

УДК 681.518:658.58(075)

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2009 С.В. Черкашин, В.В. Шишкин, Н.А. Долбня

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 20.07.2009

Рассмотрена универсальная система диагностирования бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов, используемая в стендах проверки комплексных систем электронной индикации и сигнализации и наземных автоматизированных станциях контроля авиационного оборудования.

Ключевые слова: система диагностирования, бортовое радиоэлектронное оборудование, системы электронной индикации, наземные автоматизированные станции.

Современное радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов, такое как комплексные системы электронной индикации и сигнализации (КСЭИС) представляют собой сложные аппаратно-программные комплексы, в состав которых входят блоки обработки бортовой и пилотажной информации, индикаторы отображения и пульта управления. К ним предъявляются требования повышенной надежности, так как именно на основе отображаемой ими информации пилот принимает решение о дальнейших действиях.

На сегодняшний день существуют два основных поколения КСЭИС. Номенклатура элементов КСЭИС первого поколения была невелика, и диагностирование проводилось посредством специальной контрольно-проверочной аппаратуры (КПА), не имевшей программного обеспечения (ПО) и средств автоматизации диагностического процесса.

В связи с развитием процессорной техники стало возможным уменьшение массогабаритных параметров КСЭИС, возросли объемы памяти, количества обрабатываемых сигналов и скорость реакции системы в целом. Однако с увеличением мощности возросла и сложность систем. В результате встал вопрос о разработке диагностического обеспечения нового поколения. Развитие собственно авиастроения также повлекло за собой появление большого числа КСЭИС. Для того чтобы контролировать все виды блоков и индикаторов, а также КСЭИС в целом, потребовалось сформировать большое количество проверочных мест, включающих в себя аппаратное

и программное обеспечение. В случае с аппаратным обеспечением задача упрощается тем, что новые типы бортовых линий связи, по которым КСЭИС взаимодействует с другими системами, и появляются нечасто. Что касается информационных протоколов взаимодействия и алгоритмов функционирования, то здесь ситуация сложнее. Каждая КСЭИС при внутрисистемном взаимодействии между блоками и узлами имеет свои отличия и особенности, к тому же в процессе отладки системы внешние информационные протоколы часто подвергаются модификации.

При диагностировании аппаратной части отдельного блока, индикатора или пульта необходимо разработать отдельное диагностическое программное обеспечение. Для каждой КСЭИС также требуется своё, уникальное, диагностическое программное обеспечение, способное контролировать систему в целом, и иметь возможность быстрой модификации с учетом протокола функционирования КСЭИС. Чтобы в сжатые сроки сформировать диагностическое обеспечение, необходима универсальная система диагностирования.

В целях обеспечения диагностирования вышеописанного радиоэлектронного оборудования в ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», где производятся блоки, индикаторы, пульта и КСЭИС в целом для многих отечественных летательных аппаратов, была разработана универсальная система диагностирования радиоэлектронного оборудования, программный диагностический комплекс (ПДК) «ФРЕГАТ» [1]. Основными функциями ПДК «ФРЕГАТ» являются:

- имитация входных и выходных бортовых линий связи объекта диагностирования посредством устройств ввода/вывода (разовые команды, RS-232, ARINC-429, ARINC-708, ARINC-717, МКИО, ЦАП, АЦП и др.);

Черкашин Сергей Витальевич, начальник тематико-конструкторской бригады ОАО УКБП;

Шишкин Вадим Викторович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы». E-mail: schvv@ulstu.ru.

Долбня Николай Алексеевич, начальник тематико-конструкторской бригады ОАО УКБП

- возможность гибкого изменения характеристик сигналов и последовательностей выполняемых задач;

- контроль устройств ввода/вывода;

- отображение, документирование и сохранение результатов диагностирования и информации об объекте контроля.

В качестве аппаратного обеспечения системы диагностирования выступают стенды проверки КСЭИС и производимые в ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» наземные автоматизированные станции контроля (НАСК).

В состав аппаратного обеспечения системы диагностирования входят:

- устройства ввода/вывода, имитирующие бортовые линии связи;

- один или несколько (в зависимости от необходимого количества слотов для устройств ввода/вывода) промышленных компьютеров;

- соединительные жгуты для подключения объектов контроля.

