

УДК 519.876.5

АРХИТЕКТУРА СТЕНДА ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

© 2017 С.В. Назаров¹, С.К. Киселев², Н.Н. Макаров¹, О.И. Кузнецов¹, М.Ю. Сорокин¹¹ АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»² Ульяновский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 15.03.2017

В статье описывается стенд полунатурного моделирования при разработке комплексов бортового оборудования (КБО), предназначенный для проведения испытаний работоспособности как отдельных систем, так и КБО в целом с целью проведения оценки технических характеристик систем, оптимизации взаимодействия экипажа, т.е. для проведения значительного объема работ по наземной отработки КБО в лабораторных условиях до установки его на борт, и дальнейшего сокращения объема летных испытаний.

Ключевые слова: *стенд, полунатурное моделирование, комплекс бортового оборудования, вертолет, функциональная модель*

Задачи стенда полунатурного моделирования. Современные вертолеты оснащаются цифровым бортовым радиоэлектронным оборудованием (БРЭО), в которых панель приборов является единым информационно-управляющим полем, построенным по принципу «стеклянной кабины» на базе многофункциональных ЖК индикаторов. В связи со сменяемостью поколений БРЭО, с развитием функциональных возможностей блоков и систем, расширением взаимодействующих интерфейсов и ужесточением требований к аппаратуре начали выделять весь состав БРЭО в вертолете в отдельный вид иерархии – комплексы бортового оборудования (КБО). Интегратором КБО на вертолет до недавнего времени был сам завод-изготовитель вертолета. Однако для ускорения процесса разработки и ввода вертолета в эксплуатацию сегодня определяется разработчик КБО, который не только разрабатывает, но и собственными силами проводит весь комплекс мероприятий по интеграции КБО, а также его отладку и испытания в автономной лаборатории с помощью стенда полунатурного моделирования.

Разработка приборов, входящих в состав КБО, как правило, происходит распределенно и выполняется как различными организациями, так внутри одного предприятия. Готовность различных приборов к комплексованию наступает в разные моменты времени. Для соблюдения сроков комплексования, как правило, приходится начинать работы с неполным комплектом доступных приборов с программно-аппаратной имитацией

недостающих блоков (в т.ч. общевертолетного оборудования: двигатели, генераторы, различные датчики и т.д.).

Стенд полунатурного моделирования КБО вертолета обеспечивает первичное наземное комплексование и совместную отработку систем КБО, оценку технических характеристик КБО, полунатурное моделирование работы КБО с имитацией отказов систем и подсистем КБО [1]. Примером этого является стенд полунатурного моделирования перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации, предназначенный для наземной интеграции бортового радиоэлектронного оборудования, средств вооружения, а также для сопровождения летных испытаний отечественного истребителя пятого поколения ПАК ФА Т-50. Проводимые на нем работы позволяют существенно сократить количество испытательных полетов на опытных самолетах. Стенд обеспечивает решение комплекса задач, связанного с проверкой сопряжения бортовых систем между собой по всем реализованным в комплексе бортового оборудования каналам связи, аппаратной и программной интеграции бортовых систем в реальном времени. На нем также отрабатываются режимы применения авиационного комплекса, логика взаимодействия бортовых систем на всех этапах применения самолета, логика взаимодействия летчика с оборудованием самолета и авиационными средствами поражения через информационно-управляющее поле, предварительная проверка условий проведения летных испытаний, оценка результатов летного эксперимента [2].

