

УДК 004.891: 623.46: 629.78

**ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ MTGIS ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ  
ИЗМЕНЕНИЯ ФОНО-ЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В ЗОНАХ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДСТВ РКО**

*Ермолаев Н.А., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Противодействие техническим разведкам»*

*Запьянцев Н.В., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Противодействие техническим разведкам»*

*Научный руководитель: Григоренко В.М.,  
к.т.н. доцент, начальник направления НИЦ РКО (г. Москва) 4 ЦНИИ МО РФ*

*Кузнецов В.А., начальник ВК № 2 «КВ» ФВО  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Функциональное назначение.** Программный модуль MTGIS предназначен для:

- отображения траектории полета баллистических ракет (БР) и космических объектов (КО);
- визуализация этапов полета БР;
- отображение зон обнаружения группировки радиолокационных станций (РЛС).

**Структурная схема программного комплекса**



Рис. 1. Структурная схема программного комплекса

Графический интерфейс — элементы, представленные на дисплее, в виде графического изображения и органов управления.

Блок «Модуль MTGIS» — осуществляет подготовку исходных данных для библиотеки визуализации, запуск и завершение выполнения сценариев.

Блок «Библиотека визуализации» — осуществляет непосредственно визуализацию сценариев, объектов и траекторий их движения в реальном масштабе времени.

**Класс «Баллистическая ракета».** Для описания БР (ракета-носителей (РН)) создан класс, описывающий статические параметры (ТТХ) и динамические характеристики БР (РН) различных типов. Визуализация движения баллистических ракет различных типов на активном участке траектории, на этапе разведения и пассивном участке траектории осуществляется с использованием UML-диаграммы (рис. 2), задающей информационные связи в наборе структур-классов.

Разработка выполнена в среде программирования Qt Creator на языке высокого уровня C++ под операционные системы: Мобильную Систему Вооруженных Сил (МСВС) и Windows.

