

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОМАНДНОГО ПУНКТА СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАКЕТНОМ НАПАДЕНИИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

О.А. Плаксенко, А.О. Щирый (Москва)

Введение

В ходе разработки перспективных образцов вооружений и военной техники, особенно систем противоракетной обороны (ПРО), возникает необходимость комплексного имитационного моделирования всех эшелонов стратегической ПРО, всех систем, сил и средств, входящих в её состав [1]. Для такого моделирования в рамках концепции комплексного (системного) моделирования исследуемых сложных объектов и процессов [1–4] разрабатывается вычислительная система, в состав которой входит несколько моделей, осуществляющих имитационное моделирование отдельных систем, средств, комплексов и других элементов исследуемой конфигурации системы ПРО. Также в состав системы входит специализированный модуль, называемый диспетчером моделирования. Его функции: чтение сценария, созданного пользователем и содержащего архитектуру исследуемой конфигурации системы ПРО; загрузка и инициализация имитационных моделей (в том числе имитатора фоноцелевой обстановки), требуемых для исследования созданной конфигурации системы ПРО; запуск сценария на счет, управление имитационными моделями в процессе счета и мониторинг хода его исполнения.

Данная статья посвящена разработке одной из таких имитационных моделей – модели командного пункта (КП) системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН). СПРН – это система обнаружения запусков баллистических ракет (БР), вычисления их траектории и передачи на вышестоящие КП информации, на основе которой фиксируется факт нападения на государство с применением ракетного оружия и принимается оперативное решение об ответных действиях. Включает в себя два эшелона: наземный, состоящий из радиолокационных станций (РЛС), и космический, состоящий из орбитальной группировки спутников. Ранее [5,6] было принято выделять три эшелона СПРН, где кроме двух упомянутых, фигурировал также эшелон, представленный загоризонтными (ЗГ) РЛС декаметрового (ДКМ) диапазона, с предполагавшейся дальностью обнаружения до 10000 километров (дальность по поверхности Земли). Однако низкая точность и малая достоверность поставленных на опытную эксплуатацию ЗГ РЛС привели к отказу принятия РЛС данного типа в боевую эксплуатацию и последующему закрытию работ по ЗГ РЛС СПРН на долгие годы. Однако сейчас предпринимаются попытки создания систем данного класса (например, РЛС 29Б6 «Контейнер») на новой технологической и научной основе, т.е. с учетом современных данных об ионосфере и эффектах ионосферного распространения радиоволн ДКМ диапазона и используя оперативную диагностику ионосферы [7–19].

1. Общие сведения о КП СПРН

На КП СПРН поступает информация от источников её наземного и космического эшелонов. Поступающая информация агрегируется в виде единого массива траекторий целей, КП СПРН информация поступает на КП более высокого уровня, а также непосредственно на стрельбовые противоракетные комплексы, в чьей зоне ответственности находится обнаруженная цель.

На вышестоящие КП информация передается в формате комплекса «Крокус» (комплекс оповещения высшего военно-политического руководства страны). В штатном режиме эта информация с КП СПРН посылается каждые 10 сек.

Обмен со стрельбовыми комплексами носит двусторонний характер: от КП СПРН приходят сообщения о целях в зонах ответственности комплексов, а в КП СПРН от комплексов приходят данные о боеготовности средств поражения и подавления, результатах применения.

Также КП СПРН осуществляет двусторонний обмен данными с КП Системы Контроля Космического Пространства (СККП), предназначенной для слежения за военными космическими аппаратами (КА), и что особенно важно – предупреждения о падающих КА, которые по траекторным признакам неотличимы от БР. Этот информационный обмен в разрабатываемой модели запланирован к реализации в будущем, поэтому в данной работе не рассматривается.

2. Имитационная модель КП СПРН

2.1. Общие сведения

Модель КП СПРН системы обеспечивает:

- объединение информации от различных средств системы, формирование единого массива траекторий (ЕМТ);
- выработку и рассылку команд на включение дежурных средств;
- выдачу целеуказаний (ЦУ) средствам системы, работающим по целеуказаниям;
- ведение и сохранение протокола боевых действий.

