

УДК 629.7

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-501

*Юков Андрей Валерьевич,*  
гл. констр., канд. техн. наук

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИСПЫТАНИЙ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ  
САМОЛЕТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

Россия, Ульяновск, АО «Ульяновское конструкторское бюро  
приборостроения», [ykov@ukbp.ru](mailto:ykov@ukbp.ru)

*Аннотация.* В работе рассматривается состав средств испытаний интеллектуальных систем управления и контроля самолетным оборудованием. Определены основные элементы средств испытаний, позволяющие повысить качество создаваемых систем управления и снизить затраты на их разработку. Особое внимание уделяется структуре средств испытаний. Определены функции, цели и задачи средств испытаний интеллектуальных систем управления и контроля самолетным оборудованием.

*Ключевые слова:* средства испытаний, стенд, система управления, самолетное оборудование, состав средств испытаний, этапы создания, жизненный цикл, структура средств испытаний.

*Andrey V. Yukov,*  
Chief Designer, Candidate of Technical Sciences

## **SYSTEM ANALYSIS OF TESTING TOOLS FOR INTELLIGENT CONTROL AND CONTROL SYSTEMS FOR AIRCRAFT EQUIPMENT**

Ulyanovsk Instrument Engineering Design Bureau JSC, Ulyanovsk, Russia,  
ykov@ukbp.ru

*Abstract.* The paper considers the composition of testing tools for intelligent control and control systems for aircraft equipment. The main elements of testing tools have been identified, which make it possible to improve the quality of control systems being created and reduce the cost of their development. Special attention is paid to the structure of the test facilities. The functions, goals and objectives of testing tools for intelligent control and control systems for aircraft equipment are defined.

*Keywords:* test facilities, stand, control system, aircraft equipment, composition of test facilities, stages of creation, life cycle, structure of test facilities.

### **Введение**

Характерными чертами комплекса бортового оборудования современного летательного аппарата является наличие интеллектуальных систем управления самолетным оборудованием, обеспечивающих эффективное управление и контроль сопрягаемого оборудования.

Сложность интеллектуальных систем и взаимодействующих с ней подсистем самолета приводит к необходимости развития качественно новых направлений в наземных экспериментальных отработках, проводимых при создании опытных образцов систем управления:

- интенсивному моделированию алгоритмов управления и контроля;
- отработке программно-аппаратных средств интеллектуальных систем в реальном масштабе времени;
- воспроизведению нормальных и аварийных режимов работы на полунатурных стендах;
- отработке технологии оперативного внесения изменений в программное обеспечение и проверке их корректности;
- отработке комплексных средств контроля и диагностики состояния интеллектуальных систем;
- организация ведения архива и баз данных.

Необходимо отметить, что технически и экономически целесообразно обеспечить моделирование и отработку систем на самых ранних этапах разработки, так как сложность обнаружения и стоимость исправления ошибок по мере реализации проекта возрастает; например, затрата на исправление ошибок, выявленных в ходе летных испытаний существенно

выше, чем затраты на устранение ошибок, выявленных в ходе моделирования на полунатурных стендах.

Значительный объем и сложность наземных исследовательских работ привели к тому, что в настоящее время при разработке бортовых интеллектуальных систем управления летательных аппаратов, главную роль начинают играть комплексные моделирующие стенды [1, 2].

### **1. Основные требования к средствам испытаний интеллектуальных систем управления и контроля самолетным оборудованием, их назначение и взаимосвязь**

Комплекс технических средств сопровождения разработки и эксплуатации бортового оборудования и его математического обеспечения представляет собой систему стендов, предназначенных для проведения работ на всех этапах создания, жизненного цикла и состоит из следующих стендов:

- стенда имитационного моделирования;
- стенда полунатурной отработки;
- стенда разработки и отладки программного обеспечения;
- полноразмерного стенда;
- стенда периодического контроля состояния системы в эксплуатации;
- стенды для испытаний составных частей системы;
- стенда для проведения приемо-сдаточных испытаний.

