

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Чепурнов И.А., Черваков В.О.

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия*

chepurnov@bmstu.ru, vchervakov@bmstu.ru

Аннотация. Рассмотрены основные преимущества и возможности современных систем компьютерного моделирования. Обоснована целесообразность использования современных систем компьютерного моделирования при проведении научных исследований и обучении курсантов военных вузов и военных учебных центров. Представлен опыт использования систем компьютерного моделирования Mathcad и MATLAB в преподавании военно-технических дисциплин в военном учебном центре МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ключевые слова: моделирование, военно-технические дисциплины, системы компьютерного моделирования, радиолокационная станция, управляемая ракета, мониторинг космического пространства, Mathcad, MATLAB.

Введение

Постоянный рост технической оснащенности Вооруженных Сил Российской Федерации, пространственный размах, структурная сложность и разнообразие современных образцов вооружения и военной техники должны адекватно отражаться в содержании и методике преподавания военно-технических (военно-специальных) дисциплин в военных вузах и военных учебных центрах. Уровень подготовки военных инженеров должен обеспечивать как глубокие теоретические знания принципов построения отдельных образцов вооружения, перспектив их развития, физических основ элементной базы аппаратуры, сущности физических явлений и процессов, протекающих при ее работе, так и понимание общих закономерностей построения основных классов вооружения и военной техники, способов и технических средств достижения требуемых тактико-технических характеристик, тенденций развития вооружения, способность к самостоятельному освоению вновь поступающих образцов техники.

В настоящее время компьютерное моделирование широко используется во многих научных областях, так как представляет собой эффективный способ изучения сложных систем, в том числе и военного назначения. Компьютерные модели проще и удобнее исследовать, благодаря возможности проведения вычислительных экспериментов, которые достаточно сложны, а порой и невозможны, в реальных условиях. Такие современные системы компьютерного моделирования, как MATLAB, Mathcad, Maple, Mathematica, позволяют использовать возможности развитых вычислительных методов без классической процедуры программирования и предоставляют пользователю удобную для работы среду, обеспечивая быстрое и удобное решение задач на персональных компьютерах.

Компьютерное моделирование в учебном процессе, возможно, имеет еще большее значение, чем в научных исследованиях. Так, сопровождение лекционных занятий демонстрационными компьютерными моделями позволяет достичь значительного дидактического эффекта. Использование компьютерного моделирования при проведении технических расчетов в рамках практических занятий, а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, позволяет обеспечить изучение объекта исследования в аспекте его понимания, управления или прогнозирования.

В настоящее время к наиболее используемым в научных исследованиях и учебном процессе системам компьютерного моделирования, следует отнести такие программы как Mathcad и MATLAB [1]. В настоящей работе представлен опыт использования данных систем компьютерного моделирования в преподавании военно-технических дисциплин в военном учебном центре МГТУ им. Н.Э. Баумана, осуществляющем подготовку военных специалистов, прежде всего, в интересах Воздушно-космических сил (ВКС).

1. Моделирование в системе Mathcad

Mathcad – система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается лёгкостью использования и применения для коллективной работы. Разработчиком данной системы является корпорация РТС (Parametric Technology Corporation) [2].

Mathcad имеет интуитивный и простой для использования интерфейс пользователя. Для ввода формул и данных можно использовать как клавиатуру, так и специальные панели инструментов. Некоторые из математических возможностей Mathcad (версии до 13.1 включительно) основаны на подмножестве системы компьютерной алгебры Maple. Начиная с 14 версии – использует символьное ядро MuPAD. Работа осуществляется в пределах рабочего листа, на котором уравнения и выражения отображаются графически, в противовес текстовой записи в языках программирования. При создании документов-приложений используется принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get – «что видишь, то и получаешь»). Несмотря на то, что эта программа, в основном, ориентирована на пользователей-непрограммистов, Mathcad также используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования путём использования распределённых вычислений и традиционных языков программирования. Также Mathcad часто используется в крупных инженерных проектах, где большое значение имеет трассируемость и соответствие стандартам.

Одним из ключевых элементов большинства сложных технических систем, состоящих на вооружении ВКС, являются радиолокационные станции (РЛС). Применение системы Mathcad при исследовании информационных возможностей современных РЛС, предназначенных для обнаружения и определения координат воздушных объектов [1], позволяет производить оценку их конструктивной зоны действия и расчет основных характеристик РЛС (рис. 1).