Прием сообщений от информационных средств (дежурных РЛС и РЛС боевого режима, внешних информационных систем, подчиненных КП) происходит асинхронно в такте работы модели РЛС и состоит в идентификации цели в различных средствах и объединении информации от различных средств системы.

Обработка сообщений от элементов системы происходит в цикле работы алгоритмов КП с заданной периодичностью по событиям синхронизации модельного времени от диспетчера и включает в себя:

- расчет и выдача целеуказаний средствам, работающим по ЦУ;
- выдача сообщений потребителям информации КП.

Выдача целеуказаний по целям, ранее обнаруженным дежурными РЛС ПРН или спутниковыми системами обнаружения стартов, производится на расчетный момент входа цели в сектор поиска (допоиска). Выдача ЦУ производится с учетом ограничений на пропускную способность РЛС. Выдача ЦУ по сложной баллистической цели (СБЦ) может проводиться как по всей СБЦ, так и поэлементно.

2.2. Формирование ЕМТ

Единый массив траекторий баллистических объектов (БО) содержит:

- текущее число баллистических объектов в едином массиве;
- номер БО в едином массиве;
- оценку вектора состояния БО, полученного на основе объединения данных о БО, полученных от всех информационных средств;
- ковариационную матрицу ошибок оценивания вектора состояния БО;
- момент времени, к которому привязана оценка вектора состояния БО.

Кроме того, в отдельном массиве запоминается история процесса идентификации, уточнения параметров траекторий БО и коррекции ЕМТ. Это дает возможность проведения ретроспективного и оперативного анализа целевой обстановки, например, выделять элементы, принадлежащие одной СБЦ. Матрицы весов идентификации позволяют понять плотность удара и отдельных групп целей.

2.3. Объединение информации от различных источников

Моделируются действия КП по объединению оценок и ковариационных матриц ошибок оценивания траектории из сообщений, полученных от различных источников. Оценка вектора состояния цели проводится на текущий момент времени. Решение задачи определения оценки фазового вектора производится для баллистической модели движения цели. В качестве фазового вектора вводится шестимерный вектор координат и их производных в системе координат r, φ, λ (r – расстояние до центра Земли, φ – широта, λ – долгота). Пересчет оценок и их ковариационных матриц в любую другую систему координат осуществляется с помощью соответствующих формул преобразования. Для получения фактических ошибок оценивания фазового вектора при объединении информации на КП используется расширенный фильтр Калмана.

2.4. Входная информация имитационной модели КП СПРН

2.4.1. Координатное сообщение о старте БР. Формируется по данным космического эшелона СПРН. Содержит:

- номер цели в нумерации КП СПРН;
- время привязки данных;
- время старта БР;
- координаты точки старта;
- азимут стрельбы;
- ковариационную матрицу ошибок оценивания времени, координат точки старта и азимута стрельбы.

2.4.2. Координатное сообщение о траектории БР.

Формируется по данным РЛС СПРН или по данным космического эшелона при многократном накрытии района контроля, обнаружения цели двумя и более космическими аппаратами, идентификации и выполнения баллистической обработки. Содержит:

- номер цели в нумерации КП СПРН;
- время привязки данных;
- фазовый вектор координат и скоростей цели;
- ковариационную матрицу фазового вектора.

2.4.3. Сообщение об обнаруженных целях от огневого средства.

В целом аналогично описанному выше координатному сообщению о траектории БР, что формируется по данным РЛС СПРН, но содержит также еще следующую информацию: трек по ЦУ или автономное обнаружение, критерий обнаружения еще не сработал, трек обнаружен и сопровождается, было выдано сообщение об обнаружении, классифицирована как БР, потерян по критерию сброса, снят по команде, снят как ложный элемент или не опасен, снят по выходу из сектора [не входит в зону, вне зоны действия перехватчика, нарушен баланс времени, нет ресурсов РЛС, нет боезапаса, цель может быть обстреляна, назначен перехватчик, запрет на обстрел, цель обстреляна, промах, цель поражена, оценка факта поражения, цель прорвала ПРО (боевой блок взорван).