Назначение стендов и их функциональная взаимосвязь в процессе создания системы представлены в табл. 1.

В соответствии с рассмотренными структурами целесообразно выделить следующее основное предназначение перечисленных стендов:

- выработка концепций построения (стенд имитационного моделирования);
- анализ требований к системе и разработке технического задания на проектирование (стенд имитационного моделирования, частично, стенд полунатурной отработки);
- разработка составных элементов системы (стенды по испытаниям составных частей системы);
- разработка программного обеспечения (стенд имитационного моделирования, стенд разработки и отладки программного обеспечения и стенд полунатурной отработки);
- летные испытания (стенд разработки и отладки программного обеспечения, стенд полунатурной отработки, полноразмерный стенд, стенд периодического контроля состояния системы в эксплуатации);
- серийное производство и эксплуатация (стенд полунатурной отработки, стенд для проведения приемо-сдаточных испытаний, стенд периодического контроля состояния системы в эксплуатации).

**Использование стендов при создании интеллектуальных систем**

	Проектирование		Испытания			Изготовление и эксплуатация	
	Эскизный проект	Технический проект	Этап разработки РКД	Предварительные испытания	Летные испытания	Серийное производство	Эксплуатация
Стенд имитационного моделирования	+	+	+	+	+	-	-
Стенд полунатурной отработки	-	-	+	+	+	+	+
Стенд разработки и отладки программного обеспечения	+	+	+	+	+	-	-
Полноразмерный стенд	-	-	+	+	+	-	-
Стенд периодического контроля состояния системы в эксплуатации	-	-	-	-	+	-	+
Стенды для испытаний составных частей системы	+	+	+	+	+	+	
Стенд для проведения приемо-сдаточных испытаний	-	-	-	+	+	+	+

Следует особо подчеркнуть, что необходимым условием создания целостной системы стендового сопровождения разработок и эксплуатации бортовых интеллектуальных систем управления является преемственность технических и программных средств, методического и информационного обеспечения работ, проводимых на различных стендах в ходе выполнения опытно-конструкторской работы.

## **2. Разработка структур средств испытаний на этапах создания и жизненного цикла интеллектуальных систем управления и контроля самолетным оборудованием**

На раннем этапе проектирования систем управления общесамолетным оборудованием необходимо получить предварительные системные характеристики: состав, распределение функций между элементами системы, быстродействие вычислительных средств, объем и содержание информационных потоков, требуемый уровень резервирования. Исходными данными для проведения работ на этом этапе служат заданные тактико-технические характеристики самолета, сведения о комплексах оборудования аналогичных самолетов, данных о существующих и разрабатываемых системах и вычислительных средствах.

Назначение стенда имитационного моделирования, используемого на данном этапе – выбор оптимального варианта построения системы посредством моделирования функций бортового оборудования в реальном масштабе времени.

Необходимость анализа большого числа альтернативных вариантов построения системы, предопределяет облик стенда имитационного моделирования (см. рис. 1). Стенд имитационного моделирования обеспечивает:

- адаптируемость (способность настраиваться на различную конфигурацию аппаратуры систем управления самолетным оборудованием);
- модифицируемость (возможность для изменений и добавления новых функций по мере развития и модернизации систем управления и аппаратуры стенда);
- модульность построения как аппаратной составляющей стенда, так и программной;
- наглядность (наличие удобного и понятного пользовательского графического интерфейса и визуальных средств для ввода и изменения данных);
- надежность (наличие средств защиты программ и данных от несанкционированного доступа);
- обеспечение доступа к базам данных с целью получения исходной информации для моделирования и анализа результатов моделирования;
- накопление информации, используемой на последующих этапах проектирования.

