

УДК 621.37

ИСПЫТАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕНДОВ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Дод В.Н., к.т.н., доцент, E-mail: mail@vega.su
МГТУ МИРЭА, Концерн «Вега», Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации испытаний сложных радиотехнических комплексов с использованием моделирующих стендов. Приведены примеры построения моделирующих стендов, даны виды проверок РТК, которые на них необходимо проводить. Предложена методика оценки адекватности моделирующих стендов реальным условиям.

Ключевые слова: радиотехнический комплекс; моделирующие стенды; испытания; оценка адекватности.

AIR-BASED RADIO ENGINEERING SYSTEM TESTS USING SEMI REALISTIC SIMULATION STANDS

Dod V. N., PhD, ass.prof., E-mail: mail@vega.su
MSTU MIREA, Corporation "Vega", Moscow, Russia

Abstract. The problems have been discussed to test complex radio engineering systems (RES) using simulation stands/ Examples of developing simulation stands are given with RES types, which are run on such stands. There is a procedure to evaluate the adequacy of simulation stands as to the real conditions.

Keywords: radio engineering system; simulation stands; tests; adequacy estimation.

В процессе разработки сложных информационно-измерительных систем и комплексов авиационного базирования важное место занимают этапы настройки, отладки и испытаний, как составных частей комплекса, так и комплекса в целом.

Использование на различных этапах разработки и испытаний методов моделирования позволяет существенно снизить затраты на создание комплекса и обеспечить достаточную оценку технических характеристик изделия.

Каждый вновь создаваемый комплекс предполагает увеличение количества решаемых задач и их усложнение. Это, как правило, приводит к увеличению количества информационных датчиков, располагаемых на борту воздушного носителя.

Совершенствование методов отработки и испытаний радиотехнических комплексов (РТК) с использованием натуральных, полунатурных и имитационных стендов моделирования, внедрение технологии бесполетных испытаний является одним из важнейших направлений деятельности разработчиков РТК.

Рассмотрим вариант решения задачи испытаний на примере авиационного комплекса радиолокационного дозора и управления А-50.

Радиотехнический комплекс, установленный на этом самолете – комплекс дальнего радиолокационного обнаружения воздушных целей, в том числе низколетящих над любыми видами земной поверхности [1, 2].

Основными системами РТК являются:

- радиолокационная станция с антенным устройством во вращающемся обтекателе;
- система госопознавания;
- система вторичной радиолокации;
- бортовой цифровой вычислительный комплекс;
- система отображения информации с рабочими местами радиотехнического экипажа;
- система связи;
- комплекс сопряжения с пилотажно-навигационным комплексом, системой единого времени и блоком азимутальной привязки;
- система документирования информации РТК.

В перспективных комплексах этого типа предполагается использование также радиолокационных станций землеобзора, систем радиотехнической разведки и некоторых других информационных датчиков.

Для оценки характеристик всех этих систем требуется проведение большого числа проверок, чтобы получить достаточные по объему статистические данные.

Наиболее достоверными, безусловно, являются натурные испытания радиотехнических комплексов. В этом случае носитель, с расположенным на нем радиотехническим комплексом, совершает полет по заданному маршруту и осуществляет мониторинг окружающей среды (воздушного, наземного и надводного пространства) с использованием всех входящих в его состав информационных датчиков. Однако эти испытания весьма дорогостоящие и трудно организуемые. Для примера можно привести опыт испытаний авиационного комплекса радиолокационного дозора и наведения (АК РЛДН) РТК «Шмель» [3]. В общей сложности на всех этапах испытаний было выполнено почти 1000 полетов. В подыгрыше за воздушные объекты были задействованы десятки самолетов. А проведение испытаний для проверки требования по максимальному сопровождению целей было задействовано три полка истребительной авиации. Только керосина для обеспечения работы АК РЛДН и 10 воздушных целей в течение четырех часов требуется более 100 тонн. Повышение требований к РТК приводит к то-

му, что многие проверки практически невозможно выполнить в натурной работе. Например, проверка одновременного сопровождения максимального количества целей, управление максимальным количеством воздушных объектов с борта АК РЛДН и др.

Единственный выход – проведение бесполетных испытаний с использованием стендов полунатурного моделирования. При полунатурном моделировании для каждой конкретной испытываемой системы РТК создается стенд, включающий в себя полный состав (или необходимую часть) реальной аппаратуры данной системы. Моделирующий комплекс обеспечивает необходимую имитацию работы взаимодействующих систем не представленных штатной аппаратурой. Для сопряжения штатной аппаратуры комплекса и моделирующего комплекса служат специализированные устройства сопряжения.

