На основании проведенных теоретических исследований были сделаны следующие выводы:

1. С увеличением частоты тангенс угла диэлектрических потерь в композите уменьшается, за счет того, что поверхностная проводимость УНТ уменьшается.

2. При хаотической ориентации УНТ к направлению распространения *ТЕМ* волны и ее поляризации тангенс угла диэлектрических потерь в композите существенно уменьшается по сравнению с ориентированным массивом УНТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никольский, В. В. Проекционный метод для незамкнутых электродинамических систем / В. В. Никольский // Радиотехника и электроника, 1971. – Т. 16. – № 8. – С. 1342.

2. Малушков, Г. Д. Рассеяние неоднородным диэлектрическим телом вращения / Г. Д. Малушков // Известия вузов. Радиофизика, 1975. – Т. 18. – № 2. – С. 268.

3. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн / В. В. Никольский. – М.: Наука, 1973. – 608 с.

4. *J. Hao and G. Hanson, "Electromagnetic Scattering from Finite-Length Metallic Carbon Nanotubes in the Lower IR Bands", Physical Review B, Vol. 74, No. 035119, PP. 1-6, July 2006.*

5. Никольский, В. В. Декомпозиционный подход к задачам электродинамики / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. – М.: Наука, 1983. – 297 с.

6. Никольский, В. В. Проекционные методы в электродинамике / В. В. Никольский // Сборник научно-методических статей по прикладной электродинамике. – М.: Высшая школа, 1977. – С. 4–23.

7. Голованов О. А. Метод автономных блоков с магнитными нановключениями и каналами Флоке для математического моделирования магнитных наноструктур с учетом обмена и граничных условий. /О. А. Голованов, Г. С. Макеева // Радиотехника и электроника, 2009. – Т. 54. – № 12. – С. 1421–1428.

8. Макеева, Г. С. Электродинамический анализ взаимодействия электромагнитных волн с нелинейными гиромагнитными включениями в волноведущих структурах. / Г. С. Макеева, О. А. Голованов // Радиотехника и электроника, 2006. – Т. 51. – № 3. – С. 261–267.

9. Макеева Г.С., Голованов О.А. Численное исследование нестабильностей волн и колебаний в нелинейных гиромагнитных структурах по точкам бифуркации нелинейного оператора Максвелла. / Г. С. Макеева, О. А. Голованов // Радиотехника и электроника, 2007. – Т. 52. – № 1. – С. 106–113.

10. *Makeeva, G. S. M.Pardavi-Horvath.An Efficient Nonlinear Frequency Multiplication Mechanism in Ferrite Loaded Waveguide Structures / G. S. Makeeva, O. A. Golovanov // IEEE Transaction on Magnetics, 2005, v. 41. – N 10, pp. 3559–3561.*

11. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика / О. И. Фальковский. – М.: Связь, 1978. – 432 с.

12. Федоров, К. Н. Основы электродинамики / К. Н. Федоров. – М.: Высшая школа, 1980. – 387 с.

13. Бахарев, С. И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / С. И. Бахарев, В. И. Вольман, Ю. Н. Либ и др. М.: Радио и связь, 1982. – 328 с.

14. *Shen, J. Thermo-physical properties of epoxy nanocomposites reinforced with amino-functionalized multi-walled carbon nanotubes / J. Shen, W. Huang, L. Wu et al. // Composites: Part A, 2007. – V. 38. – P. 1331–1336.*

15. *Fan, Z. Electromagnetic and microwave absorbing properties of multiwalled carbon nanotubes/polymer composites / Z. Fan, G. Luo, Z. Zhang et al. // Materials Science and Engineering B, 2006. – V. 132. – P. 85–89.*

УДК 678.072

Данилов А.М., Лапшин Э.В., Гарькина И.А., Трусов В.А.

Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, Пенза, Россия

ФГОБУ ВО Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ С РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Предлагаются методологические принципы создания авиационных тренажеров с использованием многопроцессорных информационно-вычислительных комплексов с распараллеливанием вычислительных процессов в реальном масштабе времени. Приводится их реализация при разработке тренажера транспортного самолета.

Концепция модульности предполагает возможность объединения, разделения и модификации отдельных элементов без их влияния на систему в целом [1-6]. При модульной архитектуре систем модули могут создаваться независимо друг от друга и объединяться в блоки для получения необходимых результатов. Многие элементы модульности (модули пилотажных приборов, силовой установки, подвижности; кабина, вычислитель, пульт инструктора и др.) уже используются в современных тренажерах. Однако до последнего времени объединение модулей традиционно требовало больших временных и финансовых затрат (иногда ожидаемая выгода не достигалась или требовались чрезмерные усилия). Так, во многих пилотажных приборах используются аналоговые данные, а в ряде других приборах и вычислителях используются цифровые данные. Налицо обмен в АТ большими потоками различной информации. *Наибольшие трудности связаны с необходимостью выполнения всех операций в реальном масштабе времени.*

Модульный подход, облегчая некоторые трудности, налагает дополнительные ограничения, связанные с приведением данных в совместимую форму, на систему в целом. Однако, если указанные проблемы будут решены, то присущая модульному подходу гибкость будет значительно перекрывать указанные ограничения по обработке данных. *Вычисления могут распределяться между различными процессорами.*

Существует потенциальная *опасность выбора узкоспециализированного подхода с определением некоторой архитектуры ЭВМ* и установкой *жесткой структуры интерфейса* с применением *специального языка программирования*. Должна существовать возможность создания новых необходимых модулей на основе *единого подхода для обеспечения совместимости модулей друг с другом.*

При модульном подходе модули и интерфейс могут рассматриваться с функциональной точки зрения (*логический уровень*), или система рассматривается как набор аппаратных и программных модулей (*физический уровень*). Указанное разделение позволяет достичь *основной цели - разделить указанные уровни так, чтобы изменения на одном уровне не вызывали изменений на другом.* Так, можно модернизировать модули акселерационных эффектов, визуализации, установить другие ЭВМ и т.д. без изменения логической структуры АТ или наоборот, использовать различные элементы физического уровня для создания конкретных АТ.

Решение вопроса о *взаимодействии модулей* на самом деле является решением *задачи передачи*

данных от модуля к модулю. Для их связи необходима *схема сопряжения* (в идеале - универсальная).

