

УДК 621 398

КОМПЛЕКСНАЯ ОТРАБОТКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. Р. Андриевский,

канд. техн. наук, профессор

И. В. Симановский,

канд. техн. наук, зам. генерального директора

Ю. Ф. Подоплекин,

доктор техн. наук, зам. генерального директора, директор по науке

Федеральное государственное унитарное предприятие «ЦНИИ «Гранит»»

Рассматриваются определение круга задач центров полунатурного моделирования, опыт и возможности динамического испытательного комплекса ЦНИИ «Гранит».

Determination of the range of problems for centers of scaled-down simulation as well as experience and facilities of the dynamic test complex of the CRI «Granit» are examined.

Роль центров полунатурного моделирования в создании сложных систем

ЦНИИ «Гранит», являясь одновременно разработчиком систем автоматики и телемеханики, систем управления оружием и подвижными объектами, средств освещения обстановки и целеуказания, контрольно-проверочной аппаратуры и тренажеров, накопил большой опыт создания сложных радиоэлектронных систем как военного (например, интегрированных в ракетный разведывательно-ударный комплекс), так и гражданского (система управления высокоскоростной железнодорожной магистрали) назначения.

С самого зарождения методики полунатурного моделирования, при которой реальная аппаратура работает в условиях, имитирующих с максимальным подобием условия эксплуатации, институт начал создавать и применять такие стенды. Получая очевидную отдачу в виде повышения качества и полноты отработки создаваемой аппаратуры, институт продолжает развивать этот вид деятельности как полезный, реально повышающий его авторитет и конкурентоспособность.

Необходимо сразу отметить, что сложные интегрированные комплексы аппаратуры быстро и качественно могут создаваться только при одновременном применении двух внешне противоречивых принципов:

– декомпозиции на подсистемы и устройства с высокой степенью автономности их разработки;

– оптимизации характеристик составных частей сложной системы по критериям эффективности решения всей задачи.

Такой диалектический подход требует, с одной стороны, организации многоаспектного математического моделирования, накопления и использования опыта предшествующих разработок не только в форме повторения и развития удачных схемных и конструктивных решений, но в форме доказавших свою полезность комплексных математических моделей. Он требует оперативного управления ходом разработки с целью обеспечения своевременного проектирования общей структуры системы формирования частных требований и быстрого реагирования на их корректировки. Частные разработки оказываются связанными общим замыслом и расчетом.

С другой стороны, этот подход требует всесторонней проверки результатов коллективных усилий на соответствие общему замыслу. Необходим тотальный контроль соответствия результатов разработок составных частей начальным требованиям и отсутствия у них черт и характеристик, способных осложнить интеграцию на заключительном этапе, отсутствия проблем с диагностикой скрытых отказов. Сами математические модели – эта основа оптимального синтеза системы в целом – также должны быть проверены на адекватность результатам частных разработок.

Такой контроль обеспечивается на начальных этапах простой сверкой используемых математических моделей и требований. В дальнейшем созда-

ется иерархия стендов разработчиков подсистем и приборов. В эту иерархию входят и стенды алгоритмов управления подвижными объектами, стенды разработки и испытаний программно-математического обеспечения специализированных вычислительных систем. Замыкают иерархию стендов интеграционный стенд и динамический испытательный комплекс (центр моделирования). Его основная роль – проверка и подтверждение исходных данных, моделей и результатов предшествующего математического моделирования с необходимой заказчику полнотой. Центр моделирования, в котором реальная аппаратура (например, ракета в ходе «электронных пусков») взаимодействует с имитаторами и математическими моделями внешней среды и противодействия, играет роль «электронного полигона», испытания на котором по информативности превосходят натурные испытания. Конечно, всегда будет испытываться потребность в летных испытаниях пусками ракет, хотя бы для проверки как ракет, так и их носителей в реальных условиях старта. Но в трех отношениях полунатурное моделирование остается вне конкуренции.