Основными задачами проверки и испытаний вертолетного бортового комплекса на полунатурном стенде являются:

- исследование структуры и параметров информационно-управляющего поля (ИУП) кабины пилотов вертолета;
- исследование и оценка технических решений в области структуры КБО;
- отработка эргономических характеристик

Назаров Сергей Васильевич, аспирант. E-mail: nazir1984@mail.ru

Киселев Сергей Константинович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы». E-mail: ksk@ulstu.ru

Макаров Николай Николаевич, доктор технических наук, советник генерального директора. E-mail: rto@ukbp.ru

Кузнецов Олег Игоревич, кандидат технических наук, главный конструктор. E-mail: kuznetsov@ukbp.ru

Сорокин Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, начальник отдела. E-mail: rto@ukbp.ru

ИУП с привлечением действующих пилотов, экспертов ГосНИИ АН, ГосНИИ ГА;

- автономная проверка функционирования БРЭО;
- проверка бортовых схем подключения;
- отработка программного обеспечения разрабатываемых и модернизированных систем КБО;
- проведение испытаний на отказобезопасность;
- отработка протоколов информационного взаимодействия и проверка функционирования ПО систем КБО;
- комплексная проверка КБО с реальными БРЭО или их имитаторами (при отсутствии блока или невозможности задания определенного режима на блоке);
- отладка и проверка КБО с имитацией процесса пилотирования вертолета;
- проведение предварительной эргономической экспертизы;
- сопровождение летных испытаний[3].

Структура аппаратных и программных средств полунатурного моделирования. С точки зрения разработки архитектуры полунатурных стендов существуют две основные задачи. Первая

задача – максимально полная реализация КБО, вторая – воссоздание в наземных условиях реального полета летательного аппарата (ЛА). Кроме этого необходимо решить задачи контроля процессов, протекающих при полунатурном моделировании, и обеспечить выполнение работ по вторичной обработке данных, полученных на стенде и при проведении летных испытаний [4]. Предложена следующая архитектура стенда (рис. 1, рис. 2), которая наиболее полно соответствует выполнению поставленных задач.

Отдельно необходимо рассмотреть программное обеспечение (ПО) стенда (рис. 3), которое разработано для распределенной архитектуры по клиент-серверной технологии, что позволяет реализовать требования по масштабируемости стенда, формированию и коммутации необходимого числа имитируемых сигналов. ПО стенда состоит из трех подпрограмм: «Модель», «Динамика», «Графика», которые фактически объединяют в себе модели входящих в состав КБО систем, модель движения вертолета для формирования внешних воздействий на КБО, визуализацию полетных условий.