Специального рассмотрения при модульном подходе требует вопрос *программного обеспечения*. Наибольшие усилия затрачены на обеспечение *мобильности* программного обеспечения. *Доля стоимости математического обеспечения в общей стоимости АТ постоянно возрастает*. Поэтому повышение эффективности труда программиста становится все более важной.

Во избежание сложности внедрения технических новшеств требования к модулям, интерфейсу и др. не должны быть чрезмерно жесткими и замыкаться на существующих технологиях. Залог успеха – в создании достаточно гибких модулей и системы в целом. *Модуль должен определяться функционально*. Типы используемых ЭВМ, длина слов, язык программирования и т.п. не должны входить в определение модуля. При определении модулей, интерфейса, утверждении стандартов (для исключения разногласий) головная организация, координируя деятельность подрядчиков, должна исполнять и роль эксперта.

Рассмотренный подход использовался при разработке ряда комплексных тренажеров самолетов Ил-76МД, Ил-96-300, Ту-204, Ан-72, Ан-74 и др., широко используемых для подготовки летного состава в учебно-тренировочных центрах как гражданской, так и военной авиации.

Ограничимся рассмотрением модульного построения архитектуры комплексного тренажёра на примере *тренажёра самолёта Ту-204*.

В состав тренажёра входят:

- *кабина* с рабочими местами двух пилотов, бортинженера и инструктора, устанавливаемая на шестистепенном стенде *имитатора акселерационных эффектов;*

- *базовый вычислитель*, включающий пять ЭВМ и *устройство комплексирования;*

- модуль *информационного обмена*, состоящий из пяти стоек *абонентских терминалов*, расположенных вне кабины, и двух стоек - в кабине;

- модуль *имитатора визуальной обстановки*, включающий генератор изображения и модуль отображения визуальной обстановки;

- *рабочее место инструктора* вне кабины тренажёра;

две стойки с *бортовыми ЦВМ*;

- модуль имитатора *метеонавигационной радиолокационной станции* МНРЛС-85;

- модуль общего *электропитания* с автономным комплектом первичного электропитания для базового вычислителя тренажёра;

- модуль *кондиционирования воздуха* в кабине тренажёра.

На *рис. 1* приводится модульная структура комплексного тренажёра самолёта Ту-204.

Приняты следующие обозначения:

АГБ - авиагоризонт бомбардировщика,

АРК - автоматический радиокомпас,

АСУТ - автоматическая система управления тягой,

АСШУ - автоматическая система штурвального управления,

БИНС - бесплатформенная инерциальная навигационная система,

БСКД - бортовая система контроля двигателей,

ВАР - вариометр,

ВБМ-2 - указатель барометрической высоты,

ВКУ ССВО - видеоконтрольное устройство синтезирующей системы визуальной обстановки,

ВК1(2,3,4,5) - вычислительный комплекс №1 (№2, №3,№4,№5),

ВОР - радиотехническая система ближней навигации по маякам ВОР,

ВПС - взлетно-посадочные средства,

ВСС, ВСУП, ВСУТ - вычислительные системы самолетовождения, управления полетом и тягой соответственно,

ДМ - дисплейный модуль,

ДМЕ - радиодальномер,

ИАШ, ИАЭ ИПП - имитаторы акустических шумов, акселерационных эффектов и пилотажных приборов соответственно,

ИМ КИСС - индикатор многофункциональный комплексной информационной системы сигнализации,

КИНО - комплексный индикатор навигационно-тактической обстановки,

КИСС - комплексная информационная система сигнализации,

КИ-13 - магнитный компас,

КПИ - комплексный пилотажный индикатор,

МНРЛС - метеонавигационная радиолокационная станция,

МПД - модуль передачи данных,

МСРП - магнитный самописец речи и параметров,

ПОС - противообледенительная система,

ПУ - пульт управления,

РВ-85 - радиовысотомер,

РИ - речевой информатор,

РМИ - рабочее место инструктора,

РМИ-2Б – радиомагнитный индикатор,

РСБН, РСДН - радиотехнические системы ближней и дальней навигации соответственно,

САС, СВС, СДУ-6, СИО, СНС - системы аварийной сигнализации, воздушных сигналов, дистанционного управления, информационного обмена и спутниковая навигационная система сответственно,

СО - самолетный ответчик,

СОК - система объективного контроля ,

СПКР, СППЗ, СРД, ССЛО - системы предупреждения критических режимов, предупреждения о приближении к земле, регулирования давления, сбора и локализации отказов соответственно,

СУ - силовая установка,

СУД, СЭИ - системы управления двигателями и электронной индикации соответственно,

УС - указатель скорости,

ХАЭ - хронометр авиационный электронный.

ILS - радиотехническая система посадки по маякам ИЛС/СП,

MLS - микроволновая система посадки.

Возможны *два варианта модульного построения АТ.*

В *первом* (связи показаны *сплошными линиями*) к каждому ВК через интерфейс типа "Общая шина" подключается контроллер одной стойки абонентских терминалов с модулями СИО и используемым бортовым оборудованием. К каждой стойке абонентских терминалов бортовое оборудование подключается с учетом задач, решаемых вычислительным комплексом. Например, в ВК2 решаются задачи модуля динамики полёта, системы дистанционного управления, автоматической системы штурвального управления.

К стойке абонентских терминалов, взаимодействующих с ВК2, подключаются органы управления полётом, бортовое оборудование (систем, связанных с ВСУП, ВСУТ, СПКР, СППЗ) и модуль имитатора акселерационных эффектов. Для уменьшения запаздывания к общей шине ВК 2 подключается модуль имитации визуальной обстановки. Здесь возможно создание тренажёра из функционально-законченных модулей:

- *пилотажного* модуля (включает ВК 2, ВК 3, две стойки абонентских терминалов и соответствующее оборудование);

- модуля *бортинженера* (включает ВК 4, стойку абонентских терминалов, приборы, органы управления, сигнализаторы силовой установки, бортовых систем контроля двигателей, топливной системы, системы регулирования давления, КИСС);

- модуля *самолётовождения* (включает ВК 5, стойку абонентских терминалов, бортовое оборудование системы самолётовождения и радиотехнических систем; к общей шине ВК 5 подключается имитатор МНРЛС-85);

- модуля *инструктора* (включает ВК 1, стойку абонентских терминалов, оборудование рабочего места инструктора).

