

2. Головацкий А.В. Организация итерационного процесса при численном восстановлении спектра нейтронов в размножающей системе с графитовым замедлителем / А.В. Головацкий, В.Н. Нестеров, И.В. Шаманин // Известия вузов. Физика. – 2010. – Т.1. – № 11. – С. 10–14.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С. И. Маковой, Б. П. Степанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [ivanov@tpu.ru](mailto:ivanov@tpu.ru)

Система безопасности является неотъемлемой частью каждого ядерного объекта. Она направлена на защиту предприятия от угроз несанкционированных действий. Согласно законодательным актам и постановлениям правительства, система безопасности должна подвергаться регулярной оценке для выявления эффективности ее функционирования. Именно поэтому в рамках данной работы был разработан программный продукт, который позволяет осуществлять оценку эффективности системы физической защиты (СФЗ).

Одним из способов оценки эффективности систем безопасности является применение компьютерных методов, где моделируется исследуемый объект и составляющие системы безопасности. Существующие в настоящее время программные продукты и методики не позволяют прорабатывать большое количество предполагаемых маршрутов нарушителя, поэтому в работе была исследована методика применения элементов теории графов при описании территории промышленного объекта и элементов системы безопасности, а также моделирования движения нарушителя в такой системе.

Для отработки алгоритмов поиска пути была разработана программная среда, где моделируется сам промышленный объект – территория, расположение зданий, предмета защиты и т.д., а также система безопасности – элементы инженерных и технических средств. Интерфейс программного обеспечения представлен на рисунке 1.

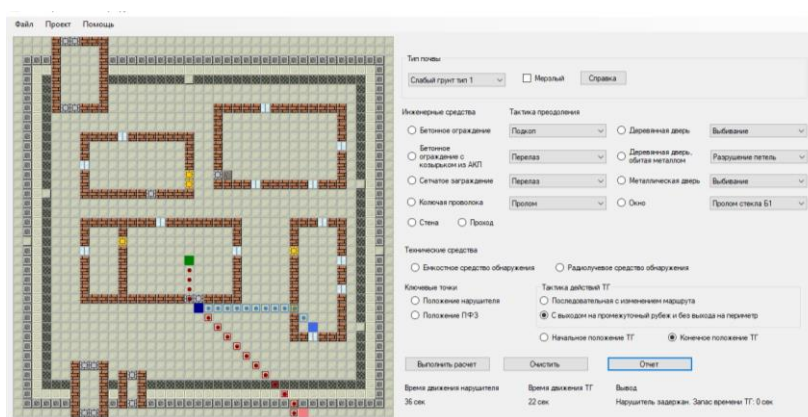


Рис. 1. Интерфейс разработанного ПО

Территория ядерного объекта и элементы комплекса инженерно-технических средств (КИТСФЗ) представляются в виде взвешенного графа. Таким образом, зная характеристики КИТСФЗ, возможно определить кратчайшее расстояние от одной вершины до другой – критический маршрут нарушителя.

Использование данной программной среды возможно для различных реально существующих ядерных объектов, т.к. возможно изменение, в рамках программы, плана объекта. Таким образом, возможно проведение оценки эффективности системы безопасности с максимального количества сторон.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарсиа М. Проектирование и оценка систем физической защиты. – М: Мир: Издательство АСТ, 2002 г.
2. Физическая защита ядерных объектов: Учебное пособие для вузов/ П.В. Бондарев, А.В. Измайлов, А.И. Толстой; Под ред. Н.С. Погожина. – М.: МИФИ, 2008. – 584 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ГАММА-КВАНТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ГЕРМАНИЕВЫМ ДЕТЕКТОРОМ

Е.А. Маренкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [eam33@tpu.ru](mailto:eam33@tpu.ru)

На сегодняшний день достаточно широко распространены полупроводниковые детекторы. Однако в ходе эксплуатации наружный слой кристалла изменяется, что оказывает влияние на характеристики самого детектора такие, как эффективность регистрации гамма-квантов и разрешение детектора. Деградация рабочих характеристик оказывает влияние на качество результатов измерений.

О толщине «мертвого» слоя можно судить по степени поглощения гамма-квантов различных энергий кристаллом детектора. Эксперимент содержит две части измерений стандартных образцов, отличающихся живым временем и количеством измерений каждого из образцов, геометрия измерений. Кроме того, вторая часть эксперимента выполнена на детекторе без защиты для исключения влияния рассеяний в материалах детектора. Расстояние между детектором и источников излучения учтено с помощью модели LabSOCS. Исходя из полученных в ходе измерений площадей рассчитаны эффективности регистраций гамма-квантов различных энергий кристаллом детектора. Рассчитанные значения сравнены с теоретической кривой эффективности. За теоретические значения принята кривая калибровки по эффективности, полученная в 2016 году и не учитывающая изменений в кристалле детектора за 4 года. По результатам двух частей эксперимента разработана методика периодической оценки изменения эффективности регистрации гамма-квантов полупроводниковым германиевым детектором, содержащая рекомендуемый список линий гамма-излучений, порядок процедур, исключение грубых ошибок в выборках площадей пиков, определение погрешностей.

Сравнение полученных результатов измерений площадей и активностей с учетом и без учета модели LabSOCS показало завышение результатов в области низких энергий и занижение в области высоких энергий при использовании модели LabSOCS. В работе отмечено, что эффективность регистрации гамма-квантов уменьшилась в период с 2016 года по 2020 год. Изменение неодинаково в рассматриваемом энергетическом диапазоне. Большим изменением характеризуется область энергий до 200 кэВ – 2,09 %, в области более 200 кэВ – 1,4 %. По результатам эксперимента сделан вывод о необходимости набора хорошей статистики и исключении факторов окружающей среды, влияющих на измерения, для адекватной оценки изменения