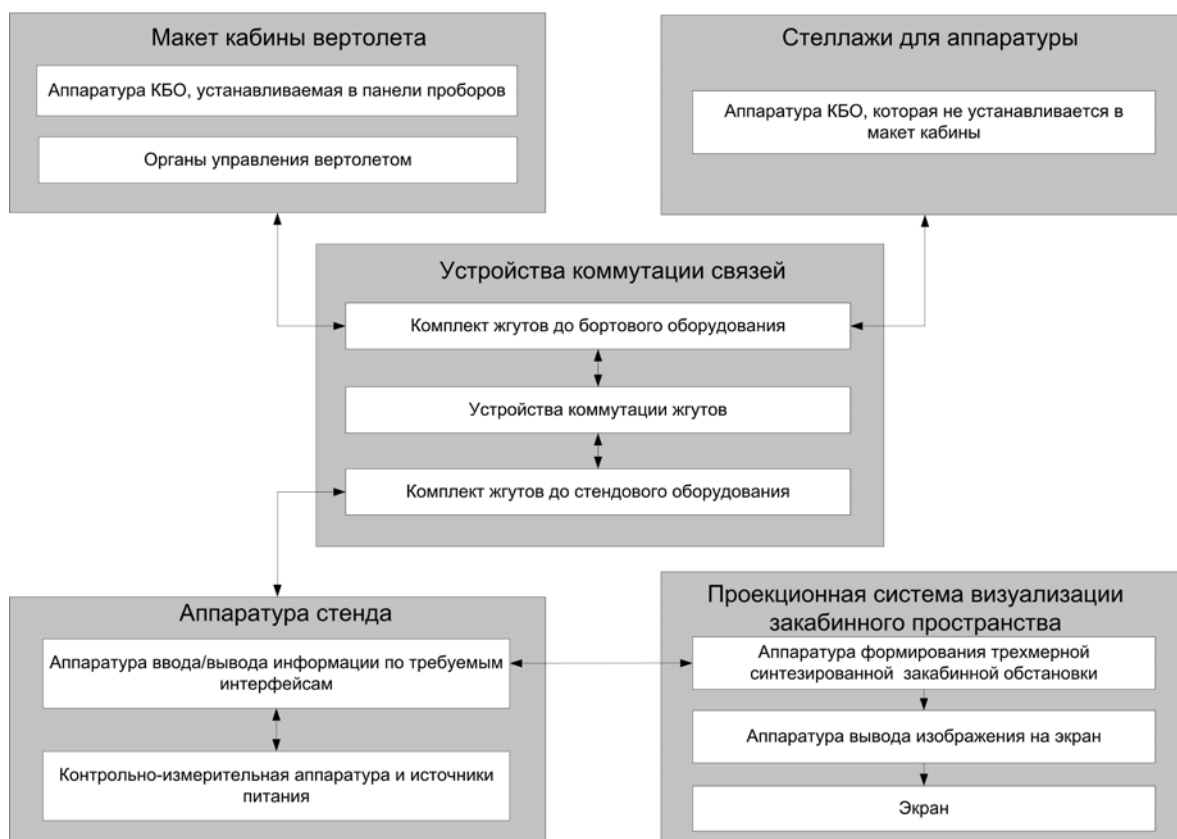


Рис. 1. Архитектура аппаратной части полунатурного стенда

ПО «Модель» предназначено для выполнения следующих функций [5]:

- формирование и выдача массивов информации в системы КБО;
- прием, обработка и индикация информации, поступающей от систем КБО;

- моделирование работы систем и бортового оборудования вертолета;

- взаимодействие с аппаратной частью блоков формирования и коммутации сигналов (БФКС) для обеспечения выдачи и коммутации требуемых сигналов.

ПО «Динамика» предназначено для выполнения следующих функций [5]:

- моделирование динамики движения вертолета в реальном масштабе времени;
- моделирования внешних условий (метеословий, времени суток);

- имитация акустической обстановки (шумов двигателя, тональной звуковой сигнализации, речевого информатора);
- прием, обработка информации, поступающей от органов управления вертолетом.