На этапе отработки и испытаний систем комплекса и комплекса в целом создаются стенды полунатурного моделирования РЛС, бортовой вычислительной системы и ряда других устройств.

Полунатурный моделирующий стенд включает в себя штатную аппаратуру комплекса, моделирующий вычислительный комплекс и устройства сопряжения штатной аппаратуры с моделирующим комплексом.

На рис. 1 приведена структурная схема стенда полунатурного моделирования для отработки бортового цифрового вычислительного комплекса (БЦВК).

Моделирующий комплекс должен формировать потоки информации по входам аппаратуры РТК, не представленной в составе стенда.

Так как антенные устройства не могут быть представлены штатными изделиями, в состав любого полунатурного стенда входит имитатор входных сигналов. Его задача сформировать информацию, поступающую на вход приемника РЛС. Так при отработке приемного тракта РЛС использовалась информация, записанная во время работы комплекса по реальным воздушным объектам. Однако основным вариантом при отработке РТК – имитация входных сигналов в соответствии с одним из задаваемых вариантов целевой обстановки. В этом случае в модуле формирования входных сигналов производится расчет взаимного нахождения носителя и каждой из имитируемых целей в момент облучения в данном обзоре. Затем с учетом характеристик цели, диаграммы направленности антенны РЛС, подстилающей поверхности и помеховой обстановки формируются значения сигнала, поступающего на вход приемника РЛС или модели РЛС (если РЛС не представлена реальной аппаратурой). Этот процесс повторяется от обзора к обзору до завершения реализации данного полетного задания.