Прежде всего, это относительная дешевизна охвата «электронными пусками» всего диапазона условий эксплуатации, задаваемого требованиями к создаваемой системе. Возможна и осуществляется на практике даже постановка статистического моделирования, обеспечивающего подтверждение выполнения вероятностных требований к общим характеристикам системы (и ее эффективности) с высокой доверительной вероятностью. Не имеет альтернативы способность центров моделирования обеспечивать испытания в условиях предельных, аварийных и катастрофических без потери материальных ценностей, без риска для людей и окружающей среды. Таким образом, проведение полунатурного моделирования существенно снижает риск разработчика, заказчика и персонала, эксплуатирующего новую систему как в ходе испытаний, так и при рутинном применении.

Наконец, трудно переоценить возможность многократного повторения испытаний с одним и тем же комплектом аппаратуры в хорошо контролируемых условиях при возникновении проблем с диагностикой причин нерасчетного поведения системы или ее частей. (Часто причиной оказывается несогласованность интерфейса между подсистемами, проявляющаяся только в условиях совместного функционирования.) Одной из задач становится своего рода «сопровождение» системы во время ее натуральных испытаний.

Хотя оптимальный синтез из числа основных задач полунатурного моделирования, как правило, исключается необходимостью быстрого завершения разработки и получения отдачи средств, вложенных в исследования, конструирование и опытное производство аппаратуры, такие задачи оправданы в качестве дополнительных для центра моделирования. Во-первых, отрицательные исходы

испытаний все же случаются. И те же требования быстроты и экономии делают именно центр моделирования удобным местом для проверки решений, улучшающих ситуацию. Во-вторых, сходное положение возникает при необходимости исследовать возможности удовлетворить измененным и дополненным требованиям при разработке предложенной по модернизации уже созданных систем, в том числе с использованием добавочных и качественно новых средств.

Если учесть, что у заказчиков могут быть потребности в подтверждении и уточнении оценок характеристик и эффективности эксплуатируемых систем в изменяющихся условиях и в сопоставлении по критерию «отдача/затраты» с возможными новыми разработками или приобретениями, мы еще расширим наше представление о возможных задачах и пользе центров полунатурного моделирования.