Такое построение позволяет разрабатывать и специализированные тренажёры (естественно, с объёмом решаемых задач, меньшим, чем в комплексном АТ).

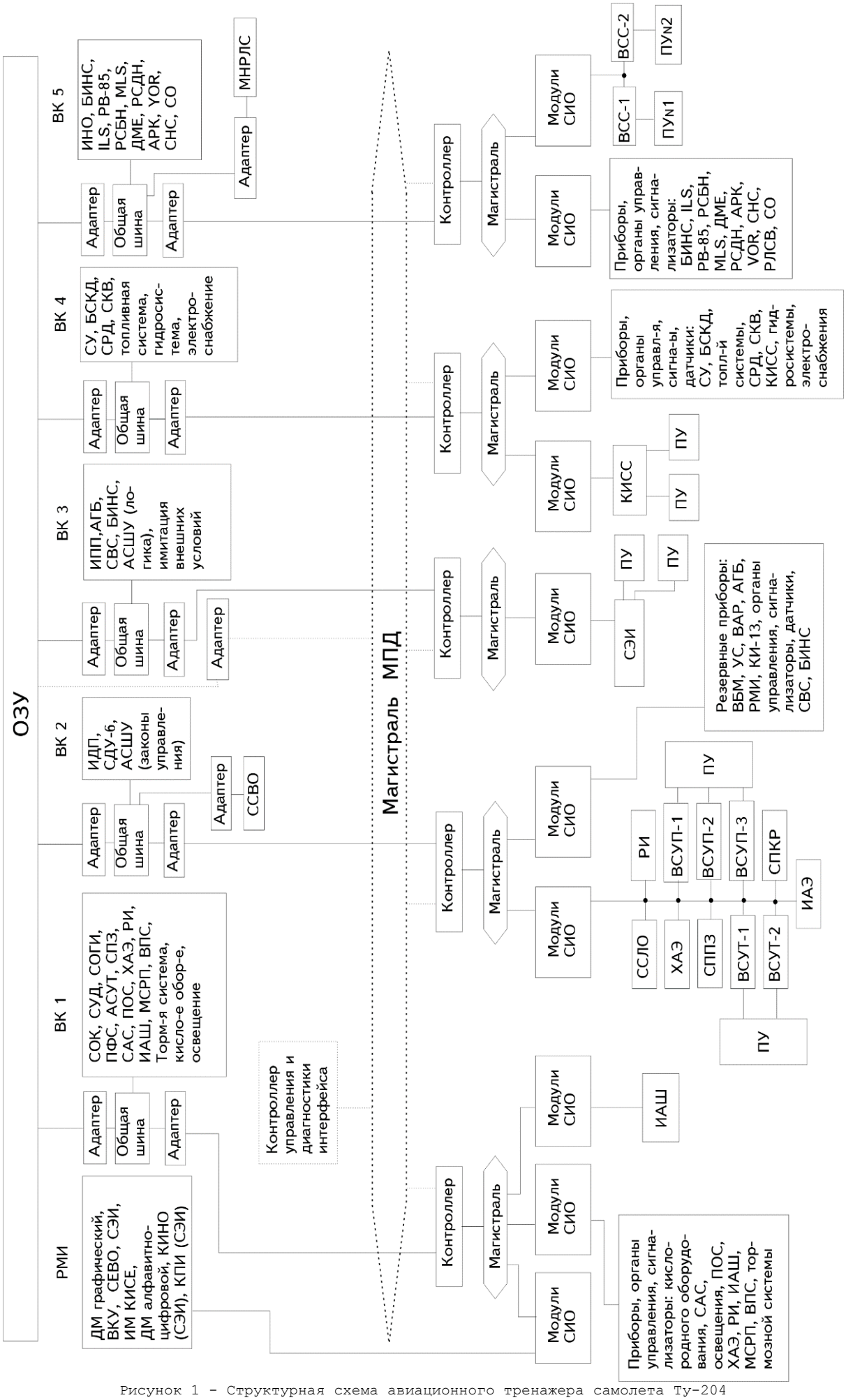


Рисунок 1 - Структурная схема авиационного тренажера самолета Ту-204

Запаздывание от управляющего воздействия от штурвала до изменения изображения в имитаторе визуальной обстановки определяется запаздыванием собственно имитатора визуальной обстановки (до 120мс) и 1-2 циклами решения задач (при цикле решения 50мс запаздывание составляет 170-220 мс).

Во *втором* варианте (связи показаны *пунктирными линиями*) контроллеры стоек абонентских терминалов подключаются не к интерфейсу "Общая шина" ВК1 - ВК5, а к магистрали МПД (подключается к одному из входов общего поля памяти ОЗУ). Здесь устройство комплексирования ОЗУ, кроме функций обмена данными между ВК1- ВК5, выполняет функции приёма и передачи данных от оборудования кабины и рабочего места инструктора. Это позволяет создать гибкую структуру вычислительной системы тренажёра, обеспечивающую перераспределение потоков информации (позволяет уменьшить количество коммутирующих средств). *Эксплуатационная надёжность тренажёра* во многом *определяется надёжностью устройства комплексирования (отказ устройства приведёт к отказу тренажёра в целом).*

С учётом изложенного выше очевидна *целесообразность построения тренажёра по первому варианту, что практически и реализовано.*

Ограничимся рассмотрением основных модулей.

Модуль имитатора динамики полёта. Структурная схема с указанием взаимосвязей с другими имитаторами приводится на *рис. 2*.

