

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Баус С.С.

Томский политехнический университет

*Научный руководитель: Сырякин В.И., д.т.н., профессор, зав.
кафедрой «Управление качеством» факультета инновационных
технологий Томского государственного университета*

В наш век информационных технологий и всеобщей глобализации, 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.

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 [3].

САПР должен иметь ряд признаков:

1. Объектно – ориентированное взаимодействие человека и ЭВМ.
2. Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных.
3. Безбумажный процесс обработки информации [4].
4. Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога пользователя и ЭВМ.

Так как САПР для рентгеновского микротомографа имеет вид программного продукта, то перед разработкой необходимо разработать и оценить основные метрики данного ПО. Метрики качества ПО, а также ее логической структуры регламентируются и оцениваются в соответствии со стандартом ISO/IEC 9126 [5].

Для облегчения выбора конструктивных параметров рентгеновского микротомографа был разработан элемент методики

реализации САПР, применение которой не зависит от области дальнейшего применения РМТ [1].

1. Выбрать тип РМТ в соответствии с техническим заданием.
2. Определить виды материалов, а также их возможные максимальные и возможные размеры, которые будут исследоваться на данном РМТ.
3. Выбрать приемник (рентгеновский детектор) и источник (рентгеновская трубка) излучения, исходя из требований по разрешению, точности, цветовым и яркостным характеристикам восстановленного изображения [1].
4. Рассчитать потребляемую мощность и максимальный потребляемый ток для составляющих РМТ.
5. Определить компоновку составляющих РМТ, спроектировать корпус и рассчитать параметры высоковольтного источника питания [1].
6. Разработать и рассчитать корпус РМТ в соответствии со строжайшими международными стандартами безопасности. Они соответствуют ROV от 18.6.2002 (<1 мкЗв/ч) для механизмов полной защиты, американским стандартам безопасности и защиты от радиации [3].

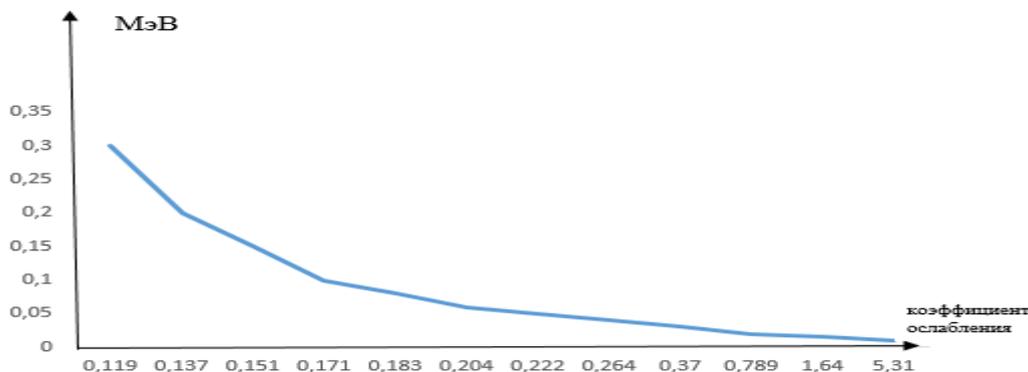


Рисунок 1 - Изменение коэффициента ослабления воды рентгеновского излучения от величины энергии МэВ

Основываясь на разработанной методологии построения системы автоматизированного проектирования для рентгеновских 3D микротомографов, а также математического аппарата, выраженного в математическом моделировании процесса, формулы интенсивности рентгеновского излучения и справочных таблиц, которые представляют значение коэффициента ослабления рентгеновского излучения, то можно рассчитать максимальную толщины просвечиваемого материала для определенного режима работы рентгеновской трубки (параметры напряжения и тока на аноде рентгеновской трубки):

$$I = I_0 \exp(-\mu x),$$

где I и I_0 – конечная и начальная интенсивности излучения соответственно; μ – полный линейный коэффициент ослабления; x – толщина слоя вещества [7].

В таблице 1 приведены данные о материалах и их толщинах, которые могут быть исследованы с помощью данной рентгеновской трубки, разработанные и рассчитаны в соответствии ГОСТ 20426-82 [10].

Таблица 1 - зависимость напряжения рентгеновской трубки от вида и толщины исследуемого материала при постоянном значении тока на аноде 80 мкА.