Наземные автоматизированные системы контроля применяются в производственных, эксплуатирующих и ремонтных организациях и служат для диагностирования аппаратной части индикаторов, блоков и пультов на этапах отладки, приемосдаточных испытаний, регламентных работ. Для диагностирования оборудование демонтируется с летательного аппарата и подключается к станции контроля. НАСК является мобильной системой и может легко перемещаться в рамках предприятия. Внешний вид системы НАСК-28, предназначенной для контроля оборудования вертолета МИ-28Н и его модификаций, показан на рис. 1.

Стенды проверки, в отличие от НАСК, служат для диагностирования КСЭИС в целом на этапах отладки функционального программного обеспечения и приемосдаточных испытаниях готового продукта. Диагностирование КСЭИС заключается в проверке функционирования аппаратной и программной частей системы. Для этого необходимо симитировать работу системы на борту летательного аппарата, сформировать в линиях связи информацию датчиков и систем, с которыми работает КСЭИС. Одна система может принимать и выдавать несколько тысяч сигналов по различным линиям связи и без использования автоматизированных средств диагностирование является крайне затруднительной задачей и недостижимой средствами КПА. Внешний вид стенда проверки системы КСЭИС-100 самолета Ту-334 приведен на рис. 2. На стендах проверки в ОАО «УКБП» ПДК «ФРЕГАТ» применяются для диагностирования авиационных систем: КСЭИС-100, КСЭИС-148, КСЭИС-204,

КСЭИС 76АЕ, СЭИ-85, СЭИ-85-2МТВ, СЭИ-А, СЭИ-32-Э, КИСС-1, КИСС-1-9А, КИСС-1МА, СПАДИ-2, СПАДИ 3, СПАДИ-172, СПАДИ-204, СПКР-М-2, БИСК-А-1, ИСПП-3, БСТО-204, СУОСО-204 и др.

Посредством ПДК «ФРЕГАТ» диагностируется радиоэлектронное оборудование таких летательных аппаратов, как Суперджет-100, Ту-204-100, Ту-204-120, Ту-204-120СЕ, Ту-204-300, Ту-204-300СМ, Ту-204СМ, Ту-214, Ту-334, Ил-114(модиф.), Ил-96-300, Ил-96-400, Ил-76ТД-ВД, Ил-76МД-90, Ил-76МФ, Ан-148, АНСАТ, Ка-226 (модиф.), Ка-32А11ВС, МИ-28Н и др.

В данный момент ПДК «ФРЕГАТ» эксплуатируется в качестве программного обеспечения стендов проверки и НАСК в следующих производственных и эксплуатирующих организациях:

- ОАО «Ульяновское Конструкторское Бюро Приборостроения», г. Ульяновск;

- ФГУП «Уфимское Приборостроительное Производственное Объединение», г. Уфа;

- ЗАО «Авиаприбор», г. Москва;

- ОАО «Московский Институт Электромеханики и Автоматики», г. Москва;

- ОАО «Воронежское Акционерное Самолетостроительное Общество», г. Воронеж;

- ОАО «Конструкторское Бюро Промышленной Автоматики», г. Саратов;

- ОАО «Аэрофлот», г. Москва;

- ОАО «Казанский Вертолетный Завод», г. Казань.