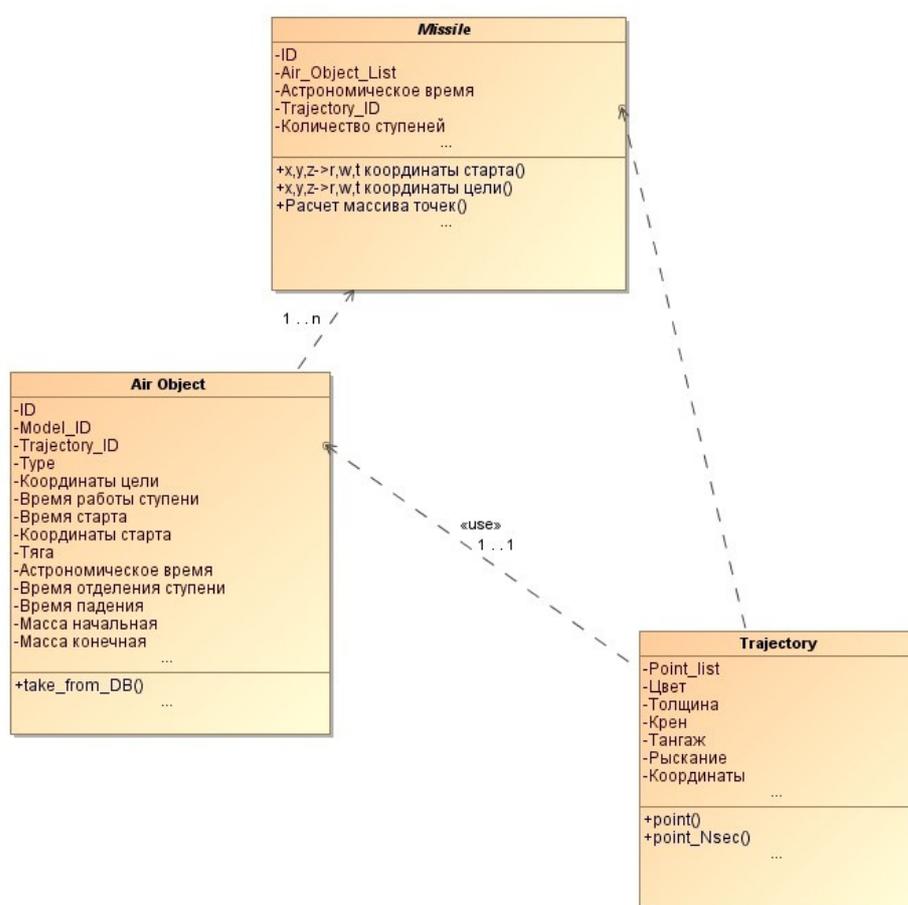


Рис. 2. Графическая формализация UML-диаграммы описания класса БР (РН)

**Класс «РЛС».** Одновременно с синтезом класса объектов БР (РН) были проработаны вопросы создания класса, описывающего параметры РЛС с фазированной антенной решеткой (ФАР), и совершенствования модели зоны обнаружения РЛС с фазированной антенной решеткой для условия обнаружения цели на максимальной дальности с учетом направления на цель и её эффективной площади рассеяния (ЭПР). Реализация модели должна обеспечивать визуализацию зоны обнаружения РЛС в окне 3D отображения имитатора РКО в среде программирования Qt Creator на языке высокого уровня C++ под операционной системой MSVC и Windows.

Разработанный класс реализует основную стандартную функциональность абстрактной РЛС с ФАР, позволяющую определить точку стояния РЛС, задать до 4 секторов обзора РЛС с учетом дальности обнаружения цели, имеющей ЭПР  $1\text{ м}^2$  с возможностью задания как конструктивных параметров, РЛС так и ЭПР цели.

### Запуск программного модуля MTGIS

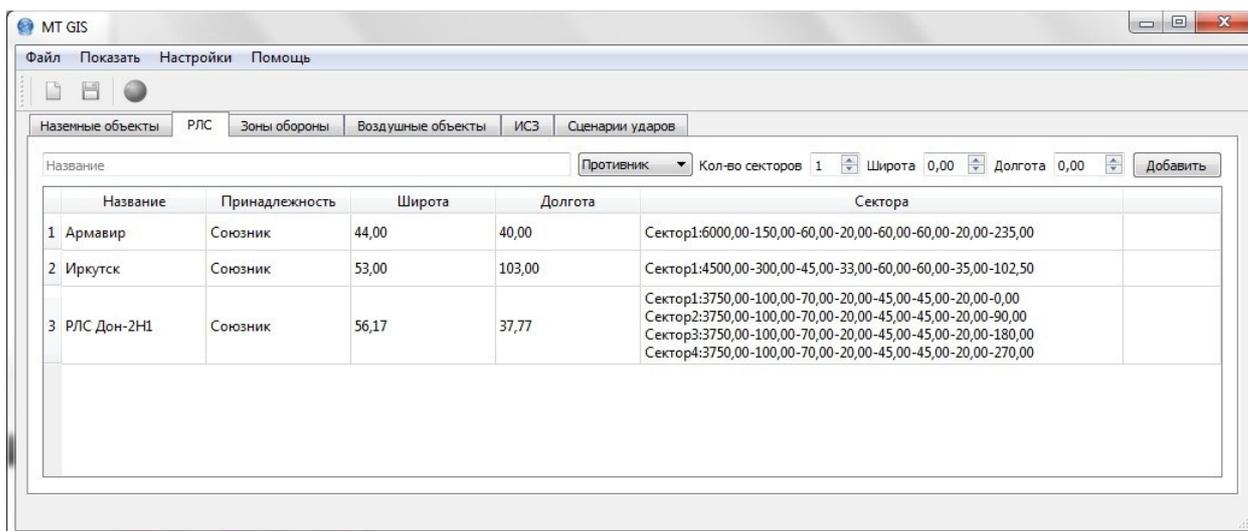


Рис. 3. Визуальный интерфейс модуля «MTGIS»

Примеры визуализации имитируемых процессов представлены на рисунках 4 и 5. В программном комплексе предусматривается моделирование траектории полета всех ступеней РН после отделения (включая и моделирование полета полезного груза).