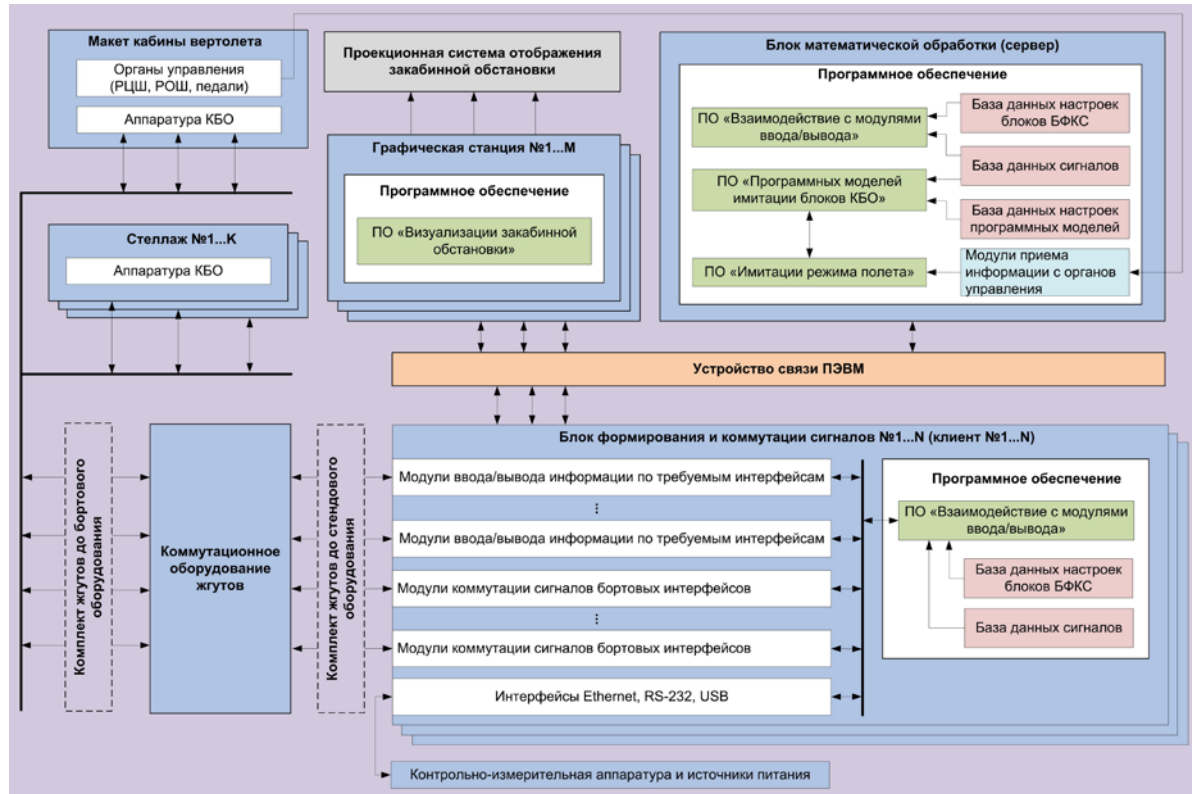


Рис. 2. Архитектура аппаратно-программной части стенда

ПО «Графика» предназначено для выполнения следующих функций [5]:

- формирование реалистичного синтезированного изображения закабинной обстановки (по данным цифровых карт) в объеме: рельеф местности и водная поверхность, растительность, наземные и надводные объекты (инженерные сооружения, транспортные средства), воздушные суда;
- формирование визуальных эффектов: отображение закабинной обстановки в режимах «день», «ночь», «закат/рассвет», отображение метоявлений «снег», «дождь», «туман», отображение движущихся облаков в соответствии с метеословиями (типом облачности, направлением и силой ветра); отображение реалистичной водной поверхности в режимах «легкое волнение», «шторм»; отображение снежного или пылевого вихря от несущих винтов вертолета, при движении вблизи поверхности

земли.

Таким образом, разработанный стенд, схема которого представлена на рис. 4, соответствует предъявленным требованиям и обладает рядом дополнительных возможностей:

- возможностью использования полетных данных для воспроизведения полета по данным бортового накопителя с учетом системы визуализации закабинного пространства;
- возможностью проводить испытания на отказобезопасность с имитацией отказов критичных функций в соответствии с оценкой функциональных опасностей (ФНА) на КБО и структурных схем контуров отказобезопасности;
- адаптация стенда под новый состав КБО минимальна и сводится только к разработке жгутов к новым блокам, доработкой монтажа, программной модели имитации блока и базы данных сигналов.

