

**Г.С. Покаташкин<sup>1,2</sup>, Р.Г. Шуляковский<sup>1</sup>, М.Н. Невмержицкий<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ГНУ «Институт прикладной физики

Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

## **ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА**

### **Введение**

С ростом возможностей вычислительной техники растёт и объём информации, которую необходимо хранить, передавать и обрабатывать. Кроме этого, остаётся вопрос о качестве получаемых данных. Для решения этой задачи, человечество совершенствует электронику, материалы и методы. Одним из направлений позволяющим повысить качество сбора и обработки данных составляют методы и техники автоматизации эксперимента.

Эксперимент – метод исследования некоторого явления в управляемых наблюдателем условиях. Для того, чтобы повысить качество сбора данных, снизить систематические ошибки, негативные (фоновые) явления и получить наглядные и обработанные данные – необходимо использовать автоматизацию и постоянно совершенствовать методы. Очень часто, под методом понимается совокупность техник, приёмов и алгоритмов для достижения желаемого результата.

В данной работе будет приведён обзор нескольких методов автоматизации эксперимента отличающихся друг от друга, как по области применения, так и по своей сути, а также основные инструменты необходимые для работы методов и алгоритмов.

## 1. Инструментарий

На сегодняшний день существует огромное количество языков программирования и программных пакетов позволяющих реализовать те или иные функции автоматизации. Однако некоторые используются довольно часто и являются стандартом практически в любой области.

Стандартом языков программирования считается C++. Основные преимущества, по которым данный язык выигрывает среди прочих это быстрота, переносимость, масштабируемость и лёгкость. На C++ написаны пакеты Geant4 и ROOT (о которых пойдёт речь позже). Основные недостатки C++ это высокий порог вхождения пользователя и медленная работа комитета по стандартизации.

Если необходимо написать быстрый и читабельный код, то лучше чем Wolfram mathematica нет. Пакет, поддерживающий множество стилей программирования и обладающий огромным набором встроенных функций, а также аппаратом аналитических вычислений, быстро справиться с отладкой алгоритма и визуализацией данных.

Для работы с базами данных принятым стандартом является структурный язык запросов (SQL). SQL с маленьким порогом вхождения пользователя и множеством реализаций, надстроек и модификаций – всегда используется там, где необходимо хранить большое количество данных и иметь к ним быстрый доступ.

Что бы работать с матричной алгеброй больших размерностей, существует пакет MATLAB, который специально разработан для этих целей.

Для моделирования результатов эксперимента, в частности физики элементарных частиц (ФЭЧ), разработан пакет Geant4. Он включает в себя как все известные экспериментальные данные, так и подтверждённые теоретические. Использование данного пакета позволяет поставить виртуальный эксперимент, произвести оценку тех или иных эффектов, смоделировать данные и отработать технику реконструкции и обработки информации.

ROOT – основной инструмент анализа экспериментальных данных ФЭЧ. Пакет имеет в своём составе огромное количество функций и модулей для обработки и реконструкции данных. Как правило используется в «связке» с Geant4.

## 2. Автоматизация мониторинга трубопроводных линий

Достаточным представляется наблюдение за состоянием объекта средствами автоматического приборного мониторинга, однако, весьма затратного. Такие системы называются системами управления целостностью объекта или Asset integrity management system (AIMS). Задачи своевременного мониторинга характеристик трубопроводных линий в AIMS решаются установкой датчиков,

которые, практически непрерывно, измеряют наблюдаемую величину на объекте. Последующая обработка получаемых на выходе AIMS больших объемов данных представляет значительные трудности.

Данный подход позволяет визуализировать данные в реальном времени и своевременно информировать операторов о состоянии отдельных элементов, частей либо всего трубопровода в целом практически. Альтернативой этому является периодическое обследование объектов средствами неразрушающего контроля с последующей автоматической обработкой статистических данных по некоторым критериям целостности, выбранным в результате предварительного моделирования.