2.5. Формирование информации предупреждения

Модель КП СПРН имитирует выдачу информации предупреждения, формируемой командными пунктами СПРН по информации, полученной от космической системы обнаружения стартов и надгоризонтных средств. Кроме этого, информация предупреждения может быть сформирована по данным средств системы ПРО (или с учетом этих данных).

Модель КП СПРН формирует:

- сигналы, характеризующие степень опасности, и их достоверность;
- обобщенное описание параметров ракетно-космической обстановки (РКО);
- детальное описание параметров РКО.

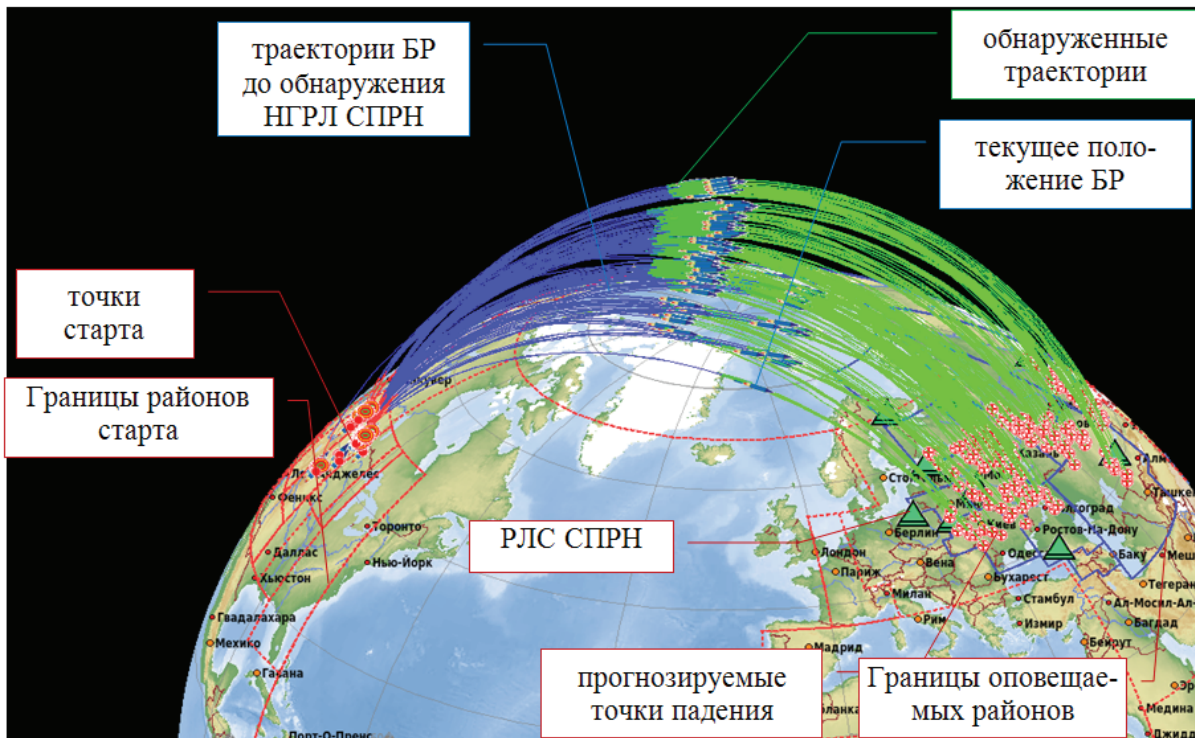


Рис. 2. Визуализатор данных имитационной модели СПРН

Каждой траектории приписывается номер района старта, для траекторий, обнаруженных РЛС – номер района падения в соответствии с оцененными координатами точек старта и падения. Траекторная информация по каждой обнаруженной БР удара формируется по оцененным координатам точек старта, падения, полетной дальности и полетному времени обнаруженной БР. Пример результатов работы модели КП СПРН в комплексе с моделями других систем ПРО и ракетно-космического нападения, показан на рис.2.

Заключение

Представленная имитационная модель не является «точной копией» реального изделия КП СПРН, стоящего на боевом дежурстве, но реализует его логику работы, с учетом современных требований и без ряда ограничений: например, реальный КП СПРН имеет ограничение на максимальное число сопровождаемых целей – наша модель такого ограничения не имеет. Она предназначена для отладки новых решений в процессе разработки перспективных образцов вооружений и военной техники.