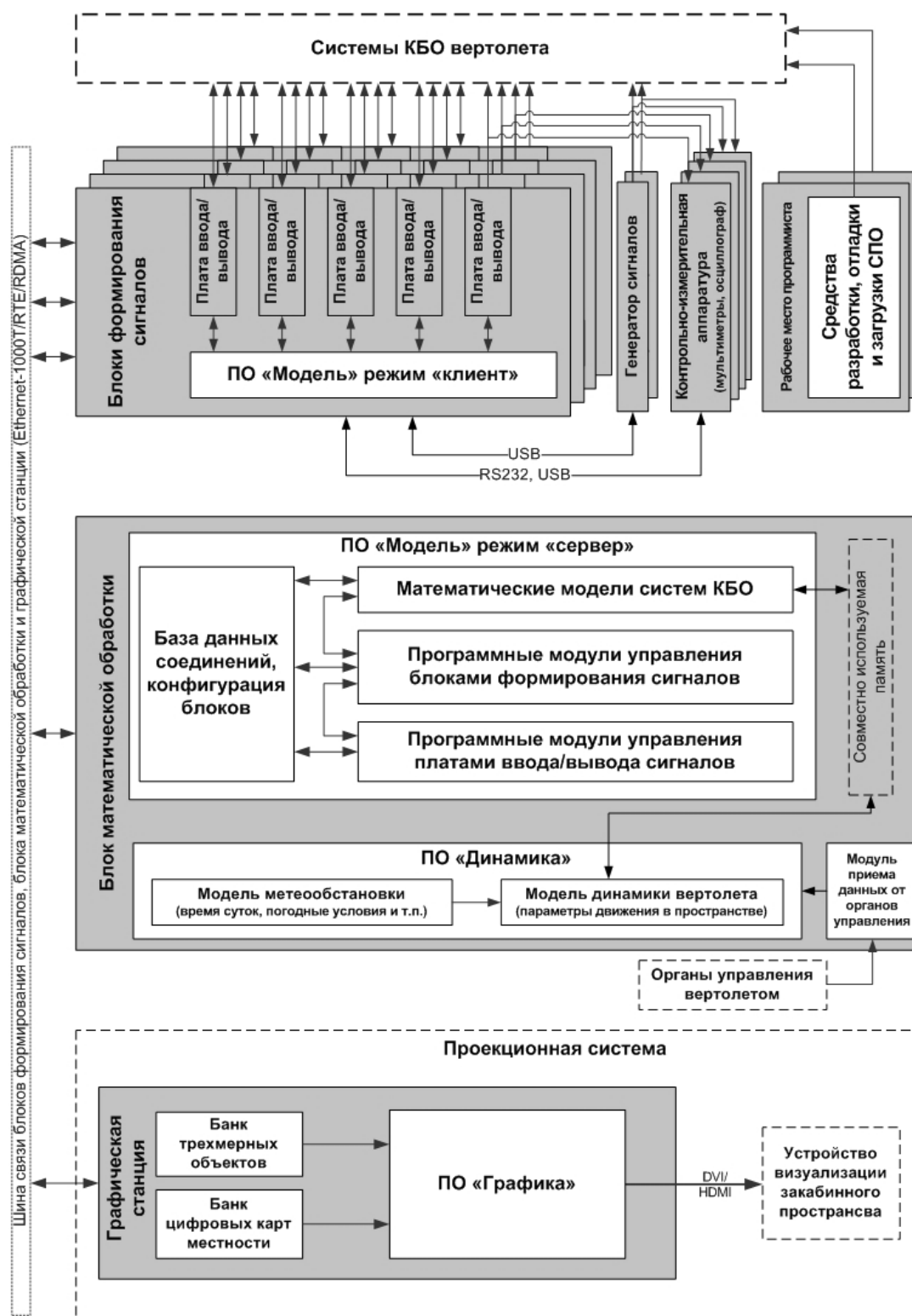


Рис. 3. Архитектура ПО стенда полунатурного моделирования

Разработанная функциональная модель процесса проверки и отладки КБО на полунатурном стенде приведена на рис. 5. Разработаны необходимые методические указания для проверки и отладки комплекса бортового оборудования, выполнение которых позволяет оценить работоспособность комплекса во всех детерминированных состояниях. По результатам проделанных мероприятий КБО подлежит установке на борт и началу лет-

ных испытаний [5].

В рамках ОКР по разработке комплекса бортового оборудования вертолета Ми-171А2 специалистами АО «УКБП» по вышеуказанной архитектуре разработан и изготовлен комплексный стенд отработки и испытаний КБО-17. Стенд содержит в своем составе 25 программных моделей имитации систем КБО, программную модель вертолета, трехмерную систему визуализации закабинной

обстановки для обеспечения отработки КБО в режиме имитации полета. Работа проведена в соответствии с Руководством 4754 [6], и в связи с этим до начала летных испытаний вертолета на стенде выполнены работы, позволившие существенно сократить сроки разработки КБО и наземную отработку, а именно:

- исследованы и оценены технические решения в области структуры КБО; по результатам работ изменены контуры межблочного взаимодействия, откорректирована схема резервирования;
- проведена отработка бортовых схем подключения блоков внутри КБО; по результатам работ выявлены ошибки в схемах подключения, документация откорректирована;

- проведена отработка всех протоколов информационного взаимодействия; по результатам работ выявлены значительные недочеты, откорректирована логика взаимодействия, документация откорректирована;

- проведена отработка функционирования ПО разрабатываемых и модернизированных систем КБО; по результатам работ выявлены недочеты в работе ПО, выполнена оптимизация и отладка ПО, документация откорректирована;

- исследована структура и параметры ИУП кабины пилотов вертолета; по результатам работы изменился состав и структура кадров многофункциональных индикаторов;

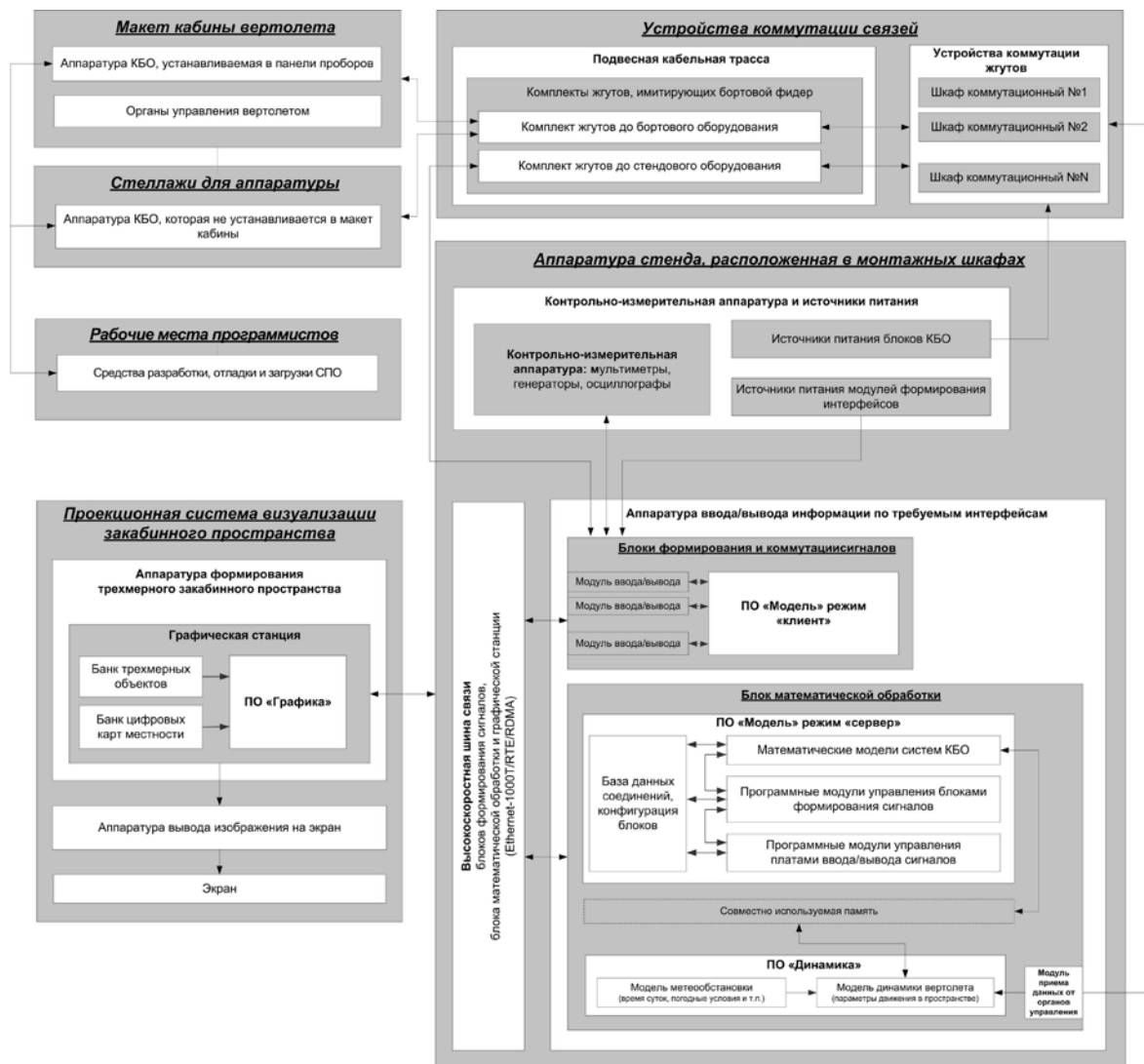


Рис. 4. Расширенная структурная схема стенда

- проведена комплексная проверка КБО с реальным БРЭО и его имитаторами;
- отлажен и проверен КБО с имитацией процесса пилотирования вертолета.

В настоящее время вертолет проходит летные испытания. Замечания, полученные в процессе испытаний, оперативно отрабатываются на стенде полунатурного моделирования.

