

УДК 621.396.967

**А. Г. Додонов, В. Г. Пуятин, В. А. Валетчик**

Институт проблем регистрации информации НАН Украины  
ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

## **Организация структуры моделирующего стенда для отработки функционирования бортовых радиолокационных комплексов**

*Рассмотрены вопросы организации структурно-функционального построения комплексного моделирующего стенда для отработки функционирования бортовых радиолокационных комплексов и их программно-алгоритмического обеспечения методом полунатурного моделирования.*

**Ключевые слова:** моделирование, испытания, опытные образцы, объект, изделие, стенд.

Оценка эффективности функционирования бортовых радиолокационных комплексов (БРЛК) занимает важное место при их разработке, является чрезвычайно сложной задачей и связана с отработкой структурно-функционального построения системы, принятых технических решений и программно-алгоритмического обеспечения опытного (экспериментального) образца системы [1–9].

Исследование процессов функционирования БРЛК, представляющих собой совокупность радиотехнических и вычислительных средств, требует создания внешней радиолокационной обстановки (воздушной, космической, наземной, надводной) и помеховой обстановки во всем разнообразии ее изменения. Это приводит к необходимости организации натурного эксперимента с многократным повторением ситуаций [4–7].

Проведение натуральных экспериментов из-за сложности и трудоемкости организационных и инженерных задач по созданию внешней обстановки и больших материальных и стоимостных затрат часто оказывается практически неосуществимым, что вынуждает искать другие методы исследования характеристик функционирования БРЛК, свободные от недостатков натурного эксперимента и позволяющие воспроизводить функционирование исследуемых систем во всем многообразии внешней обстановки. Одним из таких методов и является метод полунатурного (смешанного) моделирования.

При исследовании характеристик функционирования рассматриваемых БРЛК методом полунатурного моделирования исследуемый комплекс работает в штат-

© А. Г. Додонов, В. Г. Пуятин, В. А. Валетчик

ном режиме, но без излучения радиолокационными станциями (РЛС) высокочастотной энергии в пространство, а сигналы на входе приемного устройства этой системы создаются специальной установкой смешанного моделирования (моделирующего стенда) в соответствии с заданной внешней обстановкой и динамикой ее изменения, а также с учетом динамики функционирования исследуемой системы [6–9].

Работа посвящена исследованию вопросов организации структуры комплексного моделирующего стенда (МС) для отработки проектных решений БРЛК и отладки программно-алгоритмического обеспечения системы при проведении конструкторских (стендовых) испытаний опытных образцов БРЛК.

Моделирующий стенд предназначен для стендовых (полунатурных) испытаний БРЛК и определения соответствия их характеристик требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) и техническим условиям (ТУ) на изделие (БРЛК).

С помощью МС представляется возможной проверка следующих основных характеристик испытываемого образца (изделия) БРЛК:

- дальности действия (зоны действия, рубежи) по различным объектам в беспомеховой обстановке и при воздействии вырабатываемых в МС активных шумовых помех (АШП), хаотических импульсных помех (ХИП) и подводимых от внешнего имитатора (пассивных) помех как в комбинациях, так и отдельно;

- точности измерения всех координат объектов, выдаваемых потребителям информации в беспомеховой и помеховой обстановке, маневрирующих и неманеврирующих объектов для конкретных эффективных поверхностей рассеяния (ЭПР);

- пропускной способности БРЛК и зависимости пропускной способности от типа и интенсивности помех;

- качественных характеристик обнаружения (вероятности обнаружения объектов, вероятности перепутывания траекторий объектов с пересекающимися траекториями, вероятности срывов сопровождения объектов, вероятности завязки ложных траекторий объектов) для различных параметров объектов и помех;

- разрешающей способности БРЛК по дальности и углам для объектов с одинаковой и различной ЭПР;

- величины работного времени, отсчитываемого от момента появления объекта в зоне обнаружения до момента выдачи его координат потребителям;

- количества перепутываний траекторий объектов;

- качества сопровождения объектов на малых высотах с учетом интерференции и наличия помех;

- регистрации ложных траекторий;

- параметров БРЛК, контролируемых с помощью контрольно-регистрирующей аппаратуры (не относящихся к системе встроенного контроля).