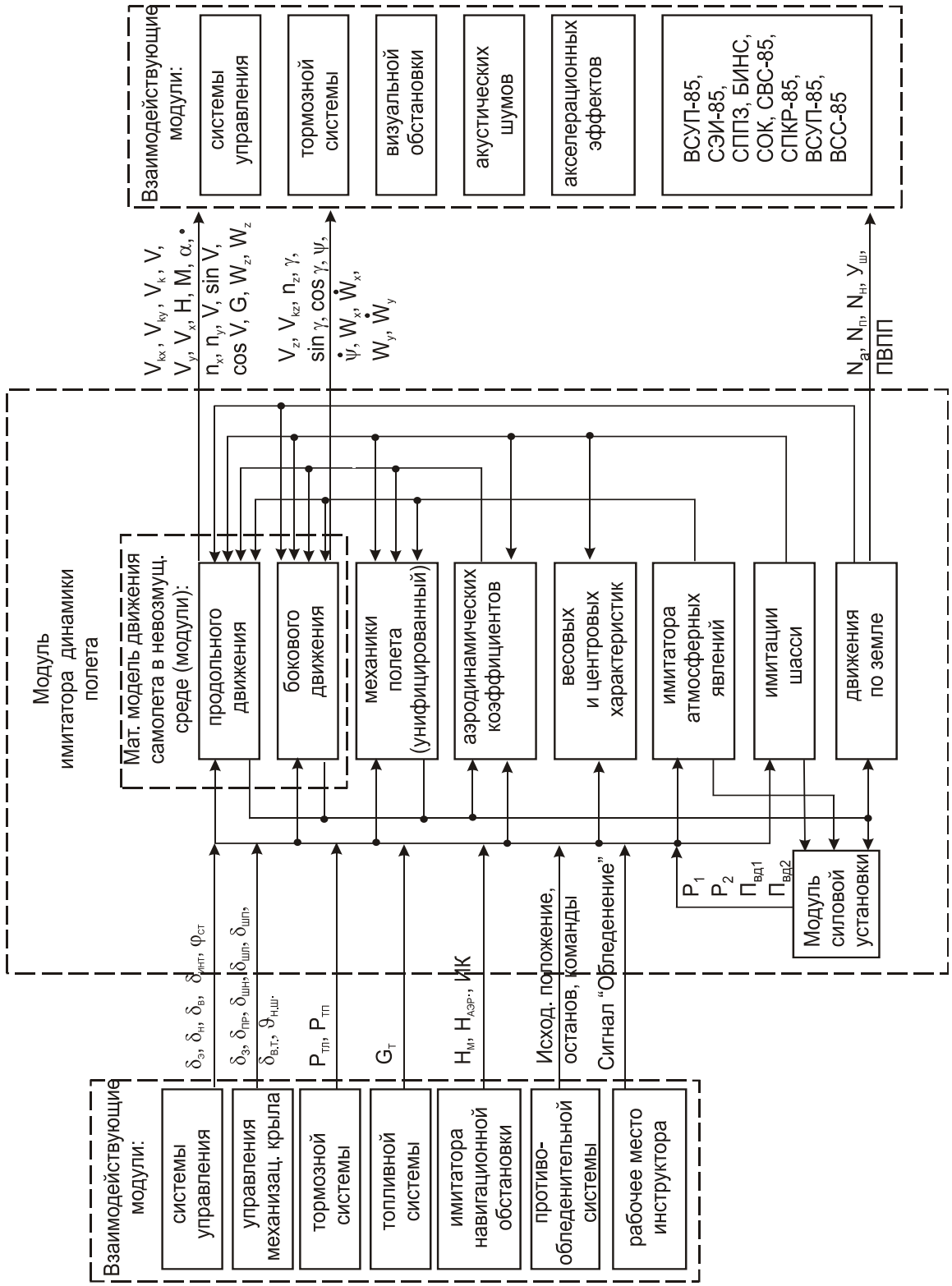


Рисунок 2 - Структурная схема модуля имитатора динамики полетаПроизводится *декомпозиция системы уравнений движения* (продольное и боковое движения, движение по земле, модуль аэродинамических коэффициентов)

Приняты обозначения:

ВСС-85 - вычислительная система самолетовождения,

ВСУП-85 - вычислительная система управления полетом,

ВСУТ-85 - вычислительная система управления тягой,

СЭИ-85 - система электронной индикации,

ИК - истинный курс,

ПВПП- признак касания ВПП.

Остальные обозначения общепринятые.

Воспроизводится движение самолёта в пространстве (решение *замкнутой* системы *нелинейных* дифференциальных уравнений; *входные* параметры - *управляющие воздействия* экипажа, *выходные - параметры полёта)*.

Моделируются [6-8]:

- движение по ВПП и рулёжным дорожкам;
- взлёт и набор высоты;
- полёт по маршруту, снижение и заход на посадку;
- уход на второй круг (с использованием средств комплекса стандартного пилотажно-навигационного оборудования);
- экстренное снижение;
- полёт по кругу, заход на посадку и посадка;
- пробег по ВПП с использованием всех средств торможения;
- полёт при опасных внешних воздействиях.

Учитываются:

- температура воздуха и атмосферное давление;
- высота (уровень местности) аэродрома;
- горизонтальная составляющая скорости ветра;
- сдвиг и порывы ветра (вертикальный и горизонтальный);
- обледенение (изменение аэродинамических характеристик);
- состояние ВПП;
-сила тяжести и центровка самолёта;
- режимы работы силовой установки (включая реверс);
- положение управляющих поверхностей, механизация крыла, шасси (при движении по земле учитываются характеристики устойчивости и управляемости; коэффициенты увода и трения колёс с учетом состояния ВПП, торможения колёс и работы антиюзового устройства);
- аэроупругость.

Для *обеспечения подобия реального и моделируемого полёта* самолёта осуществляется *непрерывное вычисление* параметров полёта *в реальном масштабе времени*. Экипажу с соответствующих модулей предоставляются визуальная, акустическая, акселерационная информации, показания приборов пилотажно-навигационного комплекса, положения и усилия на органах управления (формируемых в соответствии с параметрами, получаемыми в имитаторе динамики полёта (ИДП)).

Шаг интегрирования задается из условий устойчивости и мощности ЭВМ.

Предусматривается возможность *программного ввода и вывода значений физических параметров на дисплей.*

Модуль имитатора системы управления. Структурная схема приводится на *рис. 3*. Приняты обозначения:

АбТ - абонентский терминал,

$И_{АСШУ1}$, $И_{АСШУ2}$, $И_{АСШУ3}$ – индикация исправности каналов АСШУ,

КИСС - комплексная информационная система сигнализации,

РВ, РН, ЭЛ - рули высоты и направления; элерон,

$Р_{СУР1}$, $Р_{СУР2}$, $Р_{СУР3}$, $Х_{МР3}$ – индикаторы давления в каналах гидросистемы и положения механизма регулирования загрузки.

Используется полунатурное моделирование на базе бортового оборудования. Обеспечивает имитацию работы каналов управления стабилизатором, рулём высоты, элеронами, интерцепторами, воздушными тормозами и рулём направления.