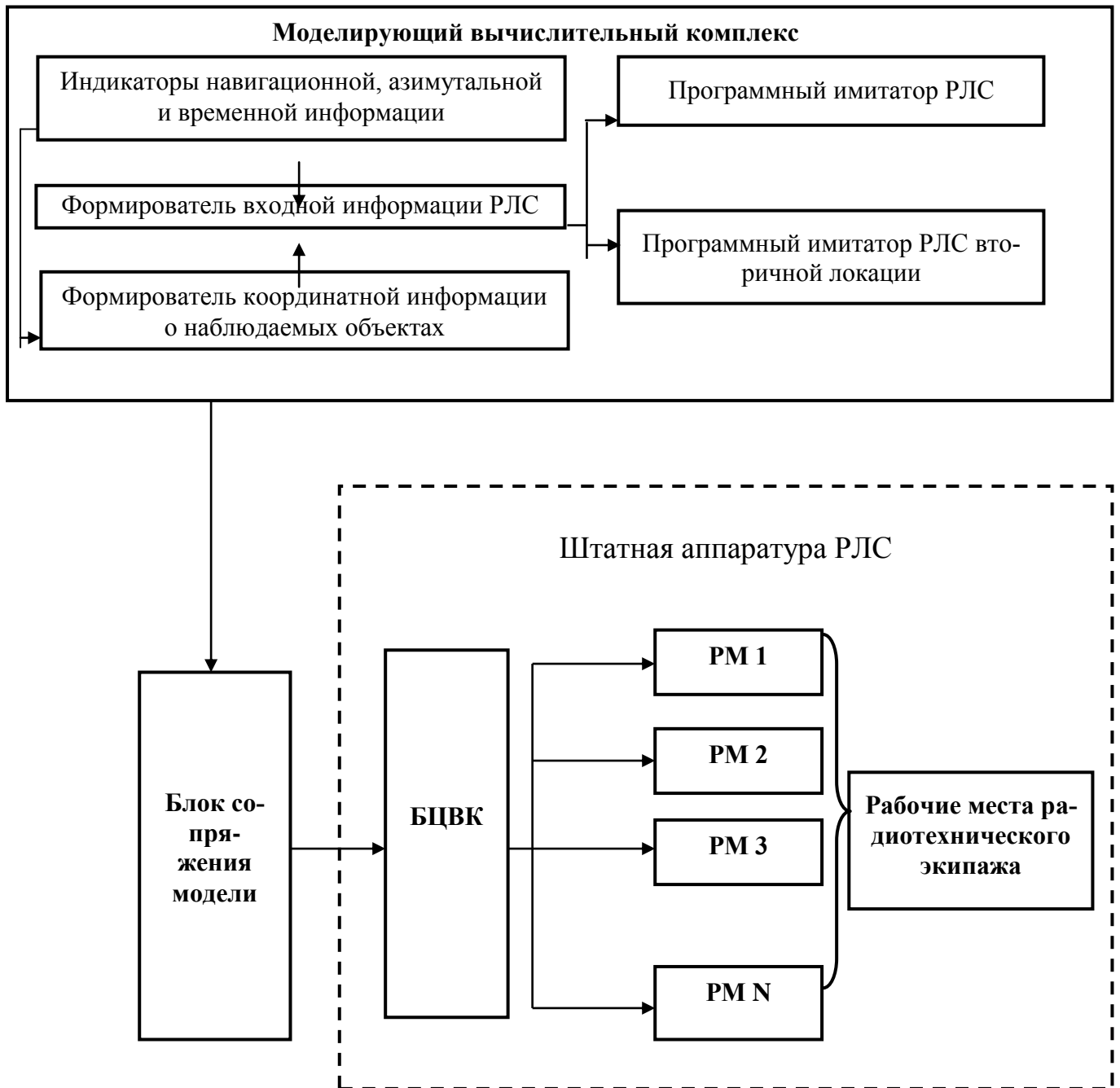


Рис. 1. Схема стенда полунатурного моделирования

Для формирования входной информации для РЛС необходимы данные от системы единого времени (СЕВ), системы навигационных данных (СНД) носителя и информация от блока азимутальной привязки (БАП), выдающего азимут направления излучения антенны в каждый конкретный момент времени. Эти данные, а также данные от синхронизатора РЛС (момент излучения) формируются в моделирующем комплексе Формирователем входной информации РЛС. Эта информация, пройдя обработку в программных имитаторах РЛС, РЛС вторичной локализации и системы госопознавания, выдается на блок сопряжения модели. С

выхода блока сопряжения модели информация поступает на входы штатной аппаратуры комплекса в соответствии с протоколами информационно-логического сопряжения.

Дальнейшая обработка информации в аппаратуре комплекса происходит в штатном режиме функционирования РТК. Это позволяет оценить характеристики РТК в различных задаваемых вариантах воздушной обстановки.

На рис. 2 приведен перечень испытаний РТК, проводимый с использованием стендов полунатурного моделирования.

Виды испытаний РТК, проводимые на стендах полунатурного моделирования, разбиты на несколько основных групп. Следует отметить, что многие виды проверок практически невозможно выполнить в натуральных работах. Это связано как с большой сложностью летных экспериментов, так и с большими затруднениями в создании необходимых вариантов воздушной обстановки для проверки характеристик РТК.

Испытания РЛС один из наиболее ответственных этапов создания РТК, т.к. РЛС является важнейшим датчиком информации для комплекса. Характеристики созданной РЛС необходимо знать до установки аппаратуры на борт. Поэтому на стендах полунатурного моделирования идут отработка и испытания всех составных частей РЛС.

На вход приемника подается сигнал, имитирующий отраженный сигнал от различных типов воздушных объектов, на вход спецвычислителя РЛС – информация от имитатора пилотажно-навигационного комплекса и системы единого времени. Производится проверка обнаружения всех типов целей, заданных в ТЗ, и работы комплекса функциональных программ первичной обработки радиолокационной информации (выдача первичных отметок на вход системы вторичной обработки радиолокационной информации).

При отработке комплекса функциональных программ системы вторичной обработки на вход РЛС поступает информация с динамической модели воздушной обстановки. В этом случае производится проверка характеристик РЛС по трассовому выходу (время захвата цели, время сопровождения, точностные характеристики, разрешение по азимуту и дальности и др.). Кроме того, проводится оценка работы системы при большом количестве целей в зоне обзора, при сопровождении плотного строя целей, маневрирующих целей и др. Очевидно, что практически нереально организовать все эти работы в реальных условиях.