Рис. 1. НАСК-28



Рис. 2. Стенд проверки системы КСЭИС-100 самолета Ту-334

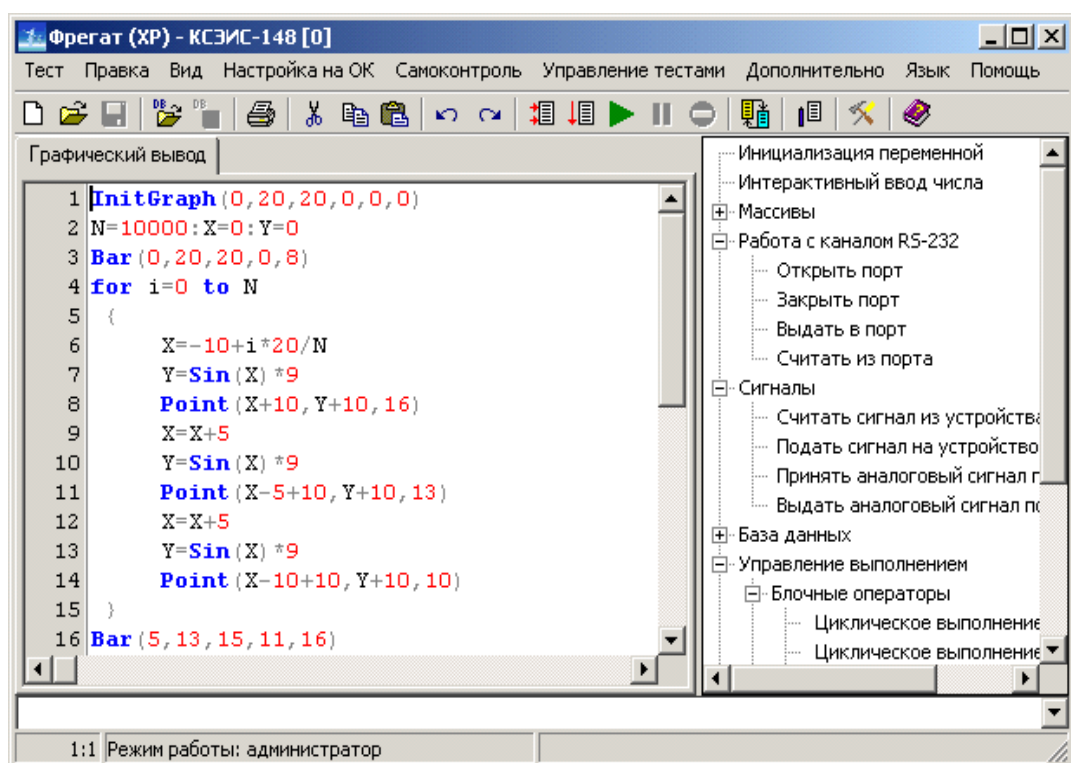


Рис. 3. Главное окно ПДК “ФРЕГАТ”

ПДК “ФРЕГАТ” является инструментом формирования и исполнения тестовых заданий, а также анализа их результатов. Набор и последовательность выполняемых действий определяется оператором, формирующим тестовое задание, которое позволяет произвольно менять характер и значения выдаваемых сигналов в соответствии

с текущими требованиями. Тестовое задание представляет собой последовательность операторов и специальных разделительных и пробельных символов, формируемых в окне графического интерфейса. Внешний вид главного окна программного комплекса показан на рис. 3. Состав ПДК “ФРЕГАТ” показан на рис. 4.

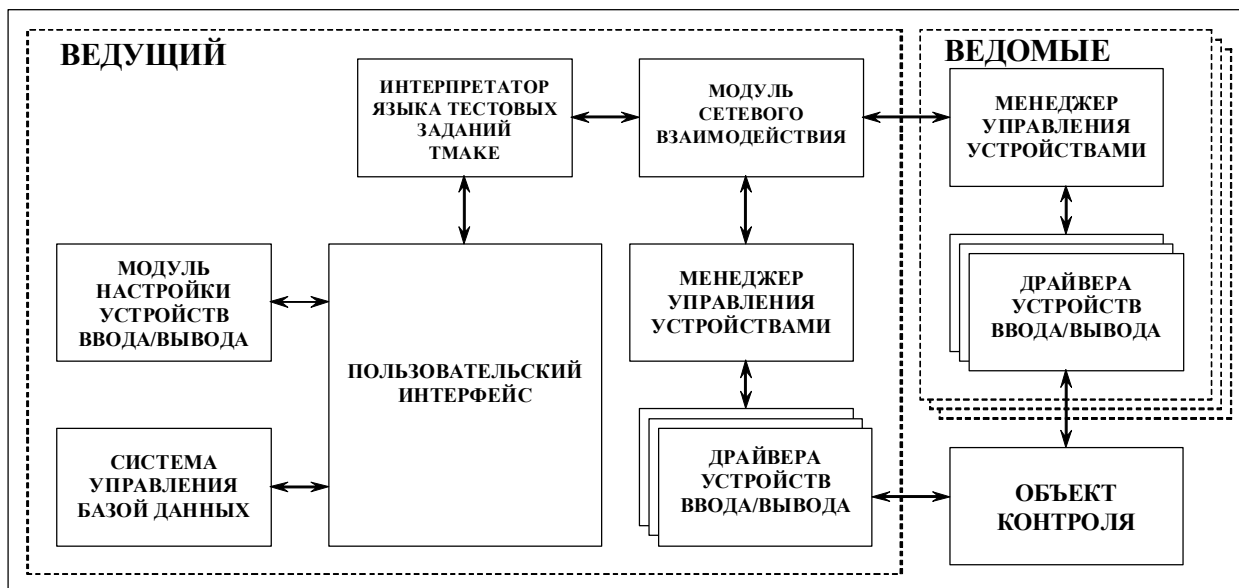


Рис. 4. Структурная схема ПДК “ФРЕГАТ”