Разработка МС основана на использовании следующих принципов:

- моделирование внешней радиолокационной обстановки (РЛО) и радиолокационных сигналов осуществляется в реальном масштабе времени (РМВ);

- модульность исполнения, позволяющая путем замены определенной части модулей осуществлять испытания БРЛК и входящих в него подсистем различной структуры и назначения (РЛС с неподвижными фазированными антенными решетками (ФАР) или цифровыми антенными решетками (ЦАР), РЛС с вращающи-

мися ФАР, РЛС с зеркальными антеннами). Это относится как к аппаратуре, так и к программно-алгоритмическому обеспечению (ПАО) БРЛК;

— моделирующий стенд осуществляет имитацию сигналов РЛС на промежуточной частоте (ПЧ) и на сверхвысокой частоте (СВЧ);

— моделирующий стенд обеспечивает имитацию сигналов при работе изделия по реальным объектам в реальной помеховой обстановке;

— прием от изделия информации, необходимой для функционирования МС, не приводит к существенным изменениям штатного программного обеспечения;

— точность имитации координат траекторий объектов выше в 3–5 раз предполагаемой точности определения координат траектории объектов испытываемого изделия;

— основная часть необходимой для моделирования информации предварительно подготавливается на универсальной ЭВМ и вводится в имитаторы в РМВ;

— моделирующий стенд разрабатывается поэтапно, с учетом последовательности разработки опытного образца БРЛК как сложного изделия и проведения испытаний.

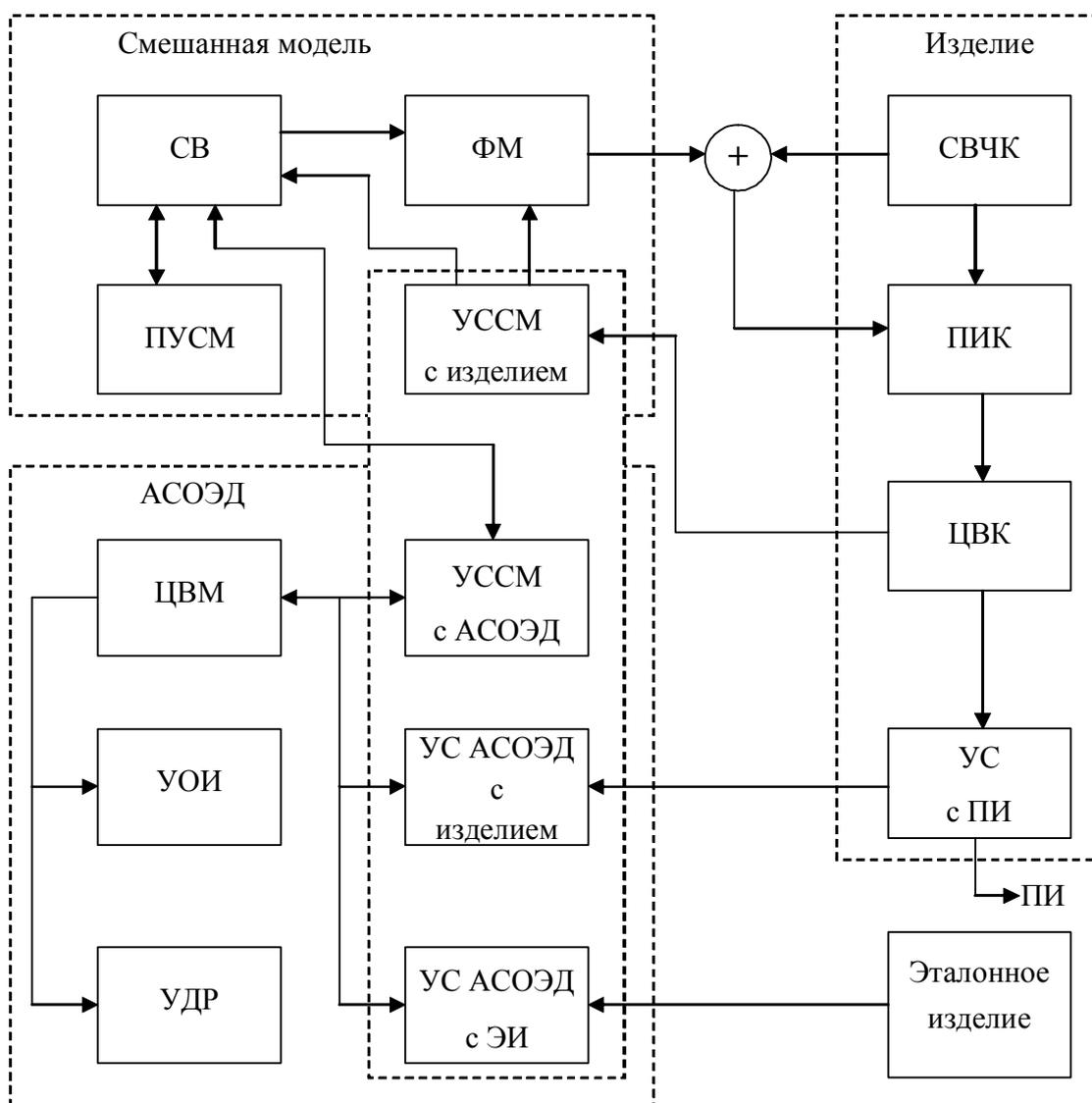
В состав МС входят следующие компоненты: смешанная модель (СМ), устройства сопряжения (УС), автоматизированная система сбора и обработки экспериментальных данных (АСОЭД), программно-алгоритмическое обеспечение подготовки данных для смешанной модели, ПАО для АСОЭД.