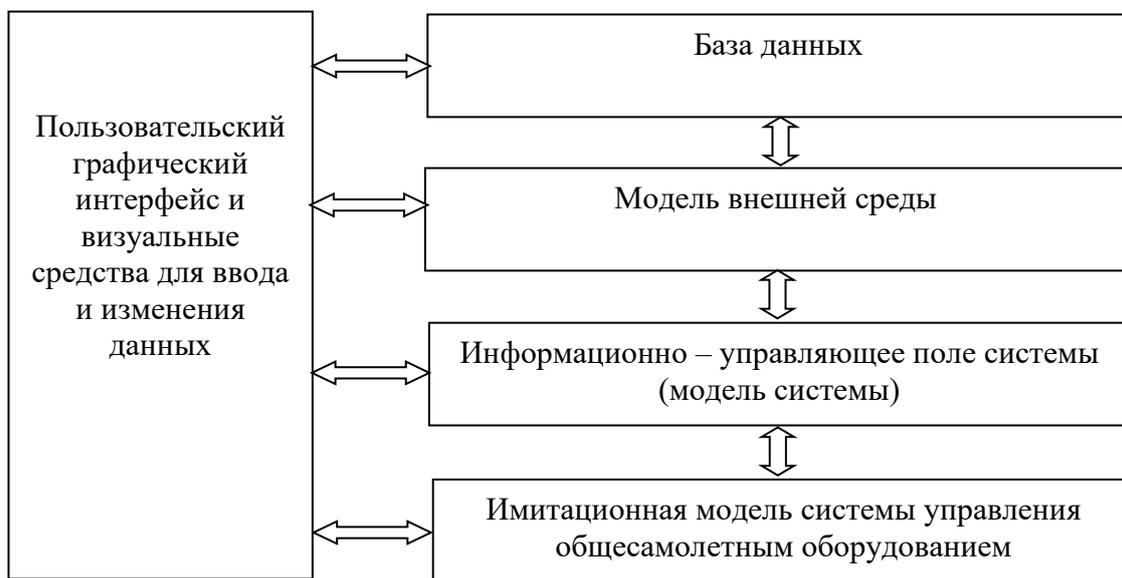


Рис. 1 Структурная схема имитационного стенда

На этапе эскизного проектирования производится детальный анализ требований к системам оборудования и их программному обеспечению, уточняются требования к бортовым и стендовым интерфейсам, определяются частоты решения частных и общего алгоритмов, скорость обмена информацией.

Исходными данными для этого этапа служат результаты имитационного моделирования и более детальная информация о параметрах существующих и создаваемых систем. Основная задача стендового обеспечения заключается в подготовке и отработке исходных данных для составления технических заданий на разработку бортовых систем и программного обеспечения. Содержание решаемых на стенде задач делает целесообразным использование как математического, так и полунатурного моделирования в реальном масштабе времени.

Стендовые работы, проводимые на данном этапе, по своему содержанию во многом совпадают с характером работ на стадии выработки концепций, а использование реальной аппаратуры приводит к необходимости ведения в состав стенда измерительно-вычислительных комплексов для замера и обработки параметров, характеризующих работу системы.

При создании опытного образца происходит интеграция аппаратных и программных решений. Стенды, используемые при этом, служат для отработки функционирования программно-аппаратных средств в реальном масштабе времени, проведения входного контроля и приемо-сдаточных испытаний, внесения коррекций в программное обеспечение. Для проведения этих работ стенды должны обеспечивать моделирование функционирования общесамолетных систем при адекватном воспроизведении внешней для комплекса самолетного оборудования среды, сбор и регистрацию параметров, характеризующих работу систем, и сравнение их с величинами, заданными техническим заданием и нормативными документами.

Стенд полунатурной отработки (см. рис. 2) предназначается для обеспечения полунатурной отработки в реальном масштабе времени с использованием как реальных систем, так и моделей и поэтому стенд должен обеспечивать возможность замены моделей натурными образцами по мере их поступления на стенд.