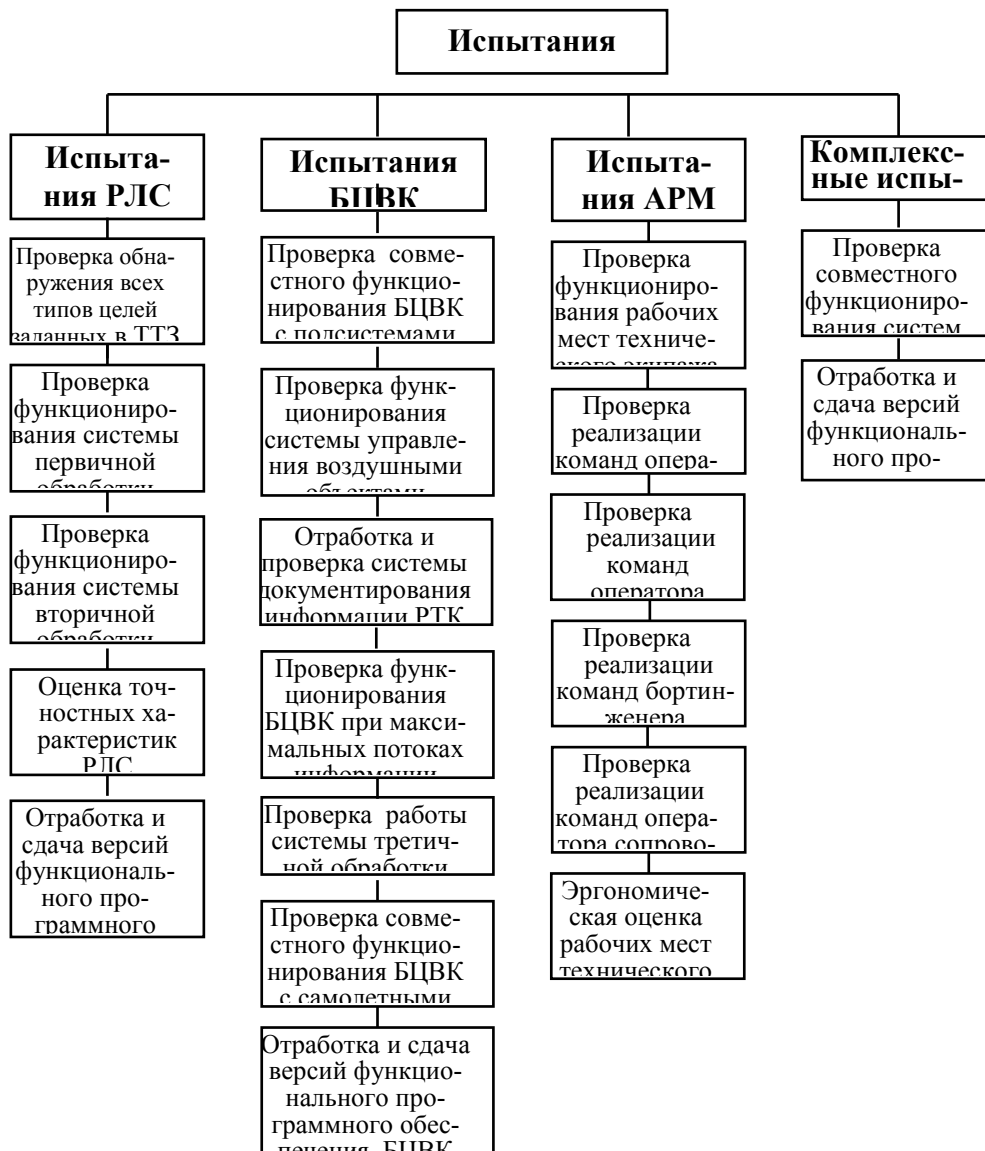


Рис. 2. Испытания РТК АК РЛНД, проводимые с использованием стендов полунатурного моделирования

На стенде полунатурного моделирования для отработки информационно-вычислительного комплекса (рис. 1) производится отработка и испытания БЦВК и рабочих мест технического экипажа РТК. При отработке БЦВК наиболее важной и трудоемкой является работа по отработке и проверке системы управления воздушными объектами. В этом случае в составе целей имитатора воздушной обстановки появляются управляемые объекты, изменяющие траекторию своего движения в зависимости от команд оператора управления.

Особое место в числе испытаний на стендах полунатурного моделирования занимают испытаний рабочих мест технического экипажа РТК.

В состав стенда включены реальные рабочие места всех групп операторов (оператор управления, оператор сопровождения, бортинженер РТК, командир комплекса, оператор РЛС). На этих рабочих местах проводятся эргономические исследования и проверка реализации команд членов экипажа.