Структура МС и его взаимосвязи с испытываемым БРЛК приведены на рисунке.

АСОЭД представляет собой совокупность аппаратных и программно-алгоритмических средств сбора, накопления, регистрации, обработки и представления (отображения, документирования) экспериментальных данных.

Устройства сопряжения обеспечивают обмен информацией между СМ, АСОЭД и испытываемым БРЛК. Устройство сопряжения СМ с БРЛК предназначено для приема от изделия следующих цифровых кодов и сигналов: кодов режимов работы изделия в целом и подсистем, входящих в состав изделия; кодов задач, реализуемых при данном режиме и содержащих периоды повторения импульсов, видов модуляции и др.; синхронизирующих сигналов; сигналов, характеризующих состояние устройств изделия (исправность, готовность); кодов времени, формируемых системой единого времени (СЕВ) изделия или имитатором СЕВ (не входящим в состав моделирующего стенда).

Устройство сопряжения смешанной модели с АСОЭД предназначено для передачи в АСОЭД следующей информации: параметров имитируемой внешней обстановки (координат траекторий имитируемых объектов, признаков имитируемых объектов (вид объекта, «свой», «чужой» и др.); параметров имитируемых помех — активных, пассивных, хаотических импульсных помех; параметров шумов сверхвысокочастотного комплекса (СВЧК); координат разворота РЛС; параметров перемещений носителя изделия; кодов формуляров, выдаваемых на имитаторы физической модели, входящей в состав смешанной модели. Кроме того, устройство сопряжения обеспечивает передачу из АСОЭД в смешанную модель подготовленной информации для моделирования в РМВ.



Структура моделирующего стенда и его взаимосвязи с испытываемым изделием

Устройство сопряжения АСОЭД с испытываемым изделием предназначено для приема в АСОЭД из БРЛК следующих данных: информации, выдаваемой потребителям; информации, поступающей от контрольно-регистрающей аппаратуры; информации об устанавливаемых положениях осей диаграмм направленности антенны (ДНА); информации о режимах работы изделия и кодах задач; кодов времени, формируемых СЕВ.

Устройство сопряжения АСОЭД с эталонным изделием — средствами внешнетраекторных измерений (СВТИ) — предназначено для передачи из эталонного изделия информации, выдаваемой потребителям. Сопряжение ФМ с испытываемым изделием осуществляется по существующим в этом изделии линиям связи и не требует разработки специального УС. Устройства сопряжения могут конструктивно входить либо в состав смешанной модели, либо могут быть выделены в от-

дельную группу устройств сопряжения.