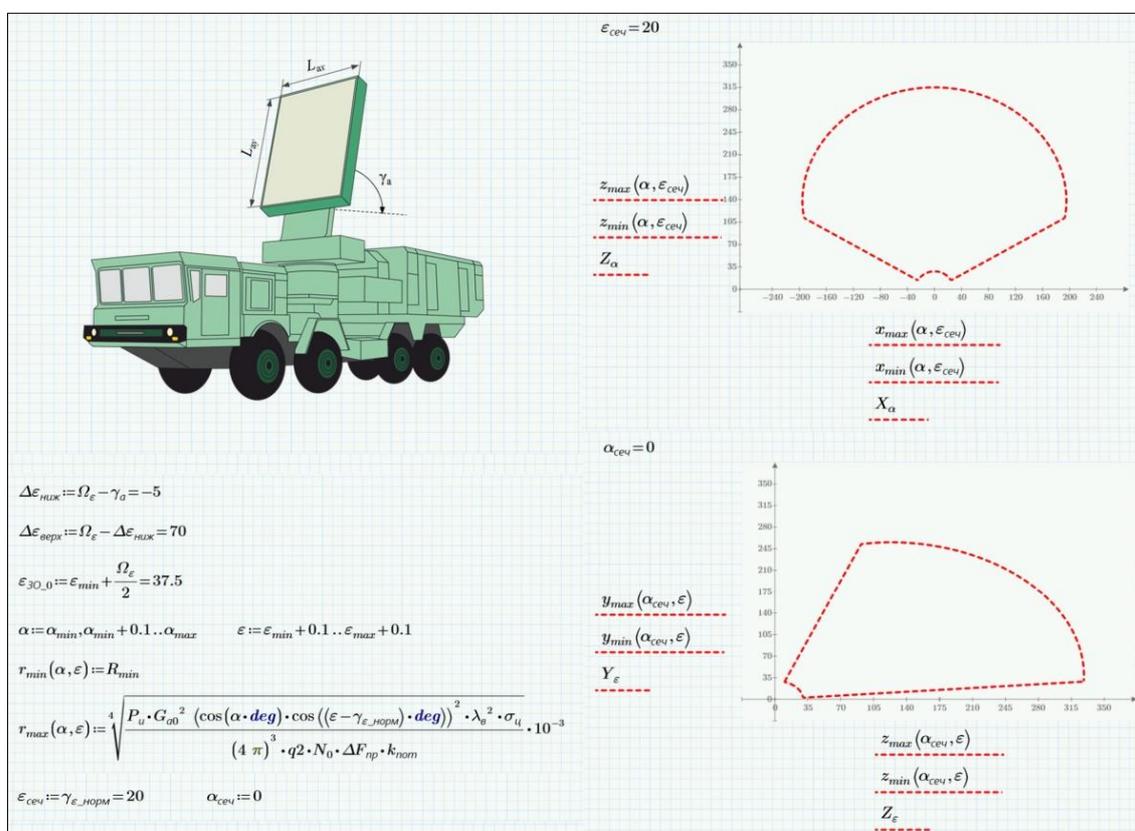


Рис. 1. Оценка информационных возможностей РЛС с использованием системы Mathcad Prime 4.0

Современные РЛС, особенно военного назначения, отличает использование в качестве их антенных систем фазированных антенных решеток (ФАР). Параметры и структура ФАР во многом определяют характеристики РЛС. При моделировании ФАР РЛС особую важность представляют такие характеристики, как диаграмма направленности (ДН), эффективная площадь антенны, коэффициент усиления и коэффициент направленного действия [3, 4].

При описании свойств излучения ФАР используются два почти равноценных понятия трехмерной и двухмерной ДН, которые служат для представления свойств излучения в системе пространственных координат [5]. Первая из этих диаграмм воспроизводит распределение излучения по всем направлениям, а вторая – по направлениям, лежащим в какой-либо плоскости. Чаще всего ДН ФАР представляют в декартовой системе координат. Несмотря на то, что такое представление менее наглядно, чем в полярных координатах, однако его преимущество состоит в большем угловом разрешении боковых лепестков, что очень важно для анализа ДН ФАР.

Система Mathcad предоставляет возможность моделировать ФАР РЛС, осуществлять расчет их характеристик и получать графические изображения ДН (рис. 2).