Каждый из операторов имеет возможность ввода со своего рабочего места команд управления работой комплекса. Решение о вводе той или иной команды принимается на основании информации, отображенной на экране его рабочего места. Поэтому задача моделирующего комплекса сформировать на экране оператора ситуационную картину, требующую ввода каждой из команд, входящей в набор команд данного оператора.

Комплексные испытания на стендах полунатурного моделирования проводятся, как правило, при внедрении очередных версий функционального программного обеспечения (ФПО) РТК. Так же возможно проведение комплексных испытаний при внесении уточняющих изменений в математические модели подсистем комплекс.

Одна из основных проблем при создании стендов полунатурного моделирования – проведение оценки моделирующего комплекса на адекватность. На рис. 3 показана общая идеология проведения оценки моделирующего комплекса на адекватность.

Оценка на адекватность предполагает получение ответа на вопрос, в какой степени результаты испытаний, полученные на моделирующем стенде, будут соответствовать результатам, полученным при работе в реальных условиях.

В [4] рекомендованы основные методы и приемы оценки адекватности. Их можно объединить в следующие группы:

1. Методы контрольных точек, основанные на проведении модельного эксперимента в таких режимах, для которых конечный результат может быть получен относительно простыми аналитическими методами.

2. Методы проверки преобразований от входа к выходу, основанные на использовании специальных датчиков на входах и выходах основных модулей и узловых точках имитационных моделей.

3. Методы верификации данных, формируемых в ходе имитационного моделирования с данными, полученными в ходе натурных испытаний или на других моделях.