В состав смешанной модели входят: спецвычислитель, физическая модель, пульт управления смешанной моделью, устройство сопряжения смешанной модели с изделием.

Спецвычислитель предназначен для выполнения следующих функций в РМВ:

- расчета параметров траекторий имитируемых объектов;
- расчета времени прихода эхо-сигналов от объектов и пассивных помех;
- расчета мощности принимаемых сигналов на входе в БРЛК (учитываются ЭПР объектов, дальности до объектов, мощности излучаемых сигналов, длина волны, влияние земли и тропосферы, характеристики активных и пассивных помех);
- расчета уровней сигналов на выходе СМ (учитываются параметры моделируемых устройств СВЧК БРЛК, параметры ДН БРЛК, шумы в СВЧК БРЛК);
- расчета доплеровского сдвига частот из-за относительной скорости перемещения изделия и источников внешних сигналов;
- расчета параметров выходных сигналов имитируемой навигационной системы с учетом моделируемых перемещений носителей БРЛК;
- расчета параметров выходных сигналов имитируемого устройства разворота антенны БРЛК;
- формирования формуляров для управления каналами имитации ФМ;
- выдачи формуляров объектов из спецвычислителя в физическую модель;
- приема информации от испытываемого изделия (режимы работы изделия, задачи данного режима, направление осей ДНА и др.), необходимой для расчета формуляров; выдачи информации на регистрацию в АСОЭД (данные перечисленных выше расчетов);
- приема из АСОЭД заранее подготовленной информации, необходимой для расчета формуляров объектов;
- приема информации от пульта управления СМ и выдачи данных на этот пульт;
- взаимной увязки процессов имитации с процессами получения сигналов от реальных объектов и помех;
- реализации команд управления, поступающих в спецвычислитель от пульта управления смешанной модели.

Спецвычислитель включает в себя процессор вычислений, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), спецпроцессоры вычисления специальных функций и устройства обмена.

Пульт управления смешанной моделью предназначен для задания режимов работы СМ («контроль общей работоспособности», «работа»), для задания параметров, характеризующих внешнюю обстановку (потoki объектов, типы объектов, типы траекторий, параметры траекторий, виды и уровни активных и пассивных помех и др.).

Используемые схемы потоков объектов и их траекторий могут корректироваться с ПУ по следующим параметрам: исключение ряда объектов из потока объектов; изменение начальной точки траектории (удаления); изменение начальной высоты полета объектов; изменение начальной скорости полета; изменение

ЭПР объектов; изменение помеховых характеристик (тип помех и интенсивность); назначение объектов постановщиками активных помех; тиражирование объектов по дальности.

В спецвычислителе реализуются следующие программы: решения функциональных задач (имитации); обмена с абонентами, входящими в состав СМ, испытываемого изделия и АСОЭД; управления вычислительным процессом; контроля приборов СМ; стандартные подпрограммы. Данный состав программ используется при испытаниях совместно с программами регистрации, обработки, отображения и документирования ЭД, реализованных в АСОЭД.

При использовании СМ при объектовых испытаниях, когда АСОЭД отсутствует, в спецвычислителе реализуются также следующие программы, представляющие собой упрощенный вариант соответствующих программ АСОЭД: регистрации данных, рассчитываемых в спецвычислителе; обработки данных эксперимента, рассчитываемых в спецвычислителе и поступающих от испытываемого изделия; документирования ЭД.

Программа решения функциональных задач включает в себя подпрограммы: расчета параметров траекторий имитируемых объектов; расчета параметров строба обнаружения (сопровождения) объектов; определения объектов, попадающих в строб обнаружения (сопровождения); расчета параметров имитируемых сигналов внешней обстановки (уровни помех, уровни эхо-сигналов и уровни излучаемых объектами сигналов на входе в изделие или на выходе устройств изделия; доплеровский сдвиг частот принимаемых сигналов; время приема эхо-сигналов относительно момента начала зондирования); расчета параметров имитируемых сигналов навигационной системы носителя; расчета параметров выходных сигналов имитируемых устройств разворота антенны РЛС; формирования формуляров, подлежащих выдаче в ФМ; обработки результатов эксперимента (при отсутствии связи с АСОЭД, или неисправности АСОЭД).