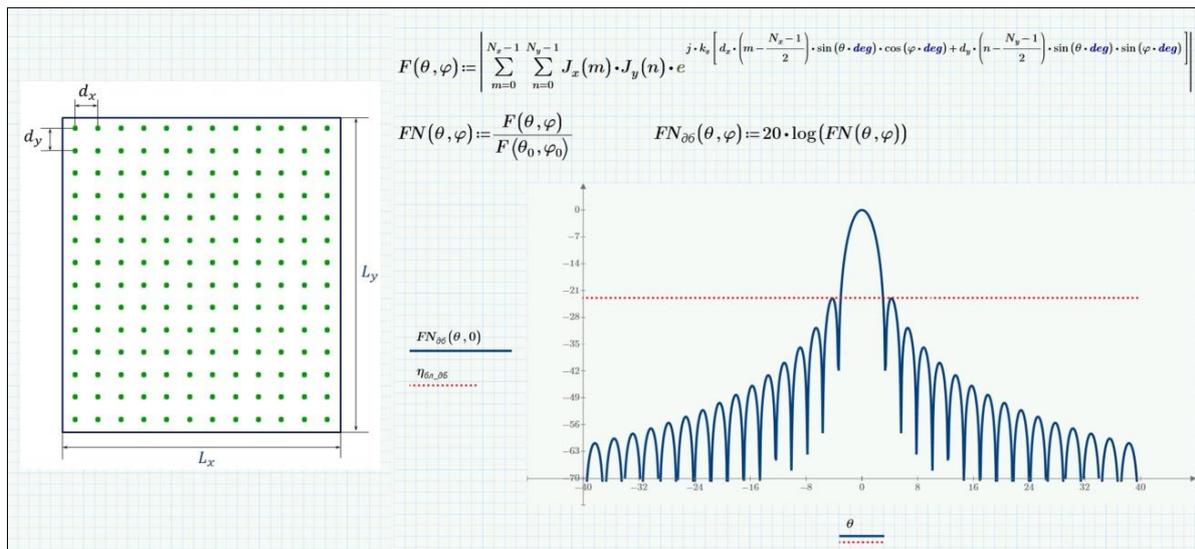


Рис. 2. Моделирование ФАР РЛС в системе Mathcad Prime 4.0

При изучении основ построения и функционирования систем радиолокационного мониторинга космического пространства, весьма полезным является моделирование процесса обнаружения и сопровождения космических объектов (КО) наземной радиолокационной станцией (РЛС). Моделирование движения КО представляет собой расчет координат его положения и составляющих скорости в заданные моменты времени применительно к выбранной системе координат. Основная сложность моделирования, в данном случае, заключается в достаточно большом количестве, необходимых для использования в расчетах, промежуточных систем координат, и, следовательно, в трудоемкости математических вычислений.