Пользовательский интерфейс комплекса предоставляет все общепринятые возможности текстового редактора, позволяет формировать и выполнять тестовые задания, причем выполнять их пошагово. В меню и на панели инструментов главного окна комплекса разрешены кнопки доступа к системе управления базой данных и модулю настройки устройств. В состав главного окна входит также средство “визуальный конструктор”, позволяющее оператору формировать языковые функции в тестовом задании посредством визуальных средств, что особенно полезно для операторов на этапе освоения ПДК.

По окончании формирования тестового задания оператор запускает тест на исполнение из главного окна. ПДК “ФРЕГАТ” поддерживает режим многотестовости, т. е. выполнения нескольких тестовых заданий одновременно, что позволяет выдавать информацию в выходные линии связи и принимать ответные данные параллельно.

При запуске теста на исполнение в работу включается специально разработанный интерпретатор языка тестовых заданий, получивший название ТМАКЕ [2], по синтаксису похожий на C++ и Visual Basic. Интерпретатор языка тестовых заданий включает в себя: функции взаимодействия с устройствами (приема и выдачи информации); логические и математические функции; функции работы со временем, отображения и сохранения результатов диагностирования, работы с файлами и др.

Интерпретатор использует переменные, одномерные и двумерные массивы, поддерживает числовые выражения, использующие математические функции. Также интерпретатор поддерживает модульную и подпрограммную организацию, позволяющую многократно использовать

заранее подготовленные и проверенные фрагменты тестовых заданий (макросы). Числовое выражение любой сложности в макросах создаст возможность выдачи в линии связи сигналов практически любых временных и амплитудно-частотных характеристик, поддерживаемых интерфейсными платами диагностического комплекса. Синтаксис языка поддерживает все необходимые для создания тестов семантические конструкции: циклы, массивы, логические переходы, ветвления, подпрограммы, мнемонические операторы, упрощающие выдачу определенных сигналов и т. п. Под оператором понимается инструкция, задающая выполнение некоторой последовательности действий. Блоком в тесте называется его часть, заключенная в фигурные скобки. Блок может содержать внутри себя другие блоки. Степень вложенности блоков в тесте не ограничена. Интерпретатор тестовых заданий имеет встроенный препроцессор, осуществляющий предварительную оптимизацию и анализ корректности текста тестового задания. В случае отсутствия ошибок интерпретатор начинает построчно выполнять функции, в противном случае оператору сообщается место ошибки и выполнение прекращается. Интерпретатор при выполнении теста напрямую взаимодействует с менеджером управления устройствами через модуль сетевого взаимодействия, использующий механизмы локальной вычислительной сети.

Менеджер управления устройствами содержит в себе набор программ взаимодействия с устройствами (драйвера), через которые обеспечивает ввод/вывод информации в линии связи. При исполнении теста менеджер получает необходимые указания от интерпретатора тестовых заданий через систему синхронизации модуля

сетевого взаимодействия. При выполнении задачи менеджер определяет тип заданного устройства ввода/вывода, производит его поиск на шине компьютера и выполняет указанные интерпретатором действия. По окончании выполненных действий менеджер пересылает интерпретатору необходимые данные, результаты работы, сообщения об ошибках.

Применение локальной сети в механизме синхронизации интерпретатора и менеджера позволило использовать в составе стендов и станций контроля более одного компьютера. По сути, менеджер с набором драйверов, представляет собой самостоятельную программную единицу и может быть установлен на удаленном компьютере. В случае использования удаленного менеджера достаточно в вызываемой функции взаимодействия с устройством указать его сетевое имя, для того, чтобы с ним связался интерпретатор. Применение универсального механизма доступа к устройствам, как на локальном, так и на удаленном компьютере позволило увеличить мощность системы диагностирования без дополнительных затрат. В случае нескольких компьютеров основной компьютер с пользовательским интерфейсом имеет конфигурацию “ведущий”, а остальные – “ведомые” содержат только менеджер управления устройствами и набор драйверов. В функции “ведомого” входит прием управляющих инструкций от “ведущего”, выполнение операций ввода/вывода и возвращение результатов выполненных действий.