Программа обмена с абонентами состоит из подпрограмм: приема информации от изделия; обмена информацией спецвычислителя с ФМ (выдача формуляров в ФМ и прием информации из этой модели в режиме контроля); обмена информацией спецвычислителя с АСОЭД; обмена информацией спецвычислителя с пультом управления СМ. При отсутствующей АСОЭД программа обмена включает в себя, кроме вышеперечисленных, подпрограммы: обмена с устройством регистрации данных; обмена с устройством документирования данных.

Программа управления вычислительным процессом включает подпрограммы: анализа управляющих слов, задаваемых оператором с ПУ смешанной модели; анализа информации, поступающей от испытываемого изделия; диспетчера имитации; диспетчера контроля СМ; диспетчера обработки результатов (реализуется при отсутствии АСОЭД); начального пуска; диспетчера СМ, организующего вычислительный процесс в целом.

Программа контроля приборов СМ состоит из подпрограмм-тестов: спецвычислителя, магистралей связи с ФМ; физической модели; устройства сопряжения с испытываемым изделием; УС с АСОЭД; пульта управления СМ; устройств реализации данных (реализуется при неработающей АСОЭД); устройств документирования данных.

Используются стандартные подпрограммы:

$$\sin x; \cos x; \sin(\cos x); \sqrt{x^2 + y^2 + z^2};$$
$$\arcsin x; \operatorname{arctg} x; \arcsin \beta; \sqrt{x^2 + y^2};$$
$$10 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 10; xy \rightarrow \text{PЦ}; \text{PЦ} \rightarrow xy; Nx.$$

Физическая модель обеспечивает формирование и выдачу в аппаратуру изделия следующих сигналов:

1) сигналов в БРЛК на промежуточной частоте  $f_0 = \dots$  МГц в полосе  $\pm \dots$  МГц: импульсов, имитирующих эхо-сигналы от объектов; сигналов, имитирующих активные шумовые помехи (АШП); сигналов, имитирующих шумы СВЧК; сигналов, имитирующих ХИП; сигналов, имитирующих эхо-сигналы от пассивных помех;

2) сигналов, имитирующих выходную информацию датчиков углов разворота антенны БРЛК в азимутальной плоскости;

3) сигналов, имитирующих информацию от навигационной системы: бортовая качка, килевая качка, курс носителя, скорости перемещения центра тяжести носителя в продольном и поперечном направлениях;

4) сигналов, имитирующих ответы опознаваемых объектов на запросы на опознавание.

Физическая модель состоит из следующих каналов и устройств:

1) устройства имитации на ПЧ сигналов в БРЛК, включающего в себя: два канала имитации эхо-сигналов от объектов; два канала имитации сигналов АШП; два канала имитации эхо-сигналов от пассивных помех; один канал имитации собственных шумов СВЧК; один канал имитации сигналов ХИП; два канала имитации ДНА БРЛК; один канал имитации «пролаз-сигнала»;

2) устройства имитации датчиков углов разворота антенны БРЛК;

3) устройства имитации сигналов навигационной системы, включающего в себя каналы имитации: бортовой качки, килевой качки, курса носителя, скорости перемещения центра тяжести носителя в продольном направлении, скорости перемещения центра тяжести носителя в поперечном направлении;

4) устройства имитации данных, получаемых от канала «свой-чужой»;

5) устройства приема, хранения и распределения информации, включающего в себя: канал обмена информацией с ЭВМ смешанной модели; канал приема информации от приборов БРЛК; канал распределения информации по имитаторам ФМ; устройство синхронизации и управления ФМ;

6) устройства регулировки, контроля и поиска неисправностей;

7) устройства размножения и суммирования сигналов;

8) устройства индикации параметров физической модели.

Наличие в ФМ двух каналов имитации эхо-сигналов от объектов и двух каналов имитации ДНА позволяет имитировать два объекта с пересекающимися и разделяющимися траекториями, а также объекты, находящиеся на одной дальности, но имеющие разные угловые координаты. Наличие в ФМ двух каналов имитации сигналов АШП позволяет имитировать постановку этих помех с двух угловых направлений.