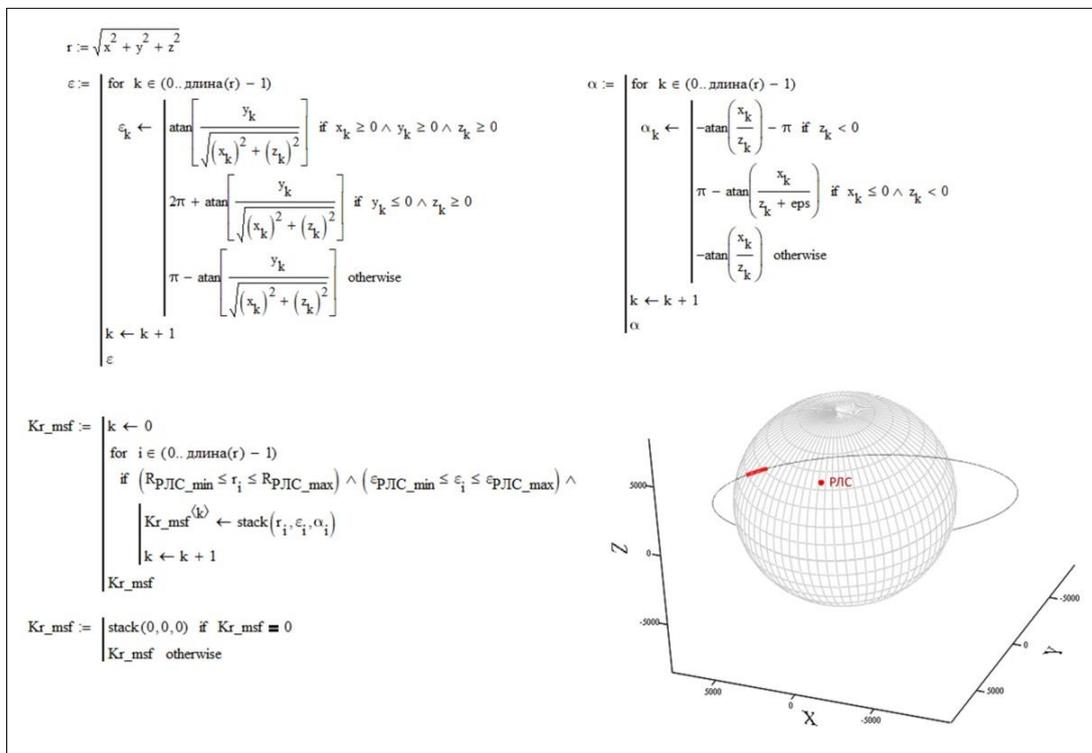


Рис. 3. Моделирование траектории движения КО в зоне действия наземной РЛС с заданными параметрами в системе Mathcad 15.0

Вычислительные и графические возможности системы Mathcad позволяют достаточно адекватно моделировать траекторию движения КО в зоне действия наземной РЛС дальнего обнаружения с

заданными параметрами (рис. 3), а также формировать вектор траекторных измерений для их последующей обработки.

2. Моделирование в системе MATLAB

MATLAB (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноименный язык программирования, используемый в этом пакете [1, 6]. Из-за большого числа, поставляемых с системой пакетов расширения MATLAB эта система является и самой большой из систем компьютерного моделирования, ориентированных на персональные компьютеры. Самым известным из них стало расширение Simulink, обеспечивающее блочное имитационное моделирование различных систем и устройств [7].

Эффективность MATLAB обусловлена, прежде всего, ее ориентацией на матричные вычисления с программной эмуляцией параллельных вычислений и упрощенными средствами задания циклов. В MATLAB удачно реализованы средства работы с многомерными массивами, большими и разреженными матрицами и многими типами данных.

Как известно [3], основным источником радиолокационной информации является отраженный от цели радиолокационный сигнал. Пример использования системы MATLAB при анализе характеристик типовых радиолокационных сигналов представлен на рис. 4.

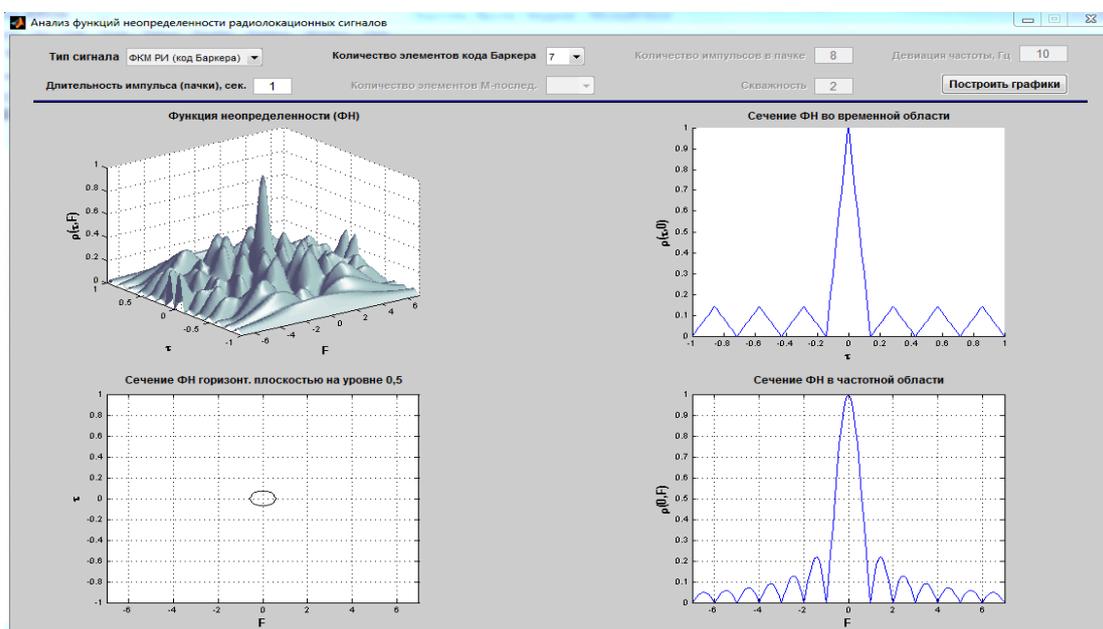


Рис. 4. Анализ характеристик ФКМ сигнала с применением графического интерфейса пользователя системы MATLAB

Будущие специалисты противовоздушной и ракетно-космической обороны должны знать основные принципы построения зенитных ракетных и противоракетных комплексов, методы управления и наведения ракет на цель, иметь представление о координатах и параметрах движения воздушных и космических целей, динамике полета и характеристиках контура систем управления ракет.