**Пример использования классов.** Программный комплекс позволяет проводить моделирование как точки стояния РЛС, так и секторов обзора с возможностью включения и отключения видимости отдельных элементов РЛС, использующуюся для построения аналитических моделей систем и средств РКО.

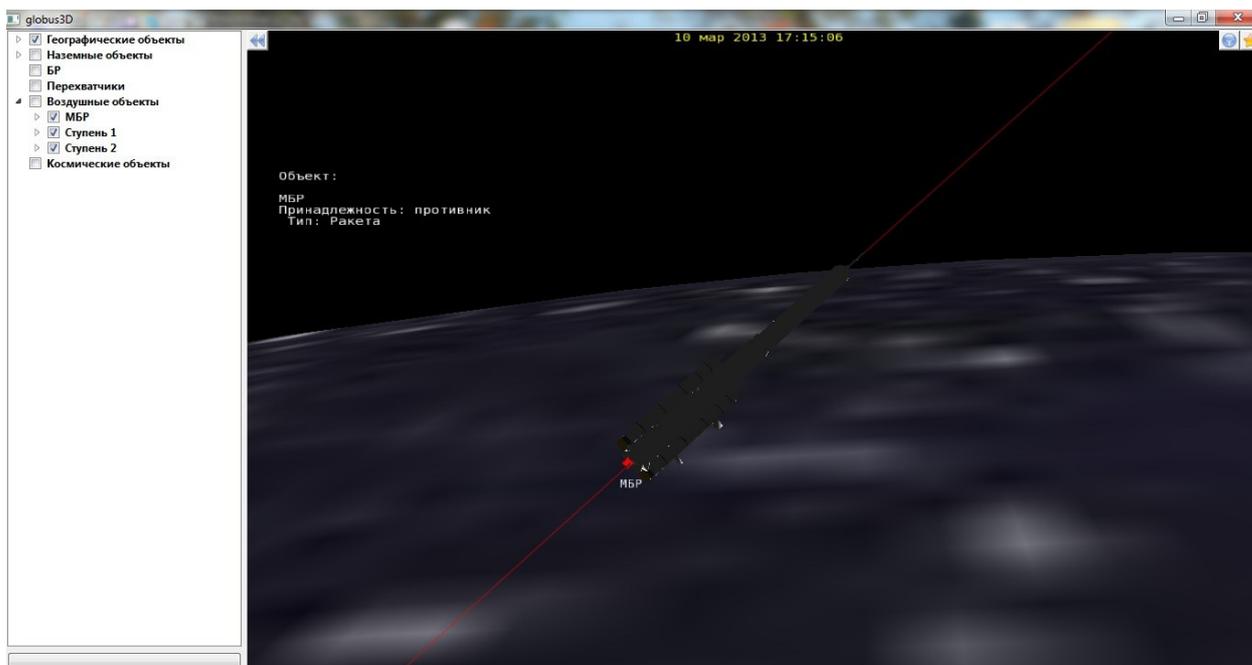


Рис. 4. Пример визуализации траекторий БР

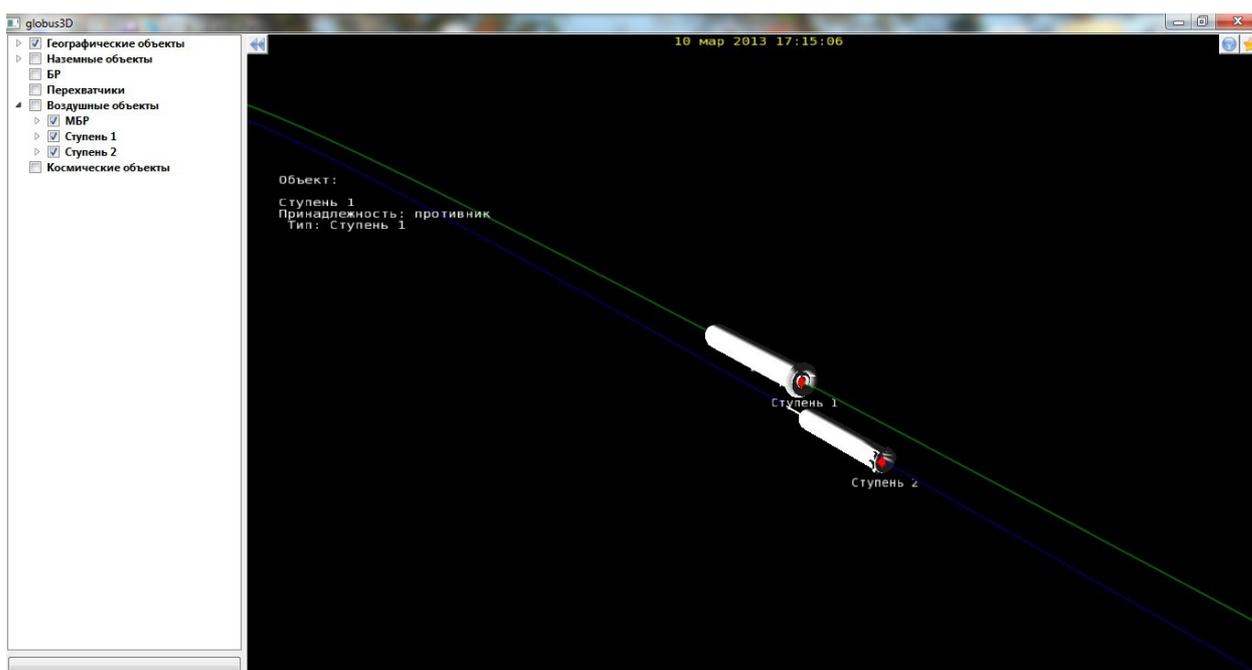


Рис. 5. Пример визуализации процесса разделения ступеней

Примеры применения модели, описывающей параметры РЛС с ФАР, для визуализации зон действия гипотетических РЛС с использованием библиотеки OpenSceneGraph представлены на рисунках 7 и 8.

## Исходные данные.

**Разработка трехмерных моделей.** Трехмерные модели разрабатываются с помощью пакета “3DSMax (Autodesk)”. Учитывается количество ступеней РН и их габариты. Внешний вид РН воссоздается по информации из открытых источников.