Толщина просвечиваемого сплава, мм, на основе							Напряжение на рентгеновской трубке, не выше, кВ
Железа	титана	алюминия	магния	кальция	кремния	кобальт	
0,036	0,1	0,72	1,38	0,34	0,62	0,029	20
0,25	0,72	5,54	10,6	2,56	4,78	0,2	40
1	2,9	19,2	34,8	10,4	17,3	0,81	60
2,2	6,1	32,8	56,2	21,2	30,9	1,78	80
3,76	10,1	44,4	72,9	34,7	43	3,04	100
6,3	16,3	55,6	89	53,7	55,5	5,23	120

На основании данной таблицы можно делать выводы о выборе диапазона исследуемых материалов, их толщины и параметров рентгеновской трубки.

В таблице 2 представлены результаты исследования расчетного времени проектирования рентгеновских систем у 10 различных специалистов, которые никак не связаны между собой. Данные значения были получены эмпирическим способом, а затем произведены необходимые расчеты.

Как видно из таблицы 2 трудозатраты (Тр.) дипломированного специалиста конструктора с опытом проектирования данных систем и без опыта снизились соответственно в 480 и 1080 раз. В итоге экономия времени и финансовых затрат на проектирование новых модификация данных систем.

Как видно из проведенных мероприятий, а также их сравнений, автоматизированное проектирование существенно ускорит процесс проектирования РМТ и снизит трудозатраты персонала. Данное заключение наглядно подтверждается расчетами и экономическими выгодами при использовании данного программного продукта.

Таблица 2 – обоснование эффективности внедрения данного ПО

Вид специалиста	Временные показатели испытуемых					Среднее время	Среднее время проектирования на ПО	Тр.
	1.	2	3.	4.	5.			
Дипломированный специалист связанный с проектиров. ЦРМТ	7 ч. 30 м.	8 ч. 12 м.	8 ч. 48 м.	7 ч.	8 ч. 30 м.	8 ч.	1 м.	480 раз
Дипломированный специалист конструктор	17 ч.	16 ч. 24 м.	19 ч. 6 м.	18 ч. 12 м.	19 ч. 15 м.	17 ч. 59 м.		1080 раз

В ходе разработки теоретической базы и программного решения была подана заявка на регистрацию ЭВМ и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015618555 «САПР 3D РМТ. Программное обеспечение системы автоматизированного проектирования рентгеновских 3D микротомографов» [11].

Таким образом, в данной статье были представлены основные понятия САПРа для рентгеновских способов исследования материала, логистическая структура, представлены основные признаки и критерии разработки и реализации для данных систем, а также эффективность внедрения данных систем на реальном производстве данных рентгенографических систем. Представлена методика написания элемента САПР, выраженная в пошаговом выполнении действий для проектирования данных систем.

Список информационных источников

1. Сырямкин В. И. Методология и принципы САПР цифрового рентгеновского 3D микротомографа для визуализации и изучения внутренней структуры органических и неорганических материалов / В. И. Сырямкин, С. С. Баус, С. А. Клестов // Высокие технологии в современной науке и технике: сб. науч. тр. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 394 с.

2. Кулешов В.К. Практика радиографического контроля: учебное пособие. / В.К Кулешов, Ю. И. Сертаков, П. В Ефимов, В. Ф. Шумихин // Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. 288 с.

3. Богомолов Е. Н. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий: лабораторный практикум / М. А. Бубенчиков, А. В. Осипов, В. И. Сырямкин и др. // Томск: Изд-во ТГУ, 2013. 410 с.
4. Назипов Р. А. Основы радиационного неразрушающего контроля: учеб.-метод. пособие для студентов физического факультета / Р. А. Назипов, А. С. Храмов., Л. Д. Зарипова // Казань : Изд-во КГУ, 2008. – 66 с.: ил.
5. Корсаков В.С. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении. М: Машиностроение, 1985. 304с ил.
6. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения: М: Изд-во ЛОРИ, 2007.
7. Соснин Ф. Р. Радиационный контроль: справочник. М: Машиностроение, 2008.
8. Paolo Alto. Radiation Safety Manual [Text] / Paolo Alto // Environmental Health and Safety, Stanford University. – January 2015.
9. Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. Рентгенографический и электроннооптический анализ. Изд-во «Металлургия», 1970, 2-е изд., с. 366.
10. Громов Е. П. Радиографические методы контроля. М: Машиностроение, 2002.
11. Баус С.С., Сырямкин В.И., Клестов С.А. САПР 3D РМТ. Программное обеспечение системы автоматизированного проектирования рентгеновских 3D микротомографов. РОСПАТЕНТ. Свидетельство №2015618555 от 12.08.2015. Правообладатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (RU).

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ ОБЪЕКТОВ И ИЗДЕЛИЙ

Бугаев Е. А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Федоров Е. М., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Целью данной статьи является рассмотрение основных методов и средств контроля геометрических параметров профиля объектов и изделий, а также выявление наиболее лучшего метода для его дальнейшей практической реализации.