На рис. 5. проиллюстрированы результаты моделирования процесса полуактивного самонаведения зенитной управляемой ракеты на воздушную цель в системе MATLAB. Моделирование процесса радиолокационного обнаружения и сопровождения воздушной цели заключается в определении факта попадания (непопадания) координат траектории ее движения в границы зоны действия секторной многофункциональной РЛС (МРЛС) и последующей их фильтрации. Математическая модель системы самонаведения ракеты формируется на основании соответствующих законов, описывающих функционирование конкретных динамических звеньев системы, с последующим переходом к векторно-матричной форме записи. При оценке траектории цели используется фильтр Калмана [8].

Данная модель позволяет в динамике наблюдать движение воздушной цели в зоне действия МРЛС и процесс наведения ракеты на цель, а также получать необходимые результаты обработки измерений в виде траекторий цели и ракеты и зависимостей углов поворота вектора скорости ракеты и линии «ракета-цель» от времени в плоскостях тангажа и курса.

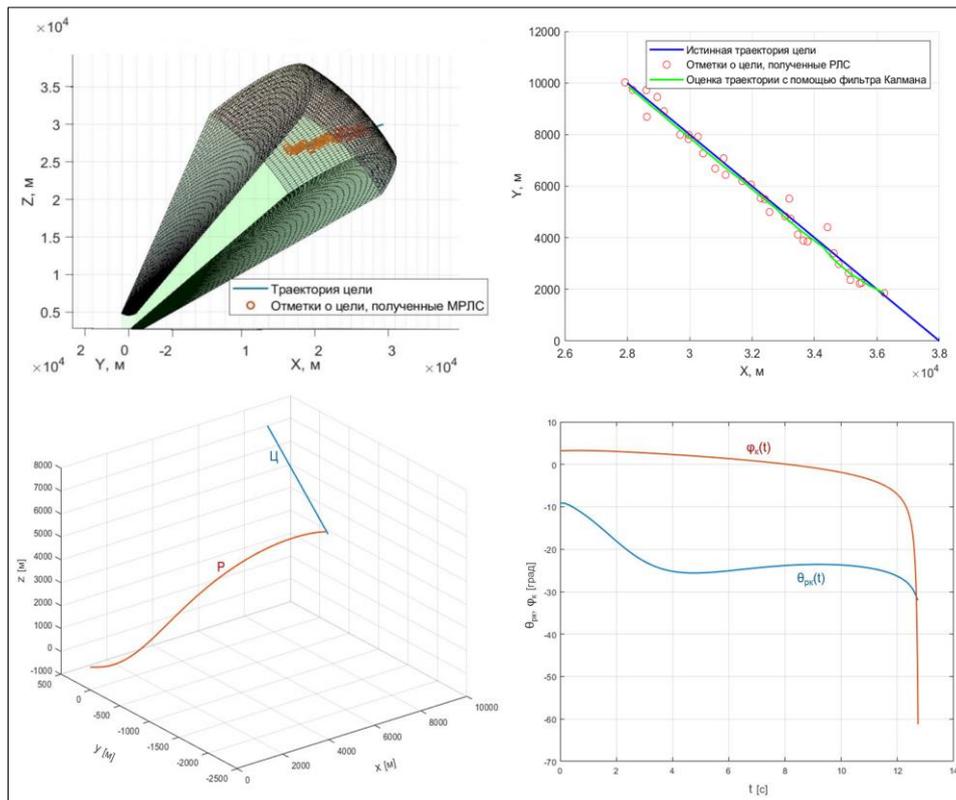


Рис. 5. Моделирование процесса полуактивного самонаведения зенитной управляемой ракеты на воздушную цель в системе MATLAB

Для управления ракетами ближнего и среднего действия, как правило, применяют командное управление. Система командного управления ракеты характеризуется тем, что команды управления формируются не на ракете, а на пункте управления. Пункт управления может находиться на земле, самолете или корабле. Передача команд на борт ракеты, в таком случае, производится с помощью радиолинии.