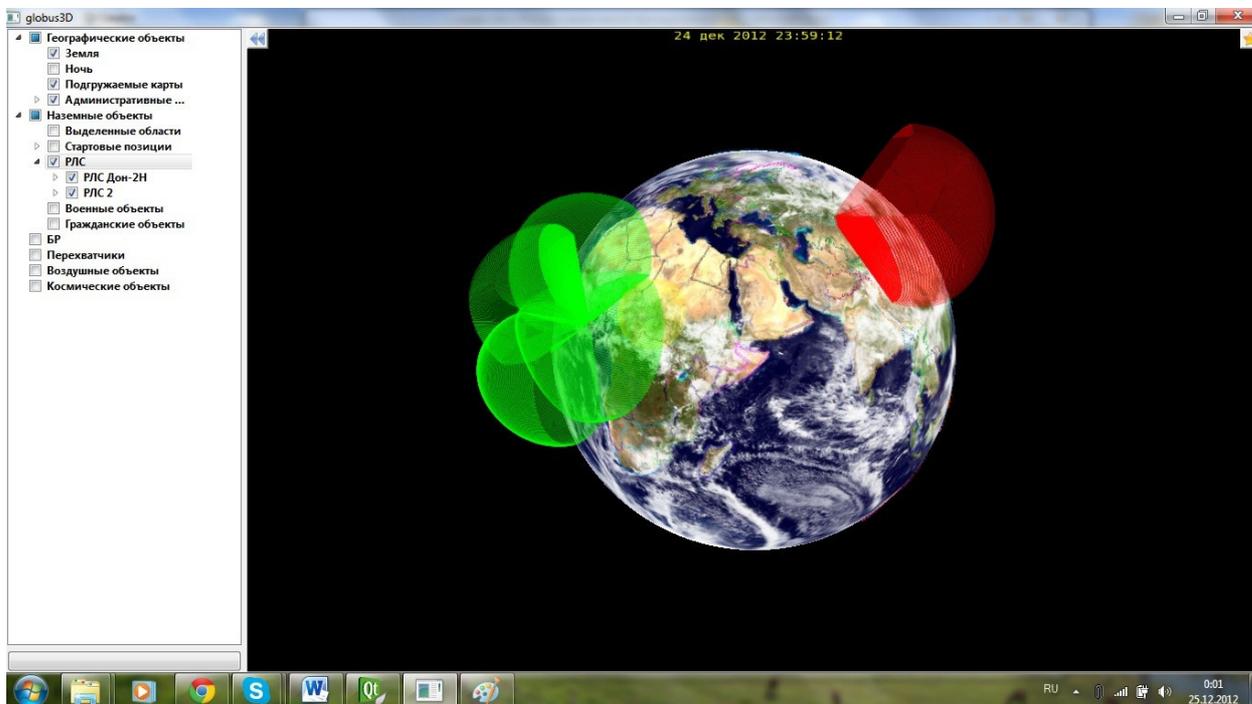


Рис. 7. Пример использования классов РЛС в составе программных средств ИМК РКО

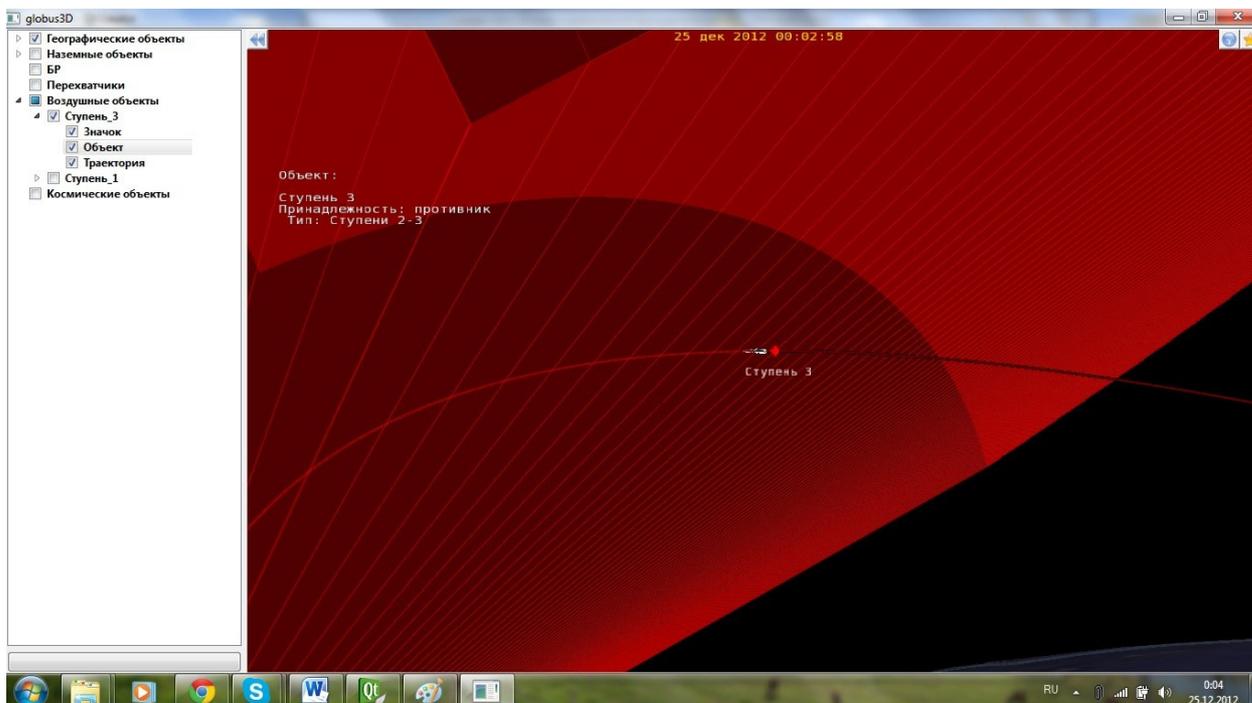


Рис. 8. Пример пересечения зоны охвата РЛС и траектории в момент пролета БР.