Литература

1. Имитационное моделирование боевых действий: теория и практика / Под ред. д-ра техн. наук Созинова П.А., д-ра техн. наук Глушкова И.Н. Тверь. 2013. 528 с.
2. **Попович В.В., Ивакин Я.А., Сорокин Р.П., Власов С.А.** Имитационное моделирование боевых действий на основе сценарного подхода // Труды 6-й Всеросс. научн.-практ. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013, Казань). Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2013. Т.2. с.231–239.
3. **Резяпов Н., Чесноков С., Инюхин М.** Имитационная система моделирования боевых действий // Зарубежное военное обозрение. 2008, №11. С. 27–32.
4. **Новиков Д.А.** Иерархические модели военных действий // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН, 2012. Выпуск 37. С. 25–62.
5. **Ахияров В.В., Нефедов С.И., Николаев А.И., Слукин Г.П., Федоров И.Б., Шустиков В.Ю.** Радиолокационные системы: Учебное пособие / Под ред. А.И. Николаева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 349 с.
6. **Акимов В.Ф., Калинин Ю.К.** Введение в проектирование ионосферных загоризонтных радиолокаторов / под ред. С.Ф.Боева. Москва: Техносфера.2017.492с.
7. **Щирый А.О.** Исследование свойств модуля комплексной передаточной функции многолучевой КВ-радиолинии с помощью его программного имитатора // Сборник докладов 1-ой всероссийской научно-практической конференции «Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках» (ИММОД-2003), СПб, 2003 г.: В двух томах. Том II. СПб.: ЦНИИТС, 2003. С.218–223.
8. **Щирый А.О.** Программное обеспечение управления базовой станцией ионосферного мониторинга // Инженерный вестник: Информатика, радиофизика, управление. 2005. № 2. С. 204–207.
9. **Колчев А.А., Щирый А.О.** Режекция сосредоточенных по спектру помех при ЛЧМ зондировании ионосферы // Известия вузов. Радиофизика.2006, №9. С.751–759.
10. **Колчев А.А., Щирый А.О.** Восстановление частотной зависимости комплексного коэффициента отражения по данным наклонного ЛЧМ ионозонда // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т.20. № 7. С.627–630.
11. **Щирый А.О.** Разработка алгоритмов для повышения точности измерения и расширения возможностей традиционного применения наклонного ионозонда // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 1.1(27). С. 202–204.
12. **Колчев А.А., Шумаев В.В., Щирый А.О.** Наиболее вероятные модели многолучевости при распространении коротких волн на магистральных среднеширотных радиолиниях // Информационные технологии моделирования и управления. 2007. № 1 (35). С. 70–76.
13. **Щирый А.О.** Разработка и моделирование алгоритмов автоматического измерения характеристик ионосферных коротковолновых радиолиний: Автореф. дис. канд. техн. наук: Спец. 05.12.04; Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. СПб. 2007. 19 с.
14. **Колчев А.А., Щирый А.О.** Оценивание параметров сосредоточенных по спектру помех на выходе приемника ЛЧМ ионозонда // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2007. № 5. С.54–61.
15. **Колчев А.А., Шумаев В.В., Щирый А.О.** Измерительный комплекс для исследования эффектов многолучевого ионосферного распространения коротких волн // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2008. Т.51. № 12. С. 73–78.

16. **Щирый А.О.** Гибкая перестройка ионограмм наклонного радиозондирования ионосферы в процессе вторичной обработки // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2011. № 14. С.138–140.
17. **Колчев А.А., Щирый А.О., Недопекин А.Е.** Математические модели и методики измерения АЧХ многолучевых ионосферных коротковолновых радиолиний: монография / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2013. 147 с.
18. **Щирый А.О.** Развитие средств автоматизации наземного радиозондирования ионосферы // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2014. Т.14. №5. С.170–173.
19. **Щирый А.О.** Архитектура программной части аппаратно-программного комплекса дистанционного наземного радиозондирования ионосферы // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2015. №18. С.144–152.