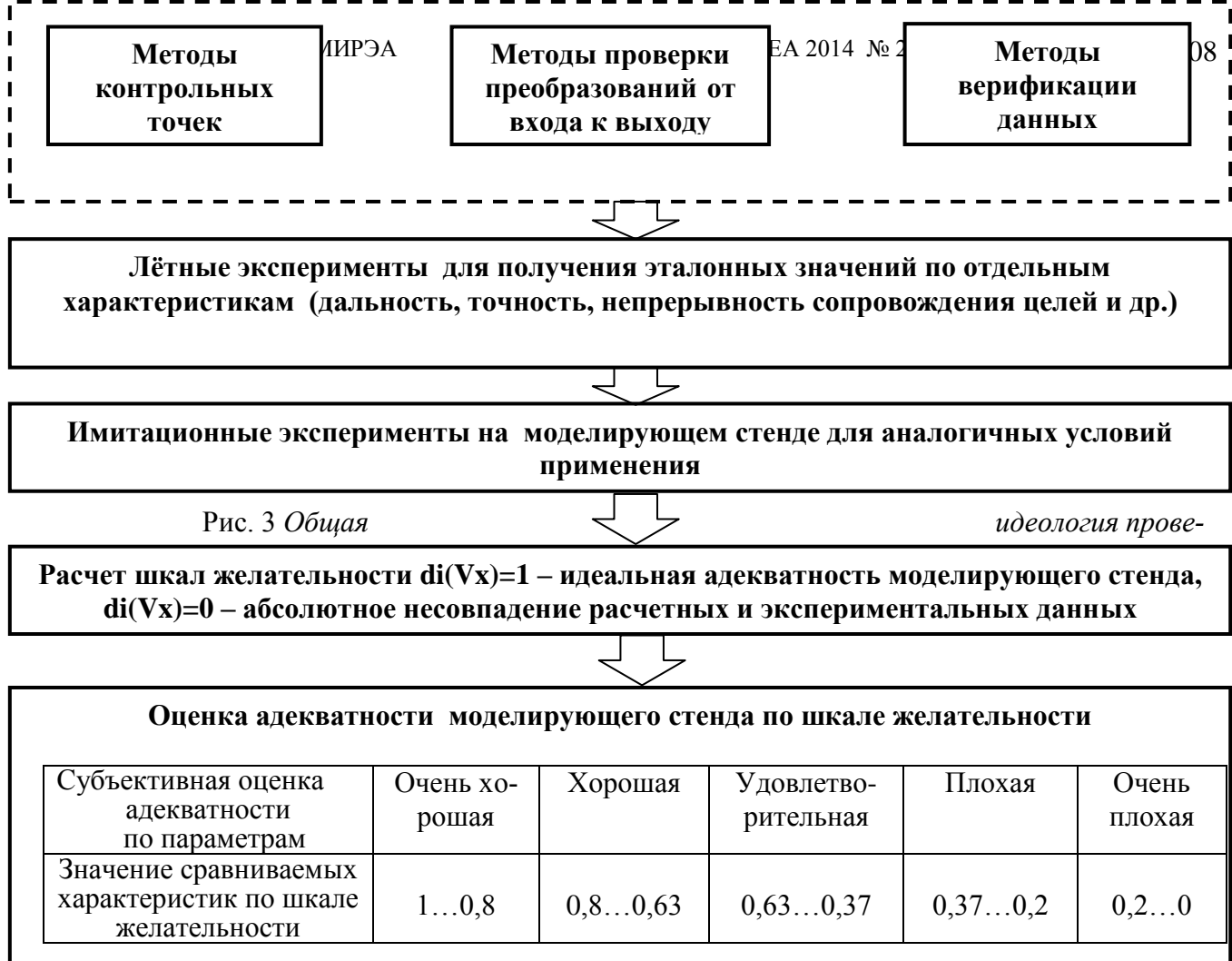


Рис. 3 *Общая*

идеология прове-

дения оценки моделирующего стенда на адекватность

Для этого определяется набор характеристик, по которым необходимо произвести сравнение полученных результатов (дальность, точность, непрерывность сопровождения, разрешение по азимуту и др.). Для объективного сравнения выполняется летный эксперимент с привлечением необходимого числа воздушных объектов. Полученные результаты обрабатываются и фиксируются.

После чего формируются полностью соответствующие натурному эксперименту задания для полунатурного моделирования (движение носителя, типы наблюдаемых воздушных объектов, параметры их движения, характеристики подстилающей поверхности и др.).

Выполняются имитационные эксперименты на моделирующем стенде. После обработки материалов эксперимента производится сравнение полученных результатов натурной работы и эксперимента моделирования (так называемый расчет шкал желательности).

Один из наиболее удобных и достаточно простых способов установления глобальной адекватности основывается на применении обобщенной функции желательности Харрингтона [5].

В основе метода – идея преобразования натуральных значений параметров в безразмерные величины d_j согласно шкале желательности (рис. 3). Шкала желательности имеет интервал d_j от 0 до 1, где $d_j = 1$ – идеальная адекватность модели по параметру y_j ; $d_j = 0$ – абсолютное несоответствие расчетных и экспериментальных данных.

Использование методов моделирования при отработке и испытаниях радиотехнических комплексов авиационного базирования требует разработки специального программного обеспечения бесполетных (наземных) испытаний, включающего комплексы математических моделей адекватной имитации целевой и помеховой обстановки, излучений радиоэлектронных средств (РЭС) воздушных объектов, комплексы методик и программ по оценке характеристик информативности бортовой РЛС по типам наблюдаемых объектов;

использование расширенной базы исходных данных по воздушным объектам, позволяющей имитировать тонкую структуру отраженных сигналов от различных классов и типов целей, в том числе и выполненных по технологии Стелс;

возможность формирования всех заданных программой испытаний и требованиям к комплексу внешних условий работы комплекса;

максимальное использование баз данных по экспериментальным исследованиям подсистем РТК, полученных у разработчиков входящих систем, испытываемая аппаратура которых определяет энергетические и точностные характеристики комплекса, а также его помехозащищенность;

возможность отображения динамики эксперимента (варианты воздушной обстановки) на картографическом фоне, использование задания эксперимента на фоне цифровых карт местности, позволяющих формировать траекторию полета с учетом огибания рельефа местности, учитывать «затенение» целей в районах со сложным рельефом, обеспечить более точное формирование потока ложных отметок на вход системы обработки радиолокационной информации;

преобразование цифровой информации от ПЭВМ по динамике эксперимента в аналоговую форму с адекватной имитацией в реальном масштабе времени радиолокационных сигналов, пересчитанных на вход моделирующего стенда.

Список литературы

1. Бабич В.К., Гиндранков В.В., Карпеев В.И.. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / Под ред. Е.А.Федосова – М.: Дрофа, 2001. – 816 с.
2. Траектория полета. ЦКБ-17, НИИ-17, МНИИП, ОАО «Концерн «Вега». – 2-е изд. испр. и доп. – М.: «Оружие и технологии», 2006. – 252 с., илл.
3. Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.: ил.
4. Ягольников С.В., Глушков И.Н. и др. Технология имитационного моделирования боевых действий / под ред. С.В.Ягольникова – Тверь, 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009. 262 с.
5. Harrington E. Indust. Quality control, 1965, 21, N10.