В среде визуализации “Autodesk 3DSMax” создаются полигональные модели, конвертируемые в стандартный формат “.3DS”, который распознают “OpenGL”-библиотеки (язык программирования C++). Модели создаются из стандартных графических примитивов (цилиндр, конус, сфера, параллелепипед), а затем разбиваются на полигоны и более детально редактируются с наложением текстур и применением различной окраски полигонов. Примеры части разработанных 3D моделей проиллюстрированы на рис. 6.

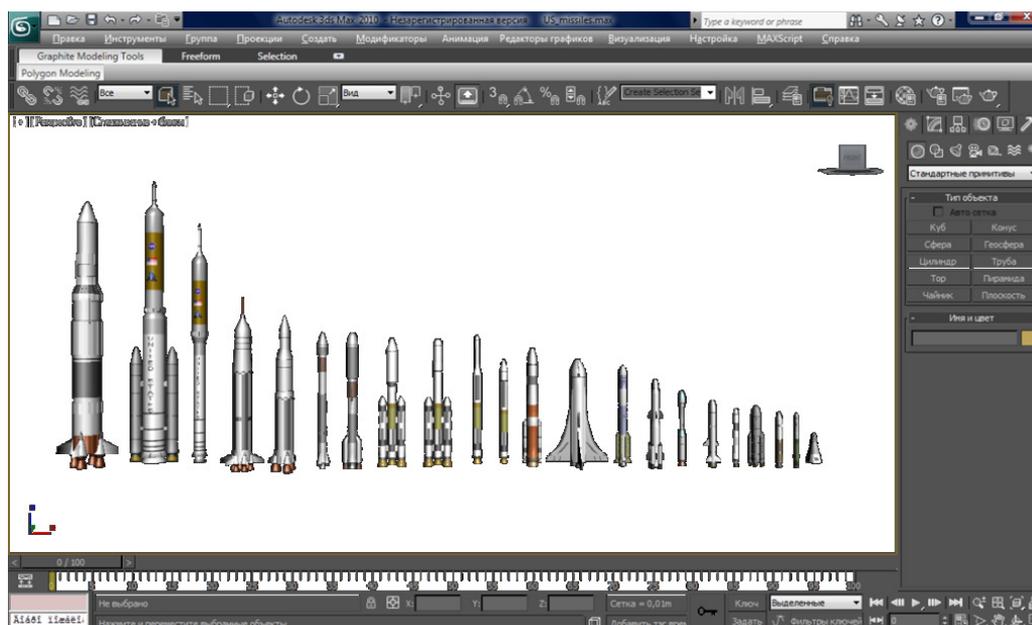


Рис. 6. Примеры 3D моделей БР (РН)

**Задание входных данных.** Входные данные для точек стояния РЛС, их секторов обзора, а также координаты других объектов, которые будут расположены на земной поверхности вводятся непосредственно с клавиатуры в визуальном интерфейсе программного комплекса MTGIS.

