

*Е.А. СУХАНОВ, О.В. СЕЛИВАНИКОВА*

## **ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПЕРИМЕТРА ЯДЕРНОГО ОБЪЕКТА**

Представлена разработка модуля программно-аналитического комплекса по проектированию и оценке защищенности периметра охраняемой зоны системы физической защиты. Предлагаемый вариант позволяет повысить уровень защищенности за счет проведения оценки периметра на проектном этапе и анализа выбранного оснащения с учетом особенностей размещения ядерного объекта. Разработанный модуль планируется внедрить в программно-аналитический комплекс для дальнейшего использования в области подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** физическая защита, периметр ядерного объекта, ядерный материал, внешний нарушитель, проектирование системы физической защиты.

### **Введение**

В последние годы растет активность террористических организаций, которые хотят обладать контролем над ядерным оружием или ядерным материалом. Потенциальное владение таким видом оружия может привести к серьезным последствиям. Для противодействия угрозам в отношении ядерного материала мировое сообщество сформировало режим нераспространения ядерных материалов. Одной из мер данного режима является физическая защита, которая направлена на противодействие несанкционированным действиям в отношении ядерного материала или ядерных установок. Данная мера закреплена международной конвенцией, принятой 26 октября 1979 г. [1].

Российская Федерация также подписала данную конвенцию. Для выполнения требований, прописанных в конвенции, в России были разработаны нормативные акты на разных уровнях, обязывающие создание системы физической защиты на каждом ядерном объекте. Процесс проектирования системы физической защиты можно поделить на следующие стадии: предпроектная, проектная, оценка эффективности. С развитием электронно-вычислительных машин появилась возможность упрощения процесса проектирования благодаря использованию специализированного программного обеспечения на предпроектной и проектной стадиях.

На текущий момент существуют программные продукты, которые помогают решать одну из конкретных задач, а именно: оценку эффективности или проектирование системы физической защиты. В качестве примера можно привести программу «Вега-2», которая занимается оценкой эффективности [2]. В настоящее время в мире ведутся работы по созданию комплексов, которые позволили бы при проектировке проводить оценку эффективности. В качестве примера можно привести разработку группы ученых из Китая, которые представили свою концепцию подобного программного комплекса [3]. Минусом данной платформы является невозможность проверки на соответствие нормативно-правовой базы и основных принципов построения системы физической защиты с учетом особенностей объекта.

Цель данной работы – разработка модуля программно-аналитического комплекса по проектированию и оценке защищенности периметра охраняемой зоны объекта. Для достижения поставленной цели рассматривалась нормативно-правовая база по построению периметра ядерного объекта, разработан общий алгоритм по проектировке и оценке защищенности периметра объекта.

### **1. Проектирование периметра**

Угроза со стороны террористических организаций в отношении кражи ядерного материала или саботажа ядерных установок зачастую представляется в виде внешних нарушителей. Следовательно, необходимо обеспечивать защиту от проникновения на охраняемую территорию с возможностью обнаружения несанкционированного прохода. Для предотвращения такого вторжения по границе защищенной зоны организуется периметр.

По требованиям нормативной базы [4], периметр должен содержать не менее двух физических барьеров с контрольно-следовой полосой. На барьерах должны размещаться технические средства обнаружения, работающие на разных физических принципах. В исключительных случаях допускается заменить контрольно-следовую полосу на дополнительное инженерное ограждение.

Помимо устанавливаемого комплекса инженерно-технических средств, применяются организационные мероприятия. Например, обход периметра и проверка целостности контрольно-следовой полосы. Таким образом, необходимо учитывать данные требования при оснащении границы защищенной зоны и принимать во внимания особенности объекта, которые могут повлиять на уровень защищенности. Учитывая эти обстоятельства, в программно-аналитическом комплексе реализована возможность введения данных параметров проектировщиком.