Ракета в системе управления представляет собой объект управления. Входными воздействиями ракеты как элемента системы управления служат перемещения рулей по заданному отклонению, а выходным – угол наклона вектора скорости, так как, в конечном счете, величина и направление вектора скорости ракеты определяют траекторию полета ракеты [1].

Модель системы автоматического управления углом тангажа ракеты, реализованная в системе MATLAB Simulink представлена на рис. 6.

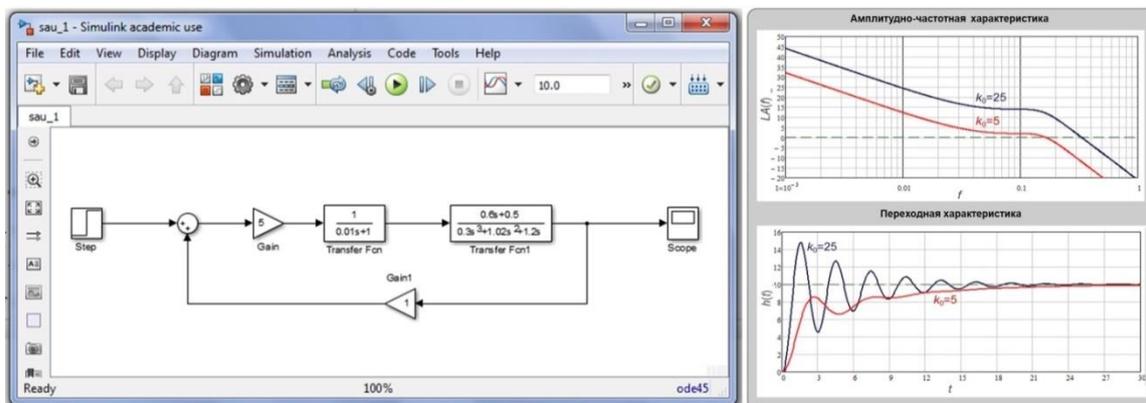


Рис. 6. Модель системы автоматического управления углом тангажа ракеты, реализованная в системе MATLAB Simulink

Инструменты MATLAB Simulink позволяют по передаточной функции системы автоматического управления углом тангажа ракеты определить, насколько она удовлетворяет требованиям устойчивости, качеству переходного процесса и точности. Устойчивость оценивается по логарифмической амплитудно-частотной характеристике разомкнутой системы автоматического

управления. Показатели качества замкнутой системы автоматического управления в переходном режиме при скачкообразном внешнем воздействии со стороны командного устройства оцениваются по переходной характеристике.

3. Заключение

Широкое развитие вычислительной техники в настоящее время позволяет осуществлять математическое моделирование сложных технических систем, в том числе и военного назначения. К наиболее используемым в научных исследованиях и учебном процессе системам компьютерного моделирования относятся такие программы как Mathcad и MATLAB. Приведенные в настоящей работе примеры компьютерного моделирования, доказывают необходимость использования современных систем компьютерного моделирования в преподавании военно-технических (военно-специальных) дисциплин в военных вузах и военных учебных центрах.

Литература

1. *Чепурнов И.А.* Использование современных систем компьютерного моделирования при исследовании сложных систем вооружения и военной техники // Актуальные вопросы развития вооружения, военной и специальной техники Войск противовоздушной и противоракетной обороны, Космических войск Воздушно-космических сил: сб. тр. – М.: 2016. – С. 276–284.
2. *Дьяконов В.П.* Mathcad 8-12 для студентов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 632 с.
3. *Чепурнов И.А., Серов С.А., Воротнюк Ю.С.* Военно-техническая подготовка. Введение в специальность. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 136 с.
4. *Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М.* Устройства СВЧ и Антенны. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2006. – 376 с.
5. *Кротов К.Ю., Шабанов А.А., Чепурнов И.А.* Методика оценки характеристик РЛС слежения за космическими объектами // Актуальные вопросы развития вооружения, военной и специальной техники Войск противовоздушной и противоракетной обороны, Космических войск Воздушно-космических сил: сб. тр. – М.: 2016. – С. 224–233.
6. *Дьяконов В.П.* MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 770 с.
7. *Дьяконов В.П.* Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 784 с.
8. *Чепурнов И.А., Черваков В.О., Желаннова Е.А., Прохоренко В.В.* Моделирование системы самонаведения управляемой ракеты в пространстве состояний // Динамика сложных систем – XXI век, 2022. – Т. 16, № 4. – С. 5–16.