В модуле имитируются *вероятные отказы реальной системы* управления самолёта:

- электрической системы балансировки канала управления стабилизатором;
- электродистанционной системы регулирования диапазона подключения дополнительной загрузки колонок;
- электродистанционных контуров управления СДУ;
- в системах электро- и гидропитания,
- заклинивание аварийных механических проводок.

В модуле имитатора проявляются отказы, имитируемые в имитаторах АСШУ-204 и ВСУП-85.

Модуль имитатора силовой установки. Структурная схема приводится на *рис. 4*. Приняты обозначения:

ВСУ - вспомогательная силовая установка,

ПЗ ВСУ,ПНТ, ПНШ, ПОШ, ПП, ПП ВСУ, ППД, ПРАП, ПРГС, ПРЭС, ПСТ, ПУПК, ППОМ, ПРЕВ - соответственно признаки запуска ВСУ, наличия напряжения на шинах, обжатия шасси, пожара, пожара ВСУ, пожара двигателя, подключения РАП, работы гидросистемы, работы электростартера, стояночного тормоза, управления передним колесом, помпажа и реверса.

Модуль обеспечивает воспроизведение работы:

- двух маршевых двигателей ПС-90А,
- вспомогательной силовой установки ВСУ ТА12-60,
- системы контроля вспомогательной силовой установки СК-ВСУ,
- системы автоматического регулирования САР-90,
- автомата пуска двигателя АПД-ЗОТА-2,
- электронного регулятора режимов работы вспомогательной силовой установки ЭРРД-12.

Имитация осуществляется на основе математического моделирования характеристик силовой установки в базовом вычислителе тренажёра с использованием блочно-модульной структуры программного обеспечения.

Связь базового вычислителя с органами управления и контроля в кабине осуществляется с использованием системы информационного обмена (связь с взаимодействующими модулями - внутримашинный и межмашинный обмен с информацией базового вычислителя).

Имитация работы вспомогательной силовой установки позволяет воспроизведение следующих режимов работы реальной системы:

- предполётная проверка в кабине(включая комплекс АБ-14М);
- подготовка к запуску двигателей;
- холодная прокрутка двигателей;
- запуск двигателей на земле от наземных и бортовых источников питания;
- работа вспомогательной силовой установки на земле и в полёте в эксплуатационном диапазоне высот и скоростей;
- останов двигателей на земле и в полёте;
- запуск двигателей в воздухе (с блокировкой и без нее);
- отбор мощности для режимов загрузки генератора $Р_{ген}$=60кВА и отбор воздуха $\dot{G}_{в.отб}$ =0-2,5кГ/с;
- имитация неудачного запуска силовой установки в диапазоне высот и скоростей, не оговоренных в «Руководстве по лётной эксплуатации» (повышение температуры газа выше 570°С, зависание оборотов двигателей $n_{всу} = (30 \pm 5)\%$,

автоматическое прекращение запуска при включённой защите по предельным параметрам).

Обеспечивается воспроизведение следующих режимов работы маршевых двигателей:

- подготовка двигателей к запуску;
- проверка электронной части системы регулирования двигателя (РЭД) с использованием встроенного контроля;
- холодная прокрутка двигателей;
- ложный запуск и запуск двигателей на земле (от наземных и бортовых источников питания);
- прогрев и опробование двигателей;

- работа двигателей на установившихся и переходных режимах во всём эксплуатационном диапазоне скоростей (в диапазоне высот 0-13000 м);
- нормальный и экстренный останов двигателей на земле и в полёте, а также останов пожарным краном;
- авторотация;
- реверс тяги;
- управление в автоматическом режиме от системы ВСУТ-85;
- имитация неудачного запуска двигателей в диапазоне высот и скоростей, не оговоренных в «Руководстве по лётной эксплуатации» (повышение температуры газа выше допустимой, зависание оборотов двигателя, автоматическое прекращение запуска при работоспособной системе регулирования двигателя, ускоренный запуск двигателей по сигналу с рабочего места инструктора).