Первые два шага в комплексе являются подготовительными. На первом шаге комплекс предлагает задать параметры ядерного объекта с возможностью использования двумерного графического интерфейса. Специалист задает рельеф, наличие водной и береговой части на территории объекта, расположение зданий. Данные из графического редактора конвертируются в компьютерно-математическую модель, в дальнейшем с ней будет работать аналитическая часть программы. Помимо этого, задается предмет физической защиты и его расположение. Вторым шагом пользователь вводит данные о модели нарушителя с основными его характеристиками, например: количество нарушителей, степень физической подготовки, время действия, оснащение и т.д. Введенные данные необходимы, так как они тоже влияют на степень защищенности объекта и в дальнейшем будут использоваться для расчетов временных характеристик.

На третьем шаге начинается проектировка периметра. Каждое инженерное средство проектируется по отдельности, в интерфейсе задаются следующие параметры: тип, высота физического барьера и т.д. При каждом проектировании ограждения предлагается выбрать средство обнаружения из базы данных или же внести собственное средство с указанием его основных характеристик. Каждое техническое средство размещается на высоте, задаваемой проектировщиком, если зона обнаружения не охватывает всю высоту данного ограждения, то программный комплекс предлагает добавить дополнительный датчик или же изменить параметр размещения основного средства обнаружения, подсказывая оптимальное значение. Существует также возможность установления организационных мероприятий на определенных типах инженерных средств, например, обход патрульной службы по тропе наряда. Затем специалист имеет возможность выбрать способ преодоления барьера нарушителями либо, в противном случае, программа автоматически выберет наименьший по времени способ, исходя из оснащения нарушителей.

После всех заданий параметров пользователь может сохранить инженерное средство и перейти к следующему. В комплексе допускается изменение предыдущих физических барьеров без возможности удаления, в противном случае необходимо проводить очистку всех барьеров и начинать проектировку заново.

Важно также учитывать, что на объект должен быть организован санкционированный доступ для работников [5] автомобильного и железнодорожного транспорта при необходимости. Для выполнения этих задач в программном комплексе предусмотрена возможность проектировки разных видов контрольно-пропускных пунктов. Реализуется это через разработанный двухмерный графический редактор, позволяющий визуальное проектировать пункты и выбирать применяемые организационные меры. На рис. 1 представлен пользовательский интерфейс заполненных физических барьеров комплекса.



Рис. 1. Спроектированные физические барьеры программного комплекса

## 2. Проведение анализа и оценка защищенности

На последующих шагах проводится аналитика и оценка защищенности проектируемого решения, по результатам которой пользователю предлагается способ улучшения системы физической защиты периметра. При проведении оценки защищенности системы физической защиты применяются две разные методики. Первая методика позволяет определить время действия нарушителей и сил реагирования, вторая методика основана на вероятности обнаружения несанкционированных действий. Важно принимать во внимание при оценке временных характеристик степень подготовки злоумышленников, время несанкционированных действий, так как они влияют на длительность преодоления физических барьеров. Например, в ночное время суток длительность по преодолению ограждения увеличивается, а в дневное время, наоборот, уменьшается [6]. Поэтому при расчете учитываем данные факторы с помощью вводимых поправок. В основном выделяют три способа преодоления барьера, а именно: перелаз, подкоп и пролом. Рассчитать время перелаза нарушителями физического барьера можно по формуле

$$T = B \cdot n \cdot t \cdot K \cdot P \cdot h, \quad (1)$$

где  $T$  – время преодоления нарушителем или группой нарушителей физического барьера путем перелаза;  $B$  – коэффициент поправки на время суток совершения несанкционированных действий;  $n$  – количество нарушителей;  $t$  – время на преодоление барьера одним человеком без использования технических средств;  $K$  – коэффициент поправки на инвентарь нарушителя при совершении несанкционированных действий;  $P$  – коэффициент поправки на степень подготовки нарушителей;  $h$  – высота барьера.

Для расчета времени подкопа или пролома используется формула

$$T = B \cdot t \cdot K \cdot P. \quad (2)$$

Здесь  $T$  – время преодоления нарушителем или группой нарушителей физического барьера путем подкопа или пролома;  $B$  – коэффициент поправки на время суток совершения несанкционированных действий;  $t$  – время на преодоление барьера одним человеком с использованием саперной лопатки;  $K$  – коэффициент поправки на инвентарь нарушителя при совершении несанкционированных действий;  $P$  – коэффициент поправки на степень подготовки нарушителей.