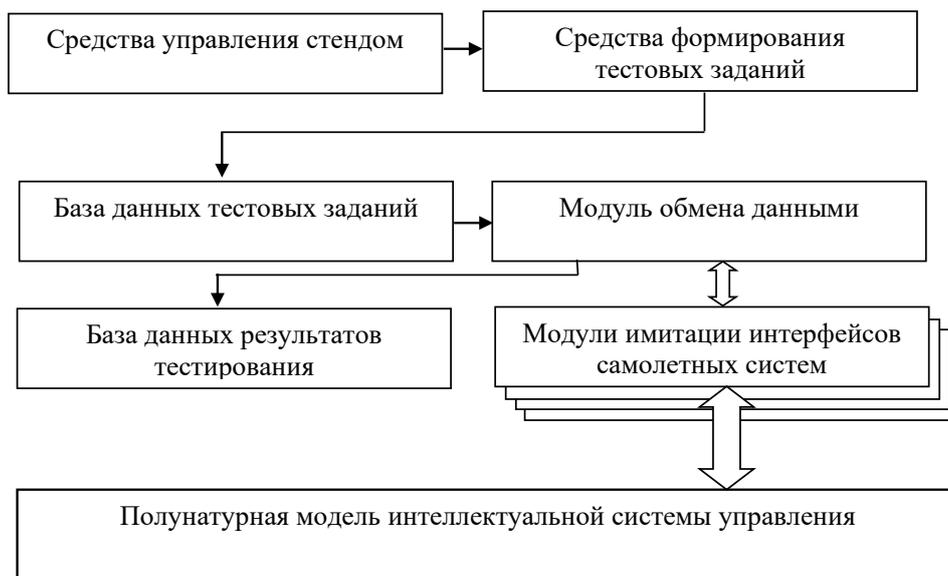


Рис. 2 Структурная схема полунатурного стенда

Разработка программного обеспечения интеллектуальной системы управления проводят параллельно с созданием аппаратуры системы. Стенд разработки и отладки программного обеспечения (см. рис. 3), используемый на этапе проектирования, представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для автоматизации процесса создания программного обеспечения, и обеспечивает:

- централизованное хранение данных в процессе разработки;
- автоматизацию процесса составления имитационных моделей;
- автоматизацию процесса разработки программного обеспечения.

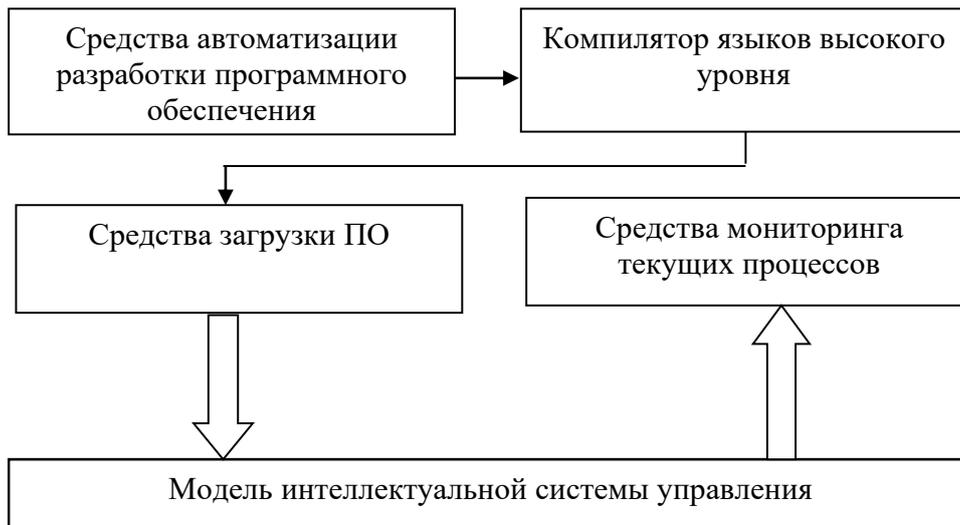


Рис. 3 Структурная схема стенда разработки и отладки программного обеспечения

Результатом работ является совокупность отработанных на математических и полунатурных моделях программ, обеспечивающих функционирование системы управления общесамолетным оборудованием в целом.