Наличие в ФМ двух каналов имитации эхо-сигналов от пассивных помех по-

зволяет имитировать двухслойную пассивную помеху или же пассивную помеху и сигналы, отраженные от подстилающей поверхности. Устройства размножения и суммирования сигналов позволяют получать аддитивные смеси сигналов целей и помех, поступающие в приемный измерительный комплекс (ПИК) РЛК.

Структура и параметры каналов имитации на ПЧ эхо-сигналов в БРЛК определяются следующими параметрами зондирующих радиоимпульсов: видом модуляции; несущей частотой, определяющей имитируемый доплеровский сдвиг частоты; длительностью импульсов и их формой; диапазоном изменения сигналов на входе в ПИК БРЛК.

Структура и параметры каналов имитации ДНА определяются характеристиками основных и компенсационных каналов приема сигналов, формой и параметрами ДНА (с учетом боковых лепестков). Уровни сигналов, формируемых на выходах имитаторов, задаются с помощью программно-управляемых аттенуаторов. Устройство суммирования сигналов позволяет формировать аддитивную смесь сигналов на ПЧ от реальных объектов с сигналами, формируемыми смешанной моделью.

Моделирующий стенд работает в трех режимах: контроль работоспособности приборов; имитация; обработка результатов. Все режимы выполняются по программам, прошитым в ЭВМ. Управление режимами осуществляется с ПУ. Оператор ведет диалог с ЭВМ посредством клавиатуры ПУ и знакового табло (ЗТ). Функции оператора сведены к выбору режимов работы и выполнению инструкций по управлению режимами, которые высвечиваются на ЗТ ПУ в ходе выполнения этих режимов. Режим контроля работоспособности обеспечивает контроль работоспособности приборов, входящих в МС.

Для функционирования МС в режиме «Имитация» от испытываемого БРЛК поступают следующие сигналы: импульсы начала дистанции («О» дистанции); импульсы сброса (смены) задачи; тактовые импульсы для работы ЭВМ; код задачи системы, содержащей информацию о периоде повторения, виде излучения (амплитудно-модулированного (АМ), линейно-частотного модулирования (ЛЧМ) и коде ВАРУ, обрабатываемом в СВЧК); код очередных значений пеленга и угла места.

После согласования времени начала имитации производится формирование потока объектов в РМВ и расчет параметров эхо-сигнала для одноимпульсного зондирования. При поступлении кода задачи системы и кода очередных значений углов включаются алгоритмы поиска объектов и составления формуляра для ФМ. Подготовленная информация синхронно с командой сброса (смены) задачи обрабатывается в ФМ, что позволяет имитировать наличие в пространстве объектов и помех.

Результаты функционирования испытываемого БРЛК по каналу обмена информацией с потребителями записываются на НМЛ. Информация, подлежащая обработке, также записывается на НМЛ. Структура информации следующая: номер объекта  $N_u$ ; координаты  $r, \alpha, \beta$ ; время выдачи информации  $T$ . НМЛ подключается к МС. С пульта оператора вводятся начальные условия: номер потока объектов, время начала эксперимента  $T_0$ , корректировки.

При задании режима «Обработка результатов» происходит считывание ин-

формации с НМЛ по зонам. В каждой зоне записан массив информации с БРЛК.

Алгоритм обработки заключается в следующем.

1. Проведение отождествляемых сообщений к единому началу отсчета по времени, то есть производится расчет координат объектов в МС на время выдачи 1-го массива на НМЛ изделия. Система координат имитируемого потока объектов сферическая, стабилизированная относительно центра масс носителя.

2. Выработка допустимых отклонений по каждой из координат  $\Delta r_{доп}$ ,  $\Delta \alpha_{доп}$ ,  $\Delta \beta_{доп}$ . Необходимо при этом учесть ошибки первичной и вторичной обработки радиолокационной информации (РЛИ) в БРЛК, ошибки имитации и выдачи координат объектов МС. Допустимые отклонения  $\Delta r_{доп}$ ,  $\Delta \alpha_{доп}$ ,  $\Delta \beta_{доп}$  выбраны из условия, чтобы вероятность попадания в каждый интервал

$$\begin{aligned} |r_{изм} - r_{им}| &\leq \Delta r, \\ |\alpha_{изм} - \alpha_{им}| &\leq \Delta \alpha, \\ |\beta_{изм} - \beta_{им}| &\leq \Delta \beta \end{aligned} \quad (1)$$

равнялась 0,997.