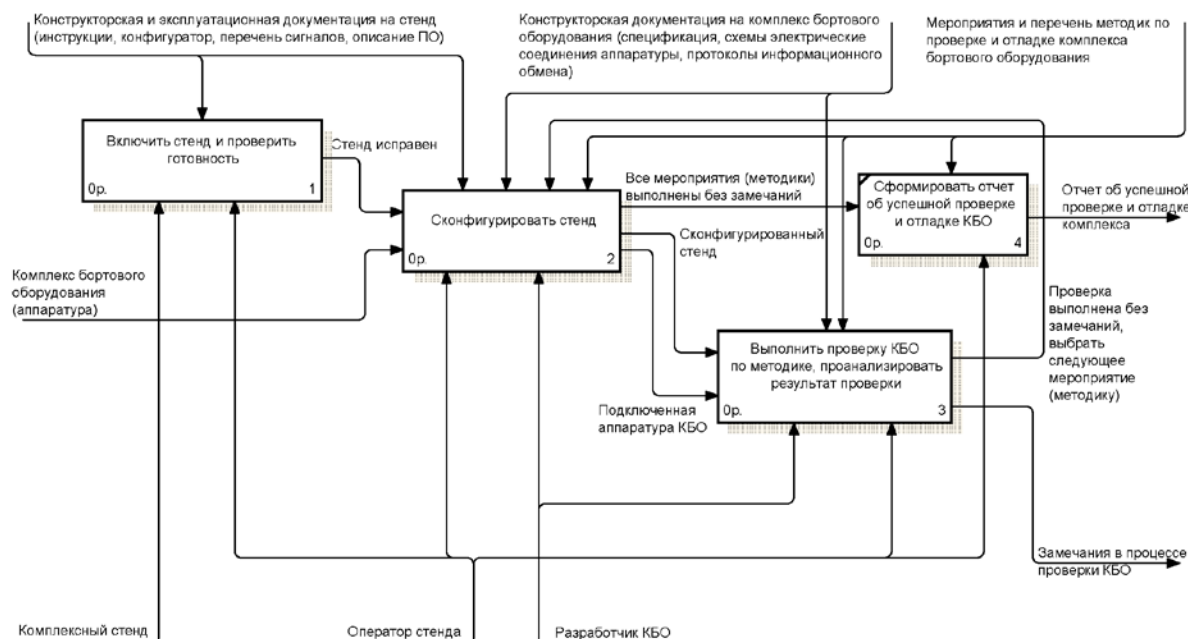


Рис. 5. Функциональная модель проверки и отладки КБО вертолета

Выводы: применение стендов полунатурного моделирования при разработке КБО фактически позволяет провести значительный объем наземной отработки БРЭО в лабораторных условиях до установки его на борт, оперативно корректировать схемы электрических соединений и ПО изделий БРЭО, позволяет свести к минимуму потенциальные недочеты и ошибки функционирования комплекса в целом, существенно сократить количество испытательных полетов на опытных образцах во время летных испытаний, позволяет гибко изменять состав и структуру КБО и осуществлять оперативную поддержку при эксплуатации воздушного судна. Предложенная архитектура стенда полунатурного моделирования обладает рядом указанных преимуществ, которые позволяют в кратчайшие сроки адаптировать стенд под новый комплекс бортового оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Назаров, С.В. Функциональная модель процесса проверки и отладки комплекса бортового оборудования вертолета на полунатурном стенде / С.В. Назаров, С.К. Киселев // Вузовская наука в современных условиях: сб. мат-лов 50-й науч.-техн. конф. (25 января – 30 января 2016 года). В 3 ч. Ч.2. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. 271 с.
2. Уникальный стенд полунатурного моделирования создан в "ОКБ Сухого" для отработки бортового оборудования истребителя 5-го поколения // Военное обозрение. URL: <http://topwar.ru/25418-unikalnyy-stend-polunaturnogo-modelirovaniya-sozdan-v-okb-suhogo-dlya-otrabotki-bortovogo-oborudovaniya-istrebitelya-5-go-pokoleniya.html> (дата обращения: 13.01.2017).
3. Назаров, С.В. Программно-аппаратное моделирование бортовых авиационных комплексов вертолета // Вузовская наука в современных условиях: сб. мат-лов 49-й науч.-техн. конф. (26 января – 31 января 2015 года). В 3 ч. Ч.2. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. 283 с.
4. Технология полунатурного моделирования комплекса бортового оборудования для авиационных комплексов // liveJournal. URL: <http://klaustide.livejournal.com/2530.html> (дата обращения: 11.01.2017).