Стенды содержат средства имитации каналов обмена информацией, средства отработки программного обеспечения, средства имитации внешних по отношению к объекту сигналов (параметров), средства ведения архива и базы данных.

На этапах серийного производства и эксплуатации одним из элементов, определяющих качество (надежность) системы управления, являются стенды для проведения приемо-сдаточных испытаний и стенд периодического контроля состояния системы в эксплуатации, обеспечивающий своевременное определение технического состояния элементов системы (см. рис. 4).

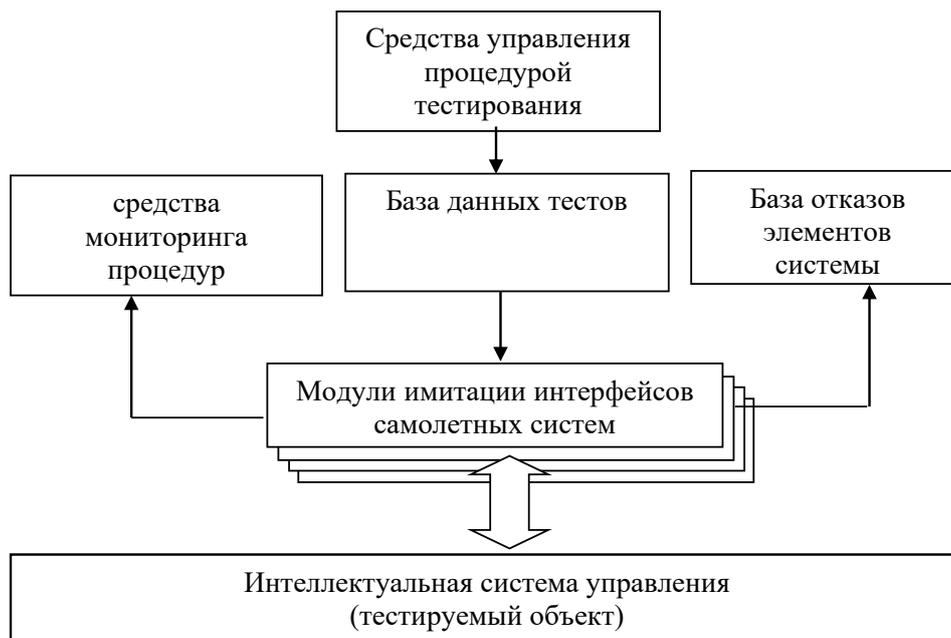


Рис. 4 Структурная схема стенда для проведения приемо-сдаточных испытаний

### Заключение

Рассмотрено назначение средств испытаний интеллектуальных систем управления и контроля самолетным оборудованием, их функциональная взаимосвязь и предложены структурные схемы для реализации. Показано, что в целях сокращения сроков разработки, снижения материальных затрат на раннем этапе проектирования, интеллектуальных систем управления и контроля, целесообразно использовать стенд имитационного моделирования; для отработки схемно-технических решений и проверки возможностей элементной базы, универсальных устройств сопряжения и адаптеров связи между различными типами интерфейсов целесообразно использовать полунатурные стенды; для подтверждения работоспособности и обнаружения неисправностей в эксплуатации целесообразно использовать стенды периодического контроля технического состояния системы.

### Список литературы

1. Смирнов В. А. Поиск неисправностей в бортовых системах управления в процессе приемочного контроля // Информационно-управляющие системы. – 2013. – № 2(63) – С. 24–28.
2. Ларин В. П., Смирнов В. А. Интеллектуализация технологии приемочного контроля сложных технических объектов // Доклады ТУСУРа. – 2014. – № 1(31).
3. Аскерова Н. А., Морозова А. А. Анализ программно-аппаратных средств тестирования бортовых систем управления // Политехнический молодежный журнал. – 2023. – № 9(86).
4. Полунатурное моделирование бортовых радиолокационных систем, работающих по земной поверхности / В. Г. Важенин, Н. А. Дядьков, А. С. Боков, А. К. Сорокин. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 208 с.