3. Перебор всего массива информации зоны с информацией имитируемой обстановки на время  $T_j$  по критерию (1). При выполнении условия (1) устанавливается соответствие номеров  $N_{ЦРЛС} / N_{ЦАИК}$ .

Если одному имитируемому МС объекту  $N_{ЦАИК}$  ставится в соответствие несколько объектов БРЛК, то повторяется критерий:

$$r_{ij \min}^2 = (\Delta r_{ij})^2 + (r_{ij} \Delta \alpha_{ij})^2 + (r_{ij} \Delta \beta_{ij})^2. \quad (2)$$

Соответствие объектов  $N_{БРЛ}^0 / N_{жАИИ}^0$  устанавливается из условия минимума  $r_{ij \min}^2$ .

4. Вычисление статистических характеристик  $\tilde{m}$ ,  $\tilde{D}$  по формулам:

$$\tilde{m}_{n+1} = (n\tilde{m}_n + x_{n+1}) / (n+1), \quad (3)$$

$$\tilde{D}_{n+1} = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \tilde{D}_n + \frac{1}{n} x_{n+1}^2 + \tilde{m}_n^2 - \frac{n+1}{n} \tilde{m}_{n+1}^2, \quad (4)$$

где  $x_{n+1}$  — ошибка измерения в данном цикле;  $n+1$  — измерение в данном цикле;  $n$  — измерение в предыдущем цикле.

5. Вывод таблицы результатов обработки. Алгоритм предусматривает выдачу следующих данных:  $N_{ЦИМИТ}$ , соответствующий  $N_{ЦРЛС}$ , с их характеристиками  $\tilde{m}$ ,  $\tilde{D}$  ошибок координат;  $N_{Ц}$  — не обнаруженные БРЛК объекты;  $N_{ЦРЛС}$  — лож-

ные объекты, фиксируемые МС, и вероятность ложного сопровождения  $P_c$  за 1 ч.

При необходимости можно выбрать  $N_{ЦРЛС} / N_{ЦАИК}$  (одну пару) и выводить на АЦПУ с их характеристиками, параметрами движения, текущими математическим ожиданием и дисперсией. В процессе обработки заполняется таблица результатов и производится их распечатка на АЦПУ. После завершения считывания данных из НМЛ БРЛК производится обобщение результатов траекторных измерений с распечаткой на АЦПУ соответствующих таблиц. Таблицы содержат следующую информацию: текущее время от начала эксперимента; нумерацию объектов в БРЛК и в МС; тип используемых помех; точные параметры имитируемого объекта в потоке; ошибки измерения БРЛК по высоте, пеленгу, дальности; математические ожидания и дисперсии указанных ошибок; номер имитируемого потока; количество объектов в потоке; количество ложных траекторий; интегральную нормированную ошибку измерений траекторий; максимальную и минимальную дальности обнаружения по каждой траектории; максимальные и минимальные углы места; ЭПР объектов; тип помех на борту каждого объекта.

В режиме «Обработка результатов» имеется подрежим комплексной проверки МС. При этом производится запись на НМЛ информации из ЭВМ МС, которая представляет собой аналог информации, выдаваемой БРЛК во внешние системы с учетом ошибок и некоторых изменений траекторий. Запись производится по программе, заложенной в ЭВМ. После этого включается стандартная программа обработки результатов, в которой имитируется поток с соответствующей информацией, записанной на НМЛ. Все введенные ошибки и изменения в потоке отображаются в формах документов, распечатанных на АЦПУ в результате выполнения режима.

## Выводы

1. С помощью МС представляется возможным производить проверку точностных характеристик испытываемых БРЛК, что позволяет выполнить превентивную доработку и настройку комплекса. Объем регистрируемой информации позволяет судить о качественных характеристиках и пропускной способности БРЛК. При соответствующем построении структуры физической модели и МС в целом возможно применение узлов и блоков, применяющихся в составе проверяемого БРЛК, для построения МС с точностными характеристиками лучшими, чем у БРЛК.