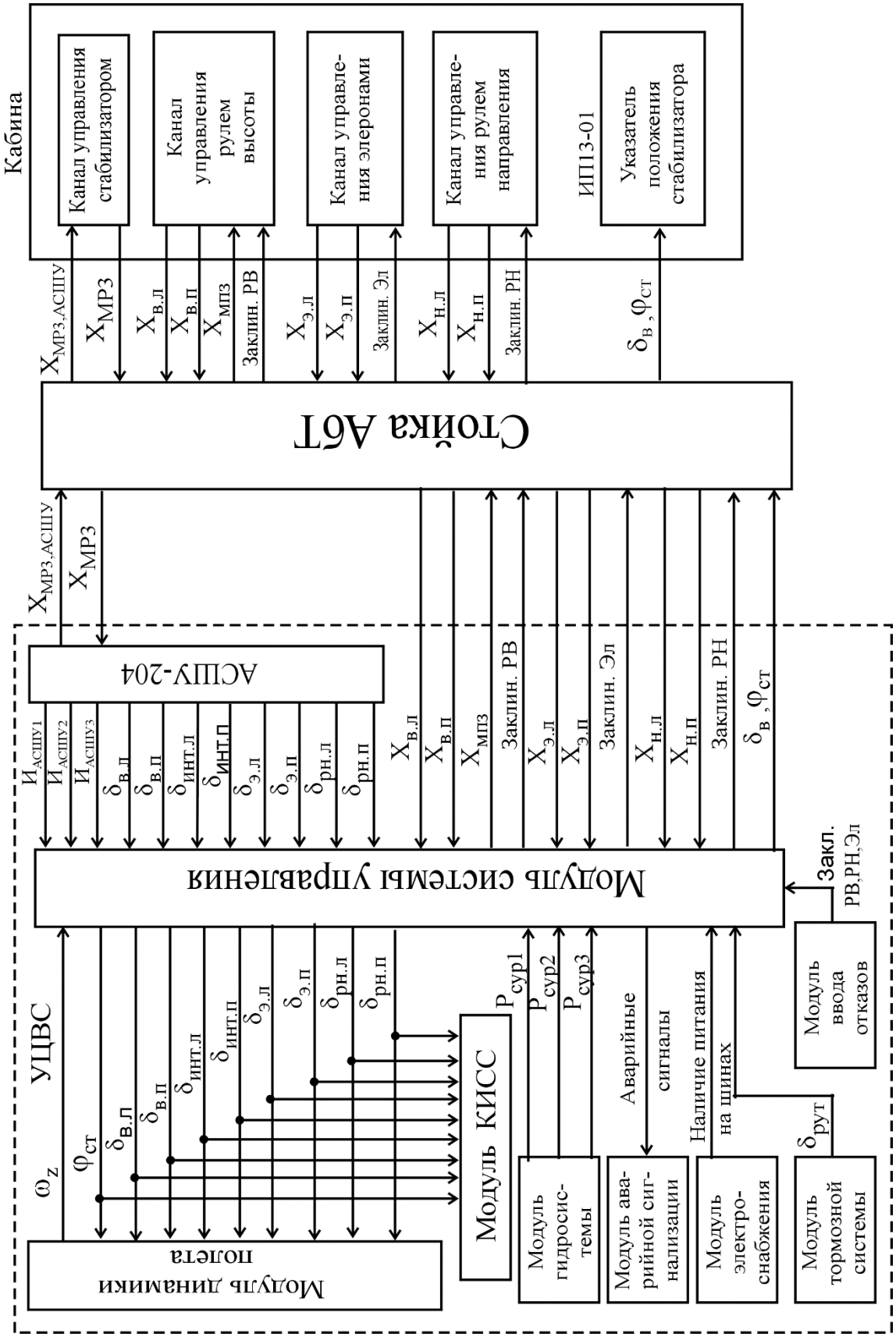


Рисунок 3 - Структурная схема модуля системы управления

Имитируются отказы: останов двигателя, помпаж двигателя, повышение температуры газов, отказ системы регулирования двигателя, вибрации двигателя, предельная температура газов вспомогательной силовой установки, разъединение управления двигателями, перегрев опоры, падение давления масла.

Метод моделирования позволяет обеспечить воспроизведение динамических характеристик в полном соответствии с "Нормами годности авиационных тренажеров для подготовки авиаперсонала воздушного транспорта".

Модуль имитатора акселерационных эффектов. Структурная схема приводится на *рис.5*.

Предназначается для воспроизведения составляющих акселерационного поля [1,6,9] информации, связанных с изменениями линейных перегрузок, угловых ускорений и перемещений, характерных для различных режимов полёта, а также воспроизведения эффектов:

- постоянного ненаправленного "фонового" движения в процессе всего полёта;
- вибрации от работающих двигателей;
- шумов от выпуска и уборки шасси;
- обжатия стоек шасси при торможении, растормаживании, а также эффектов, вызванных их касанием ВПП, включая раздельное касание носовой, левой и правой стойками;
- тряски при движении по ВПП;
- сваливания.

Позволяет одновременно имитировать пространственное маневрирование и движение, вызванное внешним воздействием.

