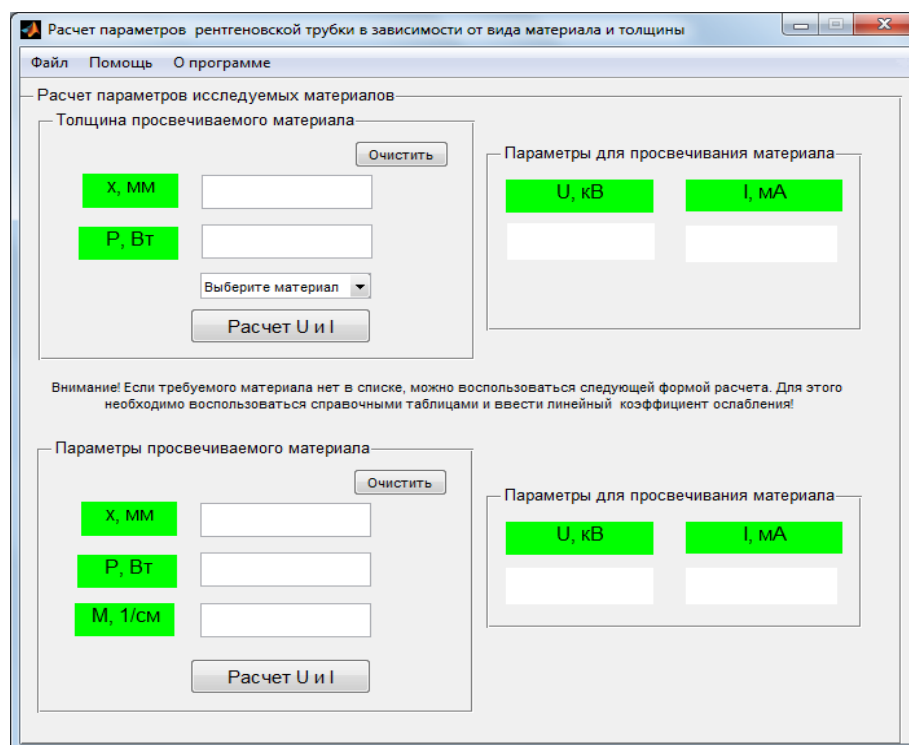


Рис. 4. Окно программы САПР рентгеновской трубки

На рисунке 4 изображено одно из 28 диалоговых окон программы САПР рентгеновской трубки, в которой задаются параметры трубки и вычисляются сила тока на аноде и напряжение в зависимости от технического задания и толщин просвечиваемых материалов.

Программное обеспечение для проектирования различных модификаций рентгеновских трубок обеспечивает:

- Выбор типа рентгеновской трубки в зависимости от требований на ТЗ.
- Расчет параметров рентгеновской трубки. Возможность выбирать материал исследуемого образца (железо, титан, алюминий, магний, кальций, кремний, кобальт и вода, а также альтернативная форма расчета, если необходимого материала нет в списке), на основании которых будут представлены рассчитанные параметры (напряжения, тока на аноде и мощности) рентгеновской трубки, необходимые для данного вида исследования.
- Формирование математической модели рентгеновской трубки;
- Составление конструкторской и технической документации;
- Сохранение рассчитанных данных в блокнот (.txt);

- Справочная и теоретическая информация о разработке рентгеновских трубок, параметров и режимов работы.

Таким образом, в данной статье были представлены основные понятия САПРа для рентгеновских трубок. Представлено программное обеспечение для проектирования рентгеновских трубок, описаны возможности данного продукта.

Литература.

1. Бубенчиков М.А., Газиева Е.Э., Гафуров А.О., Глушков Г.С., Сырямкин В.И., Шидловский С.В. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.366 с.
2. Шмаков М.А. Выбор системы рентгеновского контроля [Текст] / М. А. Шмаков // Технологии в электронной промышленности. – 2006.
3. Назипов Р. А., Храмов А. С., Зарипова Л. Д. Основы радиационного неразрушающего контроля: учеб.-метод. пособие для студентов физического факультета. Казань : Изд-во КГУ, 2008. – 66 с.
4. Соснин Ф. Р. Радиационный контроль: справочник. М : Машиностроение, 2008.
5. Корчагин С. А. Источники рентгеновского излучения. М : Неразрушающий контроль, 2007. – 236 с.
6. Громаков П. С., Горохов А. Ф. Автоматизация технологических процессов. Казань : Изд-во КФУ, 2015. - 211 с.
7. Paolo Alto. Radiation Safety Manual [Text] / Paolo Alto // Environmental Health and Safety, Stanford University. – January 2015.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О ПОЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСИ СЕРДЦА

*С.С. Зеленин, студент, И.А. Должин*

*Тюменский государственный нефтегазовый университет  
625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70, тел. (3452)-28-30-19  
E-mail: mila27@tsoгу.ru*

В настоящее время развитие медицины базируется на применении человеко-машинных (автоматизированных) методов обработки информации для совершенствования процесса принятия решений врачом в диагностике заболеваний. Математическое и алгоритмическое обеспечение управления, принятия решений, методы получения, анализа и обработки экспертной информации уже известны в различных областях [1-4]. Актуальность приобретает повышение эффективности функционирования биотехнических систем для планирования научных работ, сбора и анализа данных с использованием современных методов компьютерной обработки информации, отдав наиболее трудоёмкий и ответственный процесс при диагностике и прогнозе параметров жизнедеятельности человека соответствующим аппаратно-программным средствам, моделирующим деятельность экспертов-медиков.

Исследование и изучение возможностей искусственных нейронных сетей (ИНС) является одним из перспективных направлений медицинской информатики. Целью данной работы является моделирование заключения о положении электрической оси сердца с использованием искусственной нейронной сети. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сформировать обучающую выборку;
2. Выбрать модель ИНС;
3. Провести тестирование рабочего примера выбранной модели.

По доступным источникам решение задачи вывода заключения о положении электрической оси сердца с помощью моделирования искусственной нейронной сети неизвестно. Практическое приложение инструментальной среды MATLAB в настоящее время активно развивается и является основной технологией для моделирования задач биомедицины.

Для формирования обучающей выборки исходные данные [5] занесли в таблицу MS Excel (рисунок 1). Обучающая выборка представляет собой значения амплитуды зубцов Q, R, S в I, II и III стандартных отведениях, рассчитанных по формуле (1):

$$U = h \times S \quad (1)$$

где  $U$  – амплитуда (мВ),

$h$  – высота зубца (мм),

$S$  – высота калибровочного сигнала (мм).