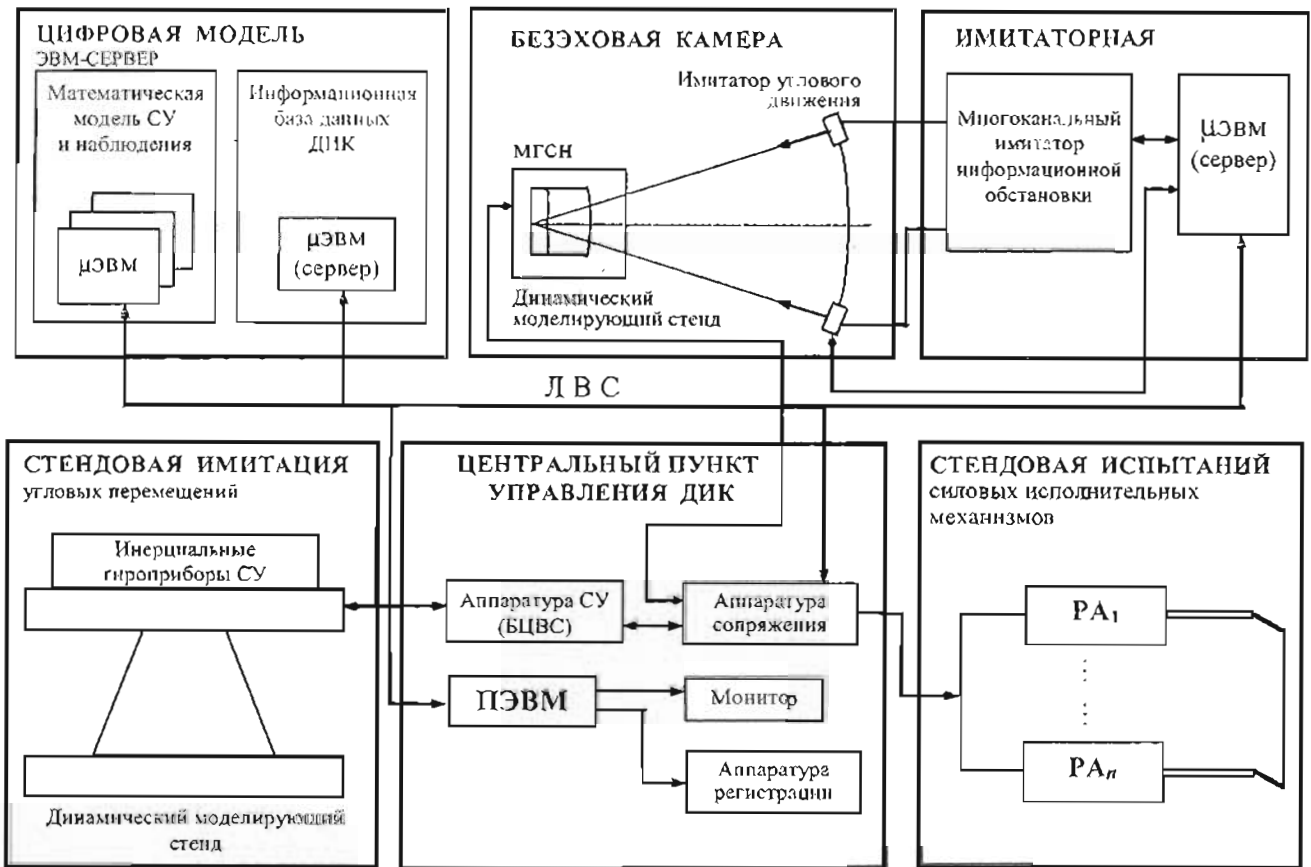
Уже при создании систем управления крылатыми ракетами первого поколения «П-6» и «Аметист» в 1956–1967 гг. полунатурное моделирование применялось столь широко, что потребовалась аренда дополнительных стендов Ленинградского политехнического института и НИИАС (тогда НИИ-2 МАП). В дальнейшем, для отработки СУ КР «П-500», «Гранит», «Вулкан» и новых ракетных комплексов оперативно и оперативно-тактического назначения, центр моделирования ЦНИИ «Гранит» получил дальнейшее развитие с использованием имитационных средств как собственной разработки и изготовления, так и созданных в кооперации с Ленинградским филиалом НИИ «Радио», и полностью удовлетворил потребности института и требования заказчика.

Структура динамического испытательного комплекса ЦНИИ «Гранит»

Структура динамического испытательного комплекса (ДИК) ЦНИИ «Гранит» для отработки систем управления ракетами с многоканальными головками самонаведения (МГСН) с имитацией условий обнаружения, классификации, селекции и сопровождения целей, а также помех и организованного противодействия приведена на рис. 1. ДИК обеспечивает проверку взаимодействия частей системы управления (СУ) при их совместном функционировании в условиях «электронного пуска» в реальном времени с достаточно точным моделированием реакции объекта управления на отклонения рулей и иные управляющие воздействия.

Оборудование ДИК обеспечивает решение ряда задач, в том числе:

- подтверждение и уточнение математических моделей СУ и ее составных частей;
- проверку алгоритмов управления и соответствующих программ управляющей бортовой цифровой вычислительной системы (БЦВС) в реальном времени;
- проверку функционирования реальной аппаратуры и динамики управления как в автономных режимах, так и в режиме «сквозной задачи»;



■ Рис. 1. Структура динамического испытательного комплекса (ДИК)

- обработку контуров управления, в том числе в условиях помех;
- анализ и воспроизведение результатов натуральных испытаний.