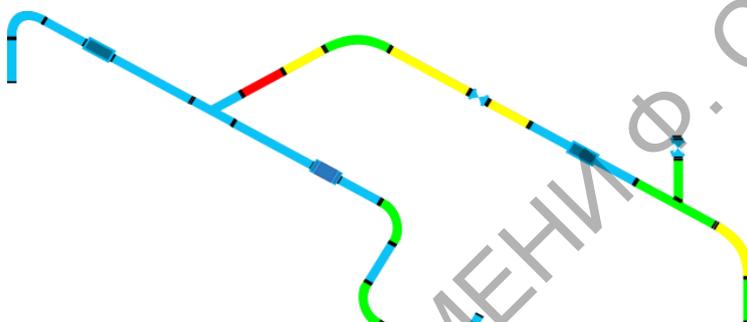


Рисунок 1 – Пример трубопроводной линии с автоматическим отображением состояния элементов

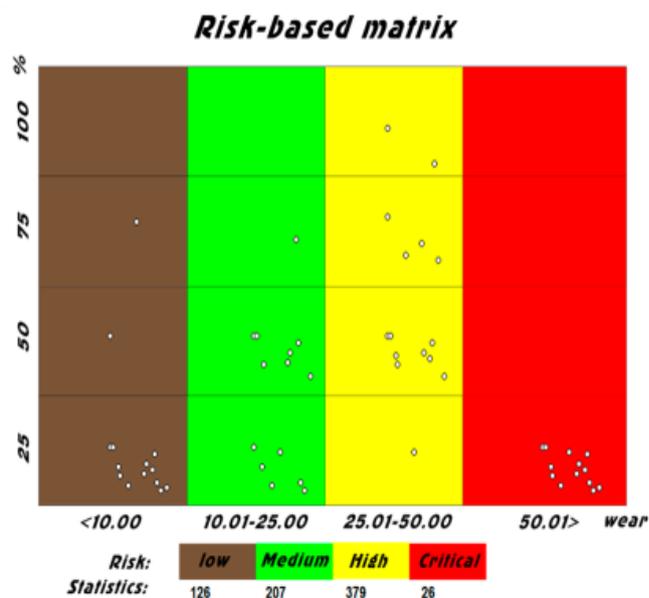
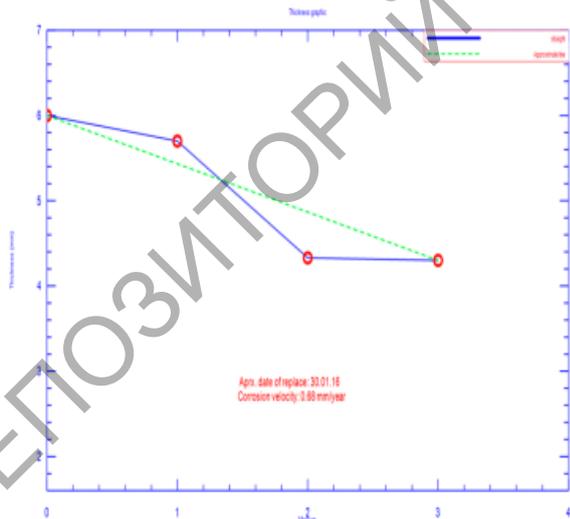


Рисунок 2 – Пример автоматического формирования графика толщины и матрицы рисков

Многие компании формируют целые отделы сотрудников для обработки данных и составления отчетной документации, которая сортируется, обрабатывается и рассчитывается вручную. С использованием AIMS, создание отчетной документации ускоряется в разы [1]. Примеры работы AIMS приведены на рисунках 1, 2.