5. Назаров, С.В. Требования к программному обеспечению полунатурного стенда // Информатика и вычислительная техника: сб. науч. трудов 6-й Всеросс. науч.-техн. конф. аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2014 / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. 502 с.
6. Руководство 4754 по процессам сертификации высокоинтегрированных сложных бортовых систем воздушных судов гражданской авиации. – М.: Авиаиздат, 2010. 76 с.
7. Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. Руководящий документ. Издание официальное. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 75 с.
8. Макаров, Н.Н. Системы обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса: теория, проектирование, применение / под ред. д.т.н. В.М. Солдаткина. – М.: Машиностроение – Полет, 2009. 760 с.
9. Воробьев, А.В. Разработка методов обеспечения надежности цифровых систем управления современными авиационными комплексами: дисс. к.т.н. – М., 2004. 167 с.

ARCHITECTURE OF THE HIL-SIMULATION STAND FOR MODELING COMPLEXES OF HELICOPTERS ONBOARD AVIONICS

© 2017 S.V. Nazarov¹, S.K. Kiselyov², N.N. Makarov¹, O.I. Kuznetsov¹, M.Yu. Sorokin

¹JSC "Ulyanovsk Design Bureau of Instrument Manufacturing"

²Ulyanovsk State Technical University

In paper the HIL-simulation stand for developing the onboard avionic complexes (OAC) intended for carrying out tests of serviceability both separate systems, and OAC in general for the purpose of evaluating principal specifications of systems, optimization of interaction of crew i.e. for carrying out the considerable amount of works on land working off OAC in the laboratory before its installation aboard, and further reduction of flight tests volume is described.

Key words: *stand, HIL-simulation stand, onboard avionic complex, helicopter, functional model*

Sergey Nazarov, Post-graduate Student. E-mail: nazir1984@mail.ru

Sergey Kiselyov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department "Measurement and Computing Complexes". E-mail: ksk@ulstu.ru

Nikolay Makarov, Doctor of Technical Sciences, Advisor of the General Director. E-mail: rto@ukbp.ru

Oleg Kuznetsov, Candudate of Technical Sciences, Chief Designer. E-mail: kuznetsov@ukbp.ru

Mikhail Sorokin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department. E-mail: rto@ukbp.ru