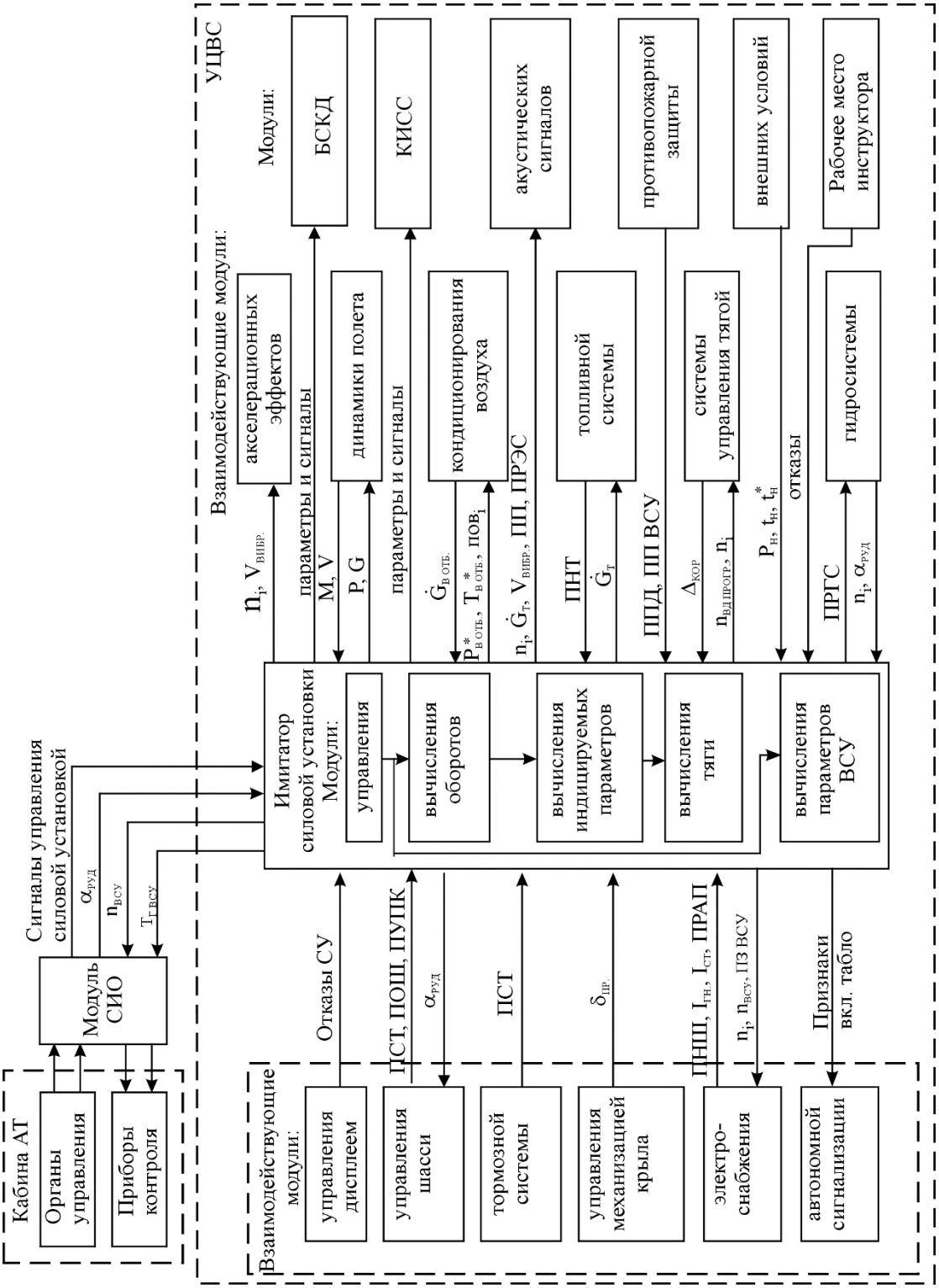


Рисунок 4 - Структурная схема модуля имитатора силовой установки

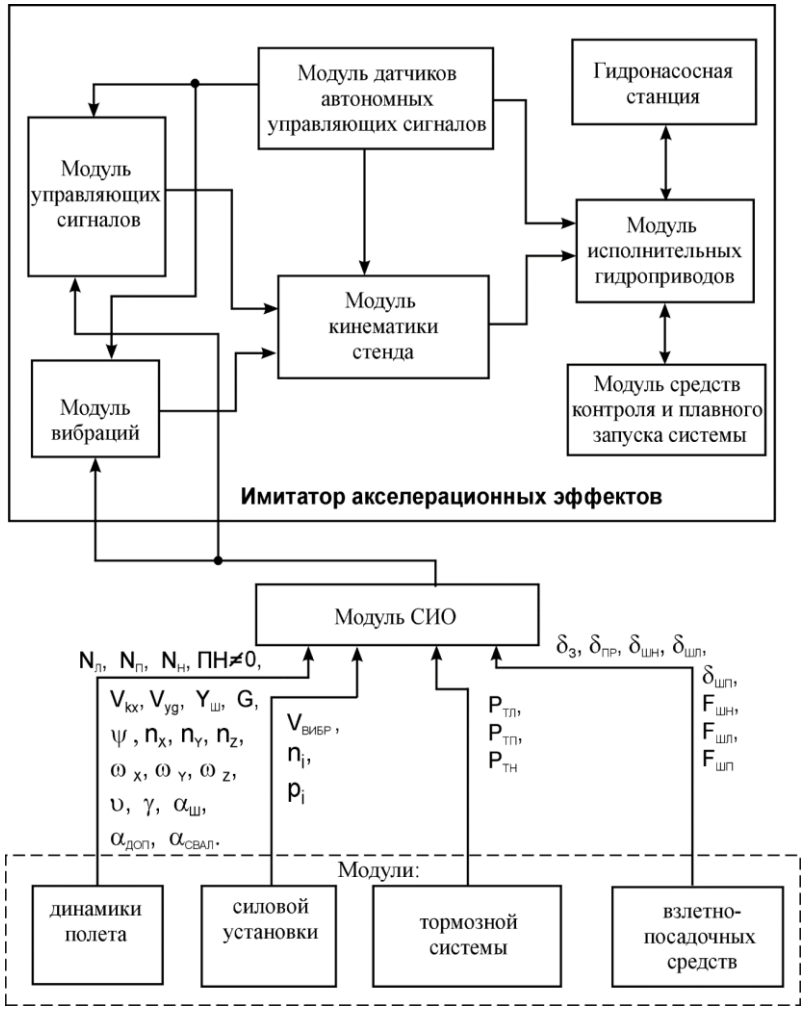


Рисунок 5 - Структурная схема модуля имитатора акселерационных эффектов

Разработка динамических стендов (включая системы управления ими) осуществляется на основе компромисса между возможно более точным моделированием (в наземных условиях) акселерационных ощущений лётчика и жесткими техническими ограничениями на максимальные линейные (в меньшей степени - на угловые) перемещения кабины стенда (во много раз меньшие реальных перемещений самолёта). Точное моделирование акселерационных ощущений лётчика во всём диапазоне частот принципиально невозможно - по линейным степеням свободы, а по угловым - затруднительно. Противоречие устраняется с использованием *особенностей восприятия перегрузок лётчиком. В имитаторе акселерационных эффектов воспроизводятся частоты 0,3 - 3 Гц*. Задаваемые перемещения определяются с учетом их допустимого диапазона (независимо от способа формирования управляющих сигналов).

Для того чтобы при моделировании низких частот в изменении перегрузки, кабина тренажёра не только не выходила за ограничения по перемещению, но и незаметно для лётчика стремилась вернуться в среднее, нейтральное положение, используются фильтры верхних частот. Воспроизведение на стенде длительно действующих линейных, боковых и продольных перегрузок (в диапазоне не более ±0,5g) обеспечивается возможностью наклона кабины на соответствующий угол. При разработке имитатора используются *основы формирования ощущений наклонов у человека по реакциям отолитов, тактильных и кинестетических рецепторов*. При разгоне и торможении самолёта результирующая массовых сил, действующая на рецепторы, вызывает ощущение наклона по тангажу. Кабина тренажёра наклоняется на соответствующий угол тангажа (линия горизонта на экране перед лётчиком не изменяет своего положения). Аналогично строится имитатор для боковых перегрузок.

При имитации длительно действующих перегрузок учитывается *взаимное расположение отолитового аппарата* (в районе головы лётчика*) и центра вращения самолёта* (отолиты воспринимают перегрузки от возникающих при вращении центробежных сил). Одновременно с вращением подвижной платформе задаются линейные перемещения.

Как в канале крена, так и тангажа используются *фильтры.*

Модуль включает динамический стенд с шестью степенями свободы (потребляемая мощность - 130кВА, количество заправляемого масла - 500л, грузоподъёмность - не более 5000кГ, высота - 2212мм, зона ограждения - 8х8м; см. также табл 1.) стойку управления, микропроцессорные вычислители, гидронасосную станцию.

Рабочие характеристики динамического стенда Таблица 1

Параметр движения	Диапазон перемещения	Максимальная скорость	Максимальное ускорение
Продольное (X)	± 0,6 м	± 0,8 м/с	± 8 м/с^2
Вертикальное (У)	± 0,5 м	+0,7 ÷ 0,8 м/с	± 8 м/с^2
Боковое (Z)	± 0,6 м	± 0,8 м/с	+-8м/с^2
Крен (γ)	± 24 град	± 20 град/с	± 100 град/с^2
'Гангаж (ϑ)	± 21 град	± 20 град/с	± 100 град/с^2
Рыскание (ψ)	± 23 град	± 20 град/с	± 100 град/с^2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.Рассматриваются методологические принципы создания авиационных тренажеров модульной архитектуры с использованием системного подхода.

2.Приводятся структура, состав, а также указываются взаимосвязи информационно-вычислительных систем тренажеров, предусматривающих распараллеливание вычислительных процессов.

3.Предлагаются варианты модульного построения тренажеров с разработкой основных модулей.