На пятом шаге проводится построение маршрута движения службы охраны для перехвата нарушителей и производится расчет времени до точки пересечения, со сравнением между собой значений. Если время движения караула меньше, чем время продвижения злоумышленников, то результат выводится пользователю. Если значения группы реагирования больше, то происходит заново построение маршрута с другой точкой пересечения. Такой расчет продолжается до тех пор, пока не обнаружится оптимальное пересечение, позволяющее охранникам прибыть раньше нарушителя.

Следующим шагом программно-аналитический комплекс проводит расчет вероятности обнаружения нарушителя при преодолении физических барьеров. Для нахождения данной характеристики используется формула

$$P = \sum_{i=1}^k \frac{P_i^j}{k}, \quad (3)$$

где  $P$  – вероятность обнаружения нарушителя при преодолении физического барьера;  $P_i^j$  – вероятность обнаружения  $i$ -м средством обнаружение на  $j$ -м физическом барьере;  $k$  – общее количество установленных средств обнаружения.

Параллельно проводимым расчетам происходит проверка на выполнение требований нормативно-правовой документации, а также соблюдения принципов построения систем физической защиты. В случае обнаружения какого-либо нарушения аналитический модуль формирует рекомендации по устранению или компенсирующие меры. Если в ходе проведения не выявлено нарушений, то выводится результат с сообщением об отсутствии нарушений нормативно-правовой базы.

На последнем шаге проводится оценка показателей эффективности, если показатели будут низкими, например, вероятность обнаружения ниже 90%, то модуль предложит улучшения по выбранному комплексу инженерно-технических средств, а также в автоматическом режиме произведет расчет защищенности с предложенными средствами. На рис. 2 представлен алгоритм данного модуля программы.