Модуль настройки устройств ввода/вывода предназначен для управления конфигурацией стенда или станции контроля. Он служит для добавления/удаления устройств, “ведомых” компьютеров, обеспечивает возможность настройки устройств (таких как базовый адрес на шине компьютера, скорость приема-передачи данных). Этот модуль добавил комплексу гибкости, дал возможность оператору в краткие сроки выбирать тип и число установленных устройств и менять их характеристики.

Современные компьютеры и программное обеспечение дают осуществлять сбор и хранение различной информации, такой как процедуры контроля, время диагностирования, результаты диагностирования, наименования, серийные номера и параметры исследуемых объектов контроля, информация о замене или ремонте модулей в блоках, протоколирование результатов при приемо-сдаточных испытаниях. Для обеспечения этих функций с состав ПДК “ФРЕГАТ” введена база данных, и система управления базой данных, которая обеспечивает упорядоченное хранение, сортировку и протоколирование необходимой информации. Использование базы дан-

ных позволяет аккумулировать в ней не только статистическую информацию, но и тестовые задания, и параметры сигналов объекта диагностирования.

Программа взаимодействия с устройством представляет собой отдельный файл, находящийся в специальном каталоге комплекса. При запуске менеджера взаимодействия с устройствами происходит сканирование данного каталога, и по определенному протоколу взаимодействия производится верификация драйверов и составление списка поддерживаемых устройств. Для разработки драйвера нового устройства, при добавлении новой линии связи или новой модификации устройства, применяется шаблон, в котором уже реализован протокол взаимодействия с менеджером. Для реализации нового драйвера необходимо только реализовать конкретный механизм обращения к памяти и регистрам устройства ввода/вывода. Для взаимодействия с устройствами в интерпретаторе используются универсальные функции In и Out, имя конкретного устройства и код операции передается в качестве аргумента в эти функции. Именно применение данных функций позволило использовать общий, шаблонный, протокол взаимодействия менеджера с любым драйвером. При разработке нового драйвера нет необходимости в доработке ядра интерпретатора тестовых заданий, что добавляет оперативности модификации ПДК “ФРЕГАТ”. Вновь разработанный драйвер помещается в специализированный каталог программ управления и автоматически включается в работу. Применение вышеописанных механизмов повысило универсальность диагностической системы в целом.

Для установки комплекса применяется инсталляционный пакет с возможностью выбора типа установки, позволяющий осуществлять установку программного обеспечения стендов и станций контроля без участия разработчиков ПДК “ФРЕГАТ”. Также комплекс имеет языковую локализацию пользовательского интерфейса и системы сообщений, в данный момент поддерживаются русский и английский языки. Система локализации также позволила адаптировать комплекс к любому языку без изменения программной части самого комплекса. Наличие удобного, интуитивно понятного интерфейса позволяет создавать гибкие и наглядные диагностические задачи. Разработка ПДК “ФРЕГАТ” была начата в 1999 году, а опытная эксплуатация в течение десяти лет показала его эффективность как универсальной системы диагностирования различных типов бортового радиоэлектронного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкашин С. В., Долбня Н.А., Макаров Н. Н., Кожевников В. И., Дерезянкин В. П. Программный диагностический комплекс ФРЕГАТ // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611950.
2. Черкашин С. В., Долбня Н.А., Макаров Н. Н., Кожевников В. И., Дерезянкин В. П. Интерпретатор языка тестовых заданий ТМАКЕ // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009610501.

AIRBORNE ELECTRONICS UNIVERSAL DIAGNOSTIC SYSTEM

© 2009 S.V. Cherkashin, V.V. Shishkin, N.A. Dolbnya

Ulyanovsk State Technical University

The paper outlines airborne electronics universal diagnostic system. This system is used in control stands of integrated electronic indication and signaling systems of aircraft and automated ground systems of aircraft equipment inspection.

Key words: diagnostic system, airborne electronics, electronic indication system, signaling system, and automated ground systems.

Sergei Cherkashin, Head of Topics and Design Team JSC UKBP.

Vadim Shishkin, Candidate of Technics, Professor at the Measuring-Computing Complexes Department.

E-mail: schvv@ulstu.ru.

Nicholai Dolbnya, Head of Topics and Design Team JSC UKBP.