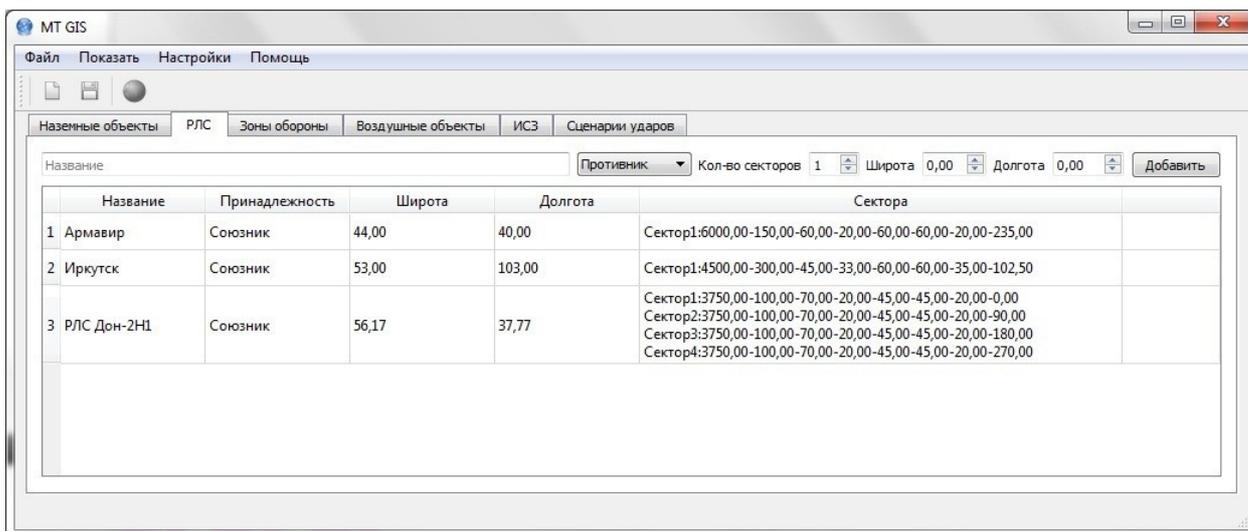


Рис. 9. Пример, иллюстрирующий способ задания исходных данных РЛС из MTGIS

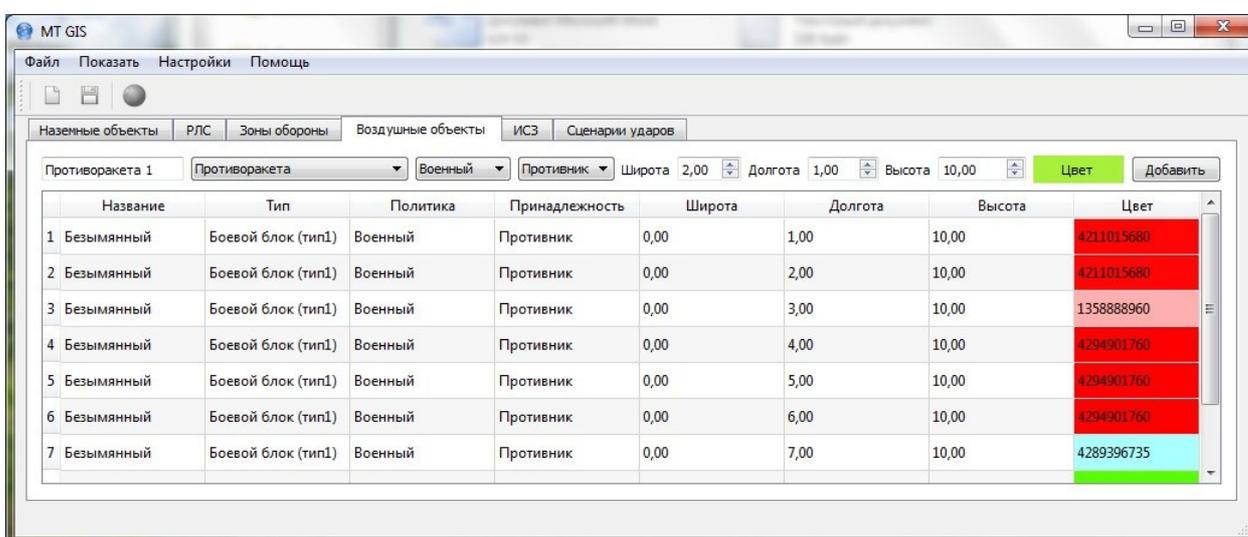


Рис. 10. Пример, иллюстрирующий способ задания исходных данных БР из MTGIS

Для задания траектории движения баллистической ракеты используется текстовый файл (\*.txt). Структура файла представлена ниже:

*1-ое поле - № точки n/n, начиная с 0; далее координаты XYZ в метрах в геостационарной системе координат; далее угловые скорости  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ .*