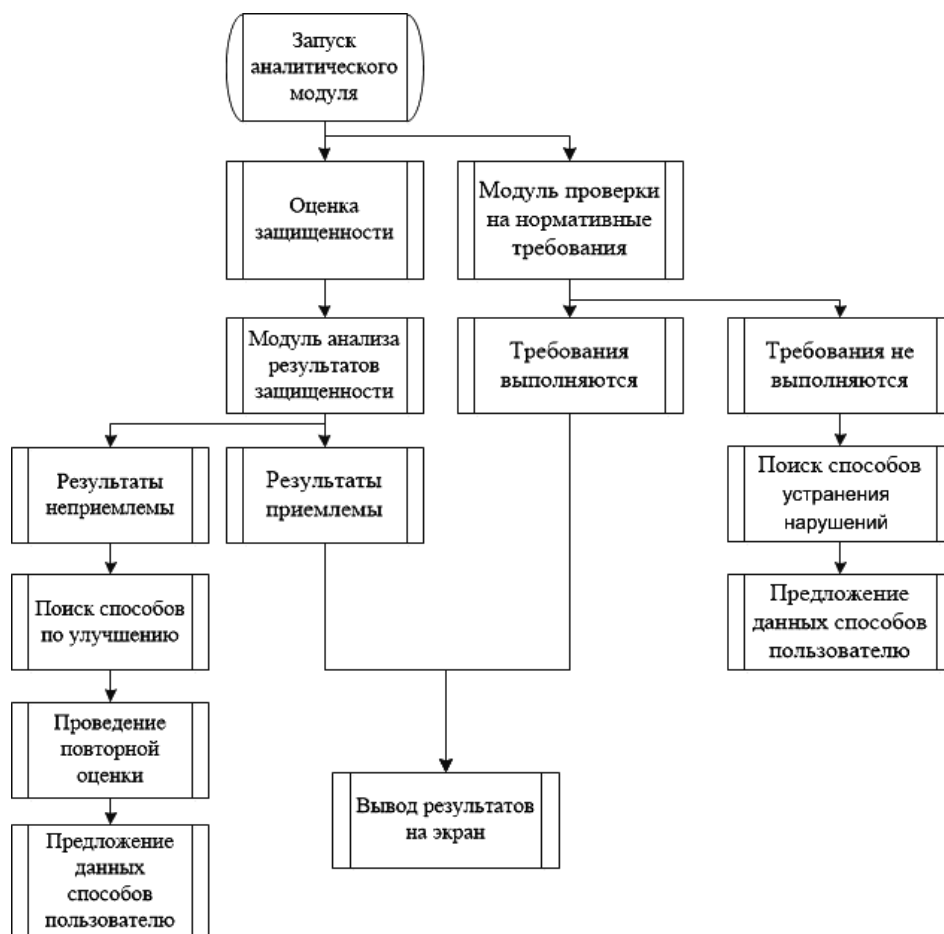


Рис. 2. Алгоритм работы аналитического модуля

### 3. Результаты моделирования объекта

Рассмотрим результаты на примере моделирования периметра гипотетического объекта, который будет приближен к существующему объекту ядерно-топливного цикла. В качестве основного ограждения, расположенного по границе объекта, используется железобетонное заграждение с установленным на нем радиоволновым средством обнаружения. За ним располагается контрольно-следовая полоса шириной 6 м. Затем задается второе ограждение, которое оснащается активным инфракрасным извещателем. Далее проходит тропа наряда шириной 2 м с постовыми грибами, оснащенными тревожно-вызывной сигнализацией и связью с пунктом управления. С периодичностью 40 м устанавливаются инженерные столбы высотой 4.5 м, оснащенные камерами видеонаблюдения и освещением. Завершает периметр сетчатое заграждение с вибрационным проводным датчиком.

Проектируем также контрольно-пропускные пункты для прохода персонала, проезда авто- и железнодорожного транспорта. На рис. 1 приведены результаты проектирования в программном комплексе, который описан выше. После того, как заданы все параметры, пользователь нажимает кнопку далее, отправляя все данные в аналитический модуль. Более подробно работа аналитического модуля представлена выше.

В результате в интерфейсе выводится краткая информация по анализу проектируемого решения с дальнейшим сохранением. Имеется возможность более подробно ознакомиться с приведенным анализом по каждому из пунктов и посмотреть детально результаты работы аналитического модуля. Например, рассмотреть время достижения цели нарушителями можно путем ознакомления со значениями преодоления каждого физического барьера. Помимо данных пунктов, аналитический модуль сигнализирует о том, что спроектированная граница защищенной зоны соответствует нормативным требованиям, но возможно улучшение для удобства работы персонала. Проектировщику выводятся результаты работы данного модуля, представленные на рис. 3.

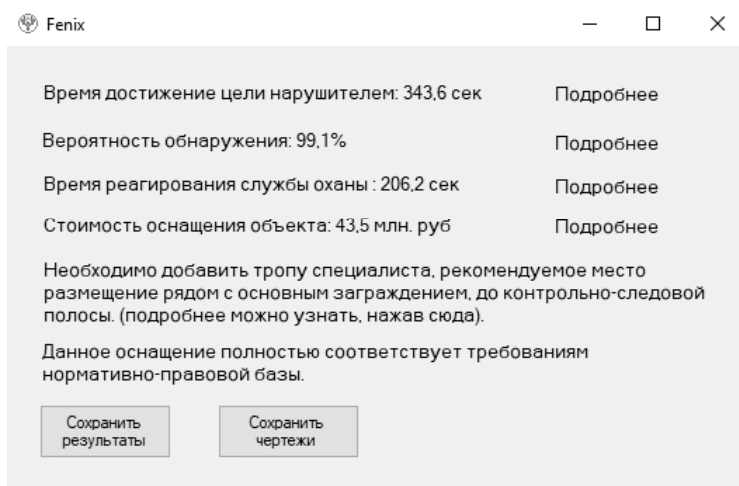


Рис. 3. Результаты моделирования периметра гипотетического объекта

Как видно из рис. 3, аналитический модуль предлагает добавить тропу для специалиста, который производит обслуживание технических средств системы физической защиты. Более подробную справку и возможность внести правки пользователь получает при нажатии на соответствующую кнопку. Пользователю также предлагается сохранить спроектированный периметр с контрольно-пропускными пунктами в формате pdf.