### 3. Моделирование электромагнитного калориметра в Geant4

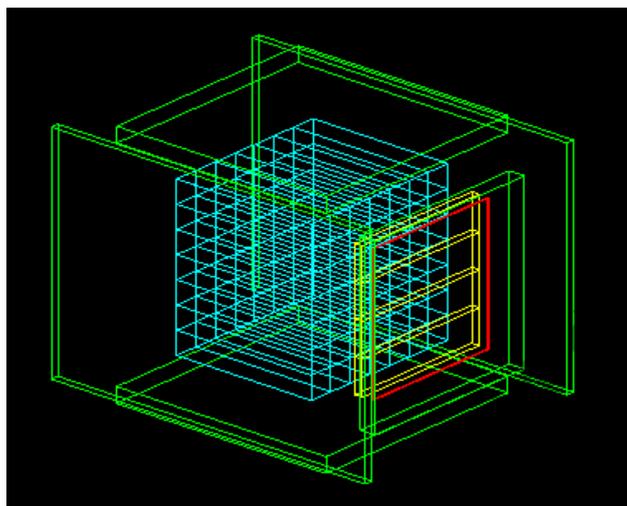


Рисунок 3 – Прототип калориметра из кристаллов BGO

На рисунке 3 изображён моделируемый электромагнитный калориметр в Geant4 [2]. Характеристики системы следующие:

- Передней «вето» счётчик – 23x23x2 см из полистирола.
- Боковые «вето» счётчики – 1x30x42 см из полистирола.
- Верхнее и нижнее «вето» счётчики – 28x28x2 см из полистирола.
- Предливневой детектор – пластина свинца 18x18x0,2 см, 4 пластины сцинтилляторов по 18x4,5x1 см каждая из полистирола.
- Поглощающий слой из 49 кристаллов BGO – 3x3x18 см каждый.
- Расстояние от мишени до плоскости ЭМК составляет 203 см, угол наклона к мишени 16,3.

Первые 3 счётчика представляют собой «охранную систему», предотвращающую утечки энергии и ложные срабатывания системы на фон. Предливневой детектор выступает в роли триггера начала электромагнитного ливня, а пластинка свинца выступает в роли конвертера. Поглощающий слой из кристаллов BGO «впитывает частицы» и сигнализирует обслуживающей аппаратуре о зарегистрированном количестве энергии. Пример частиц попадающих в калориметр и соответствующий им фотонный спектр приведены на рисунке 4.

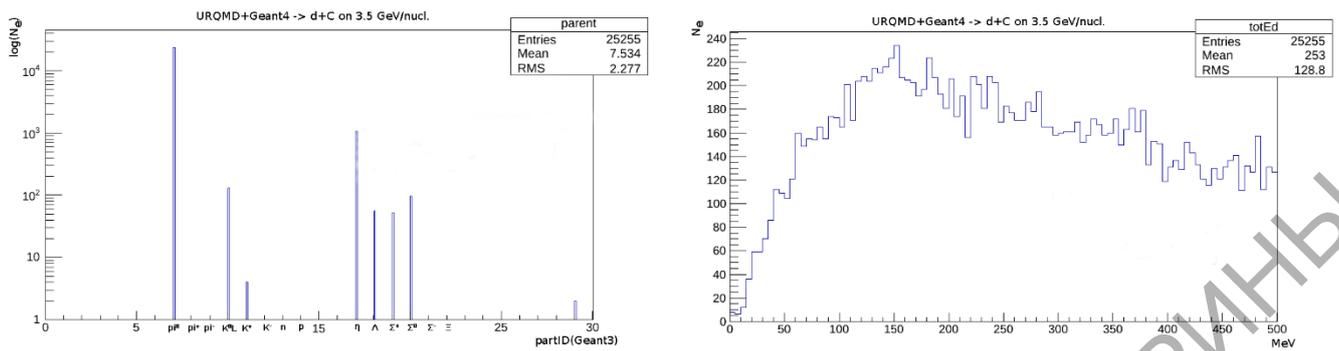


Рисунок 4 – Пример автоматизации работы ЭМК в Geant4

## Заключение

В этом небольшом обзоре рассмотрены основные инструменты автоматизации. Приведены примеры реализации автоматизированных систем в реальных экспериментах.

## Литература

1. Information system for integrity control of multibranch pipelines / G.S. Pokatashkin [et al.] // NTD. – 2016. – Vol. 1. – P. 34.
2. Pokatashkin, G.S. Simulation of the abnormal birth of soft pions on the nuclotron / G.S. Pokatashkin, E.S. Kokoulina, R.G. Shulyakovsky // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus Series of Physical Sciences. – 2016. – Vol. 3. – P. 77.