2. Применение МС позволяет: повысить достоверность результатов испытаний, поскольку исключается участие оператора в процессе ввода измерительной информации на обработку в ЭВМ; уменьшить время на получение рекомендаций по ходу проведения испытаний (повышения оперативности) из-за автоматизации процессов ввода и переработки ИИ; снизить общие трудозатраты на проведение испытаний ввиду более оперативного и качественного их проведения; сократить сроки передачи опытных образцов БРЛК в серийное производство в связи с более эффективной организацией всего процесса проведения полигонных испытаний комплекса; обеспечить высокие требования к ТТХ создаваемых комплексов.

3. Моделирующие стенды могут успешно использоваться для исследования точности и помехоустойчивости БРЛК дополняя, а в некоторых случаях и заменяя

дорогостоящие натурные испытания комплексов на полигонах. Дальнейшее развитие МС возможно по пути совершенствования и расширения математического обеспечения, универсализации модулей (приборов), входящих в СМ, унификации устройств сопряжения.

4. Практическая ценность применения предложенного МС состоит в ориентации его на автоматизацию полигонных испытаний, позволяющей существенно повысить эффективность проводимых испытаний, обеспечивая получение результатов о ходе испытаний в темпе поступления ИИ при заданной их достоверности.

5. Временные затраты от момента завершения испытаний до момента выдачи результатов для принятия решений о ходе проведения испытаний БРЛК при использовании МС для решения задачи автоматизации полигонных испытаний опытных образцов БРЛК уменьшаются в несколько раз по сравнению со случаем решения данной задачи без применения МС при выполнении условия обеспечения требуемой достоверности.

6. При этом нет необходимости в использовании внешних запоминающих устройств, на которых осуществляется регистрация измерительной информации, поступающей в процессе испытаний, и ее хранении до окончания испытаний с целью последующей передачи на обработку, поскольку моделирующий стенд позволяет осуществлять обработку измерительной информации в темпе ее поступления.

1. *Золотарев М.М., Прусаков А.В., Толкачев А.А., Топчиев С.А., Фарбер В.Е.* Вопросы создания информационной структуры многофункциональных РЛС с ФАР // Радиосистемы. — Вып. 91. — «Радиолокация и связь». — 2006. — № 1. — С. 27–36.

2. Вопросы перспективной радиолокации: Коллективная монография / Под ред. д.т.н., профессора А.В. Соколова. — М.: Радиотехника, 2003. — 197 с.

3. *Аганин А.Г., Савельев А.Н.* Цифронатурное моделирование радиолокационного сигнала в комплексном испытательно-моделирующем стенде бортовой радиолокационной станции // Радиосистемы. — Вып. 71. — «Радиолокационные системы и системы радиоуправления». — 2003. — № 3. — С. 31–38.

4. *Савельев А.Н.* Методы цифронатурного моделирования на комплексном испытательно-моделирующем стенде бортовой радиолокационной станции // Радиосистемы. — Вып. 71. — «Радиолокационные системы и системы радиоуправления» — 2003. — № 3. — С. 39–48.

5. Основы моделирования сложных систем: Учебное пособие для студентов ВУЗов / Под общ. ред. И.В. Кузьмина. — К.: Вища школа, 1981. — 360 с.

6. Моделирование в радиолокации / А.И. Леонов, В.Н. Васенев, Ю.И. Гайдуков и др. / Под ред. А.И. Леонова. — М.: Сов. радио, 1979. — 264 с.

7. *Шаракшанэ А.С., Железнов И.Г.* Испытания сложных систем. — М.: Высшая школа, 1974. — 184 с.

8. Испытания РЛС (оценка характеристик) / А.И. Леонов, С.А. Леонов и др. / Под ред. А.И. Леонова. — М.: Радио и связь, 1990. — 208 с.

9. Натурный эксперимент / Н.И. Баклашов, А.Н. Белюков и др. / Под ред. Н.И. Баклашова. — М.: Радио и связь, 1982. — 304 с.

Поступила в редакцию 06.03.2006