### Заключение

Таким образом, результатом представленной работы является разработанный модуль программно-аналитического комплекса, позволяющий производить проектирование и оценку защищенности периметра с учетом особенностей объекта. Как видно из результатов анализа спроектированного гипотетического объекта, границы защищенной зоны полностью соответствуют требованиям выдвигаемой нормативно-правовой базы. Модуль также предлагает добавить недостающие компоненты, которые не влияют на уровень защищенности, но облегчают работу персонала службы физической защиты на объекте.

Предлагаемые решения в виде программных комплексов на рынке направлены на решение одной конкретной задачи: либо проектировка, либо оценка эффективности. Разрабатываемая платформа в КНР не учитывает особенности ядерных объектов, которые могут повлиять на уровень защищенности объекта, а также принципов построения системы физической защиты. Следовательно, главной отличительной особенностью комплекса от разрабатываемых аналогов является принятие в рассмотрении особенностей объекта и проверка на соответствие нормативной базы и принципов построения физической защиты.

Использование такого программно-аналитического комплекса позволяет упростить проектирование системы физической защиты, а также улучшить ее надежность, безопасность и эффективность. Данный модуль направлен на предотвращение несанкционированных действий со стороны внешнего нарушителя или группы внешних нарушителей. Разработанный алгоритм по проектировке с учетом собранной базы данных комплекса инженерно-технических средств предоставляет специалисту огромный выбор комбинации инженерных и технических средств. Разработанный алгоритм по анализу периметра позволяет проводить проверку на соответствие требованиям выдвигаемой нормативно-правовой базы, что дает возможность также использовать данный программный комплекс при подготовке специалистов в области физической защиты. Использование комплекса в промышленности позволит упростить этап проектировки и сократить время на разработку системы физической защиты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о физической защите ядерного материала и ядерных установок [Текст] // Собр. законодательства РФ. – 2007. – № 46 (12 нояб.). – Ст. 5218.
2. Программный комплекс «ВЕГА-2». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eleron.ru/production/special-programs/vega-2>. – 8.10.2020.
3. Zou Bowen and Yang Min // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics: Systems. – 2017. – No. 11.

4. НП-083-15. Требования к системам физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов. [Электронный ресурс]. – Введен 23.11.2015 г. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_189442/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189442/). – 10.10.2020.
5. П о с т а н о в л е н и е Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов» от 19.07.2007 № 456 // Российская газета. 2007 г. с изм. и доп. в ред. от 05.07.2018.
6. С о к о л о в Е. Е. Физическая защита ядерных материалов и установок. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 78 с.

Поступила в редакцию 20.10.2020.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

---

Суханов Евгений Андреевич, магистрант НИ ТПУ, e-mail: eas70@tpu.ru;

Селиваникова Ольга Валерьевна, ст. преподаватель ОЯТЦ НИ ТПУ, e-mail: selov@tpu.ru.

*E.A. SUKHANOV, O.V. SELIVANIKOVA*

## **ANALYTICAL SOFTWARE FOR DESIGN AND PROTECTION ASSESSMENT OF THE PERIMETER OF A NUCLEAR OBJECT**

The work is devoted to the development of a module for the design and security assessment of the protected zone perimeter of the physical protection system of a nuclear facility. The proposed option allows increasing the level of security by assessing the effectiveness at the design stage and analyzing the selected equipment, taking into account the specifics of the location of the nuclear facility. The developed module is planned to be introduced into the software-analytical complex for further implementation in the areas of training specialists and industry.

**Keywords:** *physical protection, perimeter of a nuclear facility, nuclear material, outside intruder, design of a physical protection system.*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

---

Sukhanov Evgeniy Andreevich, Student NR TPU, e-mail: eas70@tpu.ru;

Selivanikova Olga Valerievna, Senior Lecturer, Division for Nuclear-Fuel Cycle NR TPU, e-mail: selov@tpu.ru.