В состав ДИК входят следующие основные системы:

- безъоховая камера (БЭК), в которой устанавливаются МГСН на динамическом моделирующем стенде и имитатор угловых движений целей (с антеннами);
- имитаторная - многоканальный имитатор информационной обстановки с управляющей микроЭВМ;
- система математических моделей объекта управления с информационным банком данных ДИК;
- стендовая имитация угловых перемещений испытуемой СУ, в которой инерциальные измерители устанавливаются на динамическом моделирующем стенде-«качалке»;
- центральный пункт управления ДИК, в состав которого входят аппаратура сопряжения, аппаратура регистрации и персональная ЭВМ с монитором хода моделирования; здесь же может размещаться БЦВС испытуемой СУ;
- стендовая исполнительных механизмов (рулевых агрегатов СУ).

На структурной схеме опущены вспомогательные системы ДИК (системы энергообеспечения -

электроагрегатная, компрессорная, гидравлическая насосная станция, средства разработки программ вычислительных систем ДИК).

Математическая модель обеспечивает получение информации о положении объекта управления в пространстве, его относительной скорости движения, условиях движения наблюдаемых объектов, условиях распространения радиолокационных и оптических сигналов и т. п. Модель реализуется с использованием современных микроЭВМ с периферийным оборудованием, состав которого определяется решаемыми задачами. МикроЭВМ, расположенная в имитаторной, вырабатывает сигналы синхронизации и управления многоканальным имитатором информационной обстановки и имитатором углового движения объектов наблюдения.

Динамические моделирующие стенды механически воспроизводят абсолютные и относительные угловые движения объекта управления, МГСН и объектов наблюдения.

Безъоховая камера, в которой применены поглощающие материалы, обеспечивает работы со всеми видами сигналов многоканального имитатора. Излучатели, установленные на имитаторе относительных угловых движений, соединены волноводами, оптоволоконными и электрическими трактами с многоканальным имитатором информационной обстановки.

В целом ДИК представляет собой сложную систему современных вычислительных, радиоэлектронных, электромеханических и электрогидравлических средств, а также их программ, взаимодействующих в реальном времени с аппаратурой СУ.

Проведение полунатурного моделирования на ДИК является завершающей стадией оценки работоспособности и помехозащищенности разрабатываемых СУ, а также необходимым подтверждением математического моделирования СУ. Использование полунатурного моделирования, повышая полноту знаний о характеристиках разрабатываемых систем, позволяет существенно экономить на объемах полномасштабных натурных испытаний. При этом достигается существенное сокращение цикла работ и испытаний.

С помощью ДИК осуществляются разнообразные проверки работы систем управления группы объектов в различных условиях. Для дальнейшего развития этих возможностей испытательный комплекс модернизируется в части имитаторной и безэховой камеры (с созданием нового имитатора угловых движений нескольких целей, в частности, с проработкой использования фазированной антенной решетки и развитием технических средств поддерж-

ки цифровых моделей многоракетного залпа). Такое моделирование позволяет производить сравнительную оценку различных критериев целераспределения ракет залпа и оценивать вероятностные характеристики эффективности ракетного комплекса в целом.

Отработанная система проектирования больших комплексов с использованием мощных стендов математического и полунатурного моделирования, наличие современных технологий и научных кадров в совокупности позволяет ЦНИИ «Гранит» удерживать передовые позиции в России и на экспортном рынке в области систем управления ракетных комплексов морского и универсального базирования.

Литература

1. Тверской Г. Н., Терентьев Г. К., Харченко И. П. Имитатор эхосигналов в судовых радиолокационных станциях. – Л.: Судостроение, 1973. – 224 с.
2. Бескинд П. П., Виноградов Е. М., Винокуров В. И. Моделирование и испытания радиооборудования. – Л.: Судостроение, 1981. – 304 с.