4.Результаты исследований использованы при разработке динамических стендов и комплексных тренажеров самолетов Ил-76МД, Ил-96-300, Ту-204, Ан-72, Ан-74 и др., широко используемых для подготовки летного состава в учебно-тренировочных центрах как гражданской, так и военной авиации.

5.Приведенные принципы разработки авиационных тренажеров могут использоваться при проектировании и других управляемых в пространстве динамических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1.А.М.Данилов, А.Н Анисимов, И.А.Гарькина, Б.В.Клюев, Э.В.Лапшин. Методологические принципы проектирования сложных управляемых в пространстве динамических систем в приложении к разработке авиационных тренажеров. // III Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления SICPRO` 04». Москва, 28-30 января 2004, ИПУ РАН им. В.А.Трапезникова. С.279-311

2. А.М.Данилов, Л.З.Дулькин, А.С.Земляков, В.М.Матросов. В.А.Стрежнев. Динамика стратосферной обсерватории. Труды V Международного симпозиума ИФАК по управлению в пространстве. Италия, Генуя. В 2 томах. Т.1. Управление в пространстве. – М.: Наука, 1975. С.208-228.

3. А.М.Данилов, Л.З.Дулькин, А.С.Земляков, В.М.Матросов. В.А.Стрежнев. Динамика и управление внеатмосферными астрономическими обсерваториями. Труды VI Международного симпозиума ИФАК по управлению в пространстве. Г.Цахкадзор. В 2 томах. Т.1. Управление в пространстве. – М.: Наука, 1976. С.153-171.

4. А.М.Данилов, В.А.Лапин, Э.В.Лапшин, В.Н.Шихалеев. Модульная архитектура пилотажных авиационных тренажеров на базе ПЭВМ. III Всесоюзная научно-техническая конференция «Тренажеры и компьютеризация профессиональной подготовки». – Калининград, 1991.

5. А.М.Данилов, А.П.Прошин, И.А.Гарькина. Системная методология идентификации сложных динамических систем. Аэрокосмические приложения./ Сборник материалов Ш Международного симпозиума «Аэрокосмические приборные технологии». С.Петербург, 2-4 июня 2004 г.

6. А.М.Данилов, Э.В,Лапшин. Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров / «Приборы и системы управления», №8, 1989.

7. А.М.Данилов, И.А.Гарькина. Некоторые критерии оценки пилотажных свойств летательных аппаратов/ Труды IV Рос.н-т. конф. Ч.I «Авиакосмические технологии АКТ- 2003», Воронеж, 2003.

8. А.М.Данилов, И.А.Гарькина. Влияние запаздывания в системах имитации физических факторов полета на пилотажные характеристики авиационных тренажеров/ IV Международная научно-техническая конференция «Кибернетика и технологии XXI», Воронеж, 2004.

9. Безбогов А.А. Современные авиационные тренажеры. Часть 3. Моделирование акселерационной обстановки /А.А. Безбогов, Л.М. Дубовый, П.П. Зобков //Издание РВВАИУ им. Я. Алксниса (629.7.01.С56) – Рига, 1988. С. 65-76.

УДК 621.397.4

Роганов В.Р., Михеев М.Ю., Асмолова Е.А., Жашкова Т.В.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

ИМИТАТОРЫ ВИЗУАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕНАЖЁРОВ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Проведён анализ имитаторов визуальной обстановки тренажёров подготовки пилотов летательных аппаратов, водителей автомобилей и судоводителей и машинистов локомотивов. Имитатор визуальной обстановки представляет из себя оптико-программно-аппаратный комплекс разработанный для синтеза в реальном масштабе времени узнаваемой модели реально существующей местности. В отличие от изображений, используемых в видеоиграх, в данном случае оператор имеет возможность тренировать свой глазомер. В зависимости от типа транспортного средства имитатор визуальной обстановки позволяет моделировать соответствующее изображение. Модель летательного аппарата может перемещаться над моделью земной поверхности. Модель автомобиля и корабля может перемещаться по модели земной поверхности. Модель локомотива может перемещаться только в направлении укладки железнодорожного пути. В каждом случае рассмотрены особенности влияющие на разработку соответствующего имитатора визуальной обстановки.

Ключевые слова:

информационные технологии, тренажёр, имитатор визуальной обстановки, профессиональные навыки, эргатический оптико- программно- аппаратный комплекс

Введение

Сотрудники Пензенского государственного технологического университета, выполняя НИОКР по разработке безочковых 3Dиндикаторов (УИ) для тренажёров подготовки водителей транспортных средств, разработали несколько новых типов имитаторов визуальной обстановки (ИВО), оптимизированных под выполнение конкретных задач обучения водителей транспортных средств: пилотов, водителей автомобилей, судоводителей, машинистов локомотивов. Рассматриваемые ИВО это эргатический оптико-программно-аппратный комплекс состоящий из нескольких основных узлов: человека-наблюдателя, оптической системы, экрана формирования промежуточного изображения, компьютерного генератора изображения и специализированной базы данных. Исследования показали, что в настоящее время, невозможно создать один тип ИВО, который мог бы успешно использоваться во всех известных тренажёрах подготовки водителей транспортных средств. На основании полученных данных предложен алгоритм выбора конкретных узлов ИВО, позволяющий добиться снижения себестоимости при выполнении всех задач ТЗ на тренажёр.

Все узлы в ИВО взаимосвязаны и взаимозависимы, однако есть два узла определяющих основные возможности ИВО – это устройство индикации (УИ) и генератор изображения (ГИ).

В первую очередь это связано с успехами в области разработки экранов. При сохранении прогрессивной развёртки и 16 миллионов возможных цветовых комбинаций имеем существенное увеличение разрешающей способности и яркости самого экрана. От 640×480 пикселей, в не таком далеком прошлом, до 1280×1024 пикселей современных телевизионных экранов.

Во вторую очередь это связано с возможностями современных программно-аппаратных комплексов синтезирующих на экране формирования промежуточного изображения проекцию части пространства, попавшей в пирамиду видимости [2-8].

В ряде случаев качество получаемого изображения позволяет обойтись без дополнительного преобразования методами оптики изображения, полученного на экране формирования промежуточного изображения, с целью обеспечения возможности тренировки глазомера обучаемого. Так, если голова обучаемого будет находиться в заданном небольшом объёме пространства, что характерно для