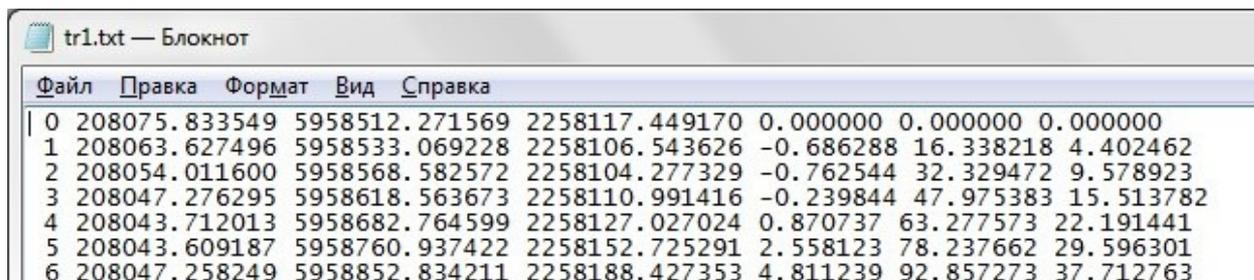


Рис. 11. Пример задания траектории БР

**Выводы.**

Преимуществом модуля MTGIS является программная независимость от источника исходных данных, что достигается за счет использования простых способов информационного сопряжения с имитационно-расчетными моделями.

В то же время, идеология UML, положенная в основу модуля MTGIS, обеспечивает встраивание в существующий модуль программных блоков, обеспечивающих аналитических расчет параметров движения баллистических и космических объектов, оценку пространственно-временных и вероятностных характеристик их прохождения через зоны действия информационных средств.

Поэтому, в качестве одного из актуальных, в рамках данного проекта, направлений дальнейших работ можно считать встраивание в модуль MTGIS библиотеки процедур аналитических расчетов пространственно-временных характеристик фоно-целевой обстановки в зонах ответственности информационных средств РКО.

В дальнейшем целесообразно расширить возможности модуля MTGIS за счет разработки и внедрения методик и алгоритмов имитации излучательно-отражательных характеристик элементов фоно-целевой обстановки, в том числе, излучательных характеристик факелов ракет-носителей.

### **Список литературы**

1. «Создание комплекса математических моделей для исследования движения баллистических ракет различных типов на активном участке траектории», НТО «Скаут-БР», – М.: ВИ МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011 г. 89 с.
2. Лобач А.Ю., Ермолаев Н.А., Запьянцев Н.В. Комплекс моделей для поддержки исследований функционирования средств РКО в различных сценариях боевых действий, «Студенческий научный вестник», том XII, часть 5, 2012 г.
3. «Совершенствование прикладных задач имитационно-моделирующей базы», НТО о НИР «Скаут-АСУ», – М.: ВИ МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012 г.
4. «Язык программирования С++», Бьерн Страуструп, 3 издание, Издательство: Бином, 2004 г.
5. «Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы», Дональд Э. Кнут, Издательство: Вильямс, 2008 г.
6. «Устройства СВЧ и антенны», Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, Учебник для ВУЗов, Издание 2-ое, Издательство: Радиотехника, 2006 г.
7. Документация к Мобильной системе Вооружённых Сил.
8. Документация к среде разработки Qt.
9. Документация к OpenSceneGraph.

10. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. Дж. Рамбо, М. Блаха, Издательство: Питер, 2007 г. 544 с.
11. MDA - Aegis Ballistic Missile Defense Media Gallery// MDA.MIL: Missile Defense Agency - U.S. Department of Defense. URL: [http://www.mda.mil/news/gallery\\_aegis.html](http://www.mda.mil/news/gallery_aegis.html).
12. Missile Defense Advocacy// MISSILEDEFENSEADVOCACY.ORG: Missile Defense Advocacy Alliance. URL:  
<http://www.missiledefenseadvocacy.org/videoplayer.aspx?videofile=NKLaunch1211.flv>.
13. Каталог ракет | Ракетная техника// RBASE.NEW-FACTORIA.RU: Информационно - новостная система Ракетная техника URL: <http://rbase.new-factoria.ru/search/search.php>.
14. Viewing Vandenberg Rocket and Missile Launches// SPACEARCHIVE.INFO: Space Archive - The Southwest's Source for Regional Space Information.