# МЕТОДИКА РАБОТЫ КУРСАНТОВ И СЛУШАТЕЛЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ НА ЭТАПАХ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие

Москва 2007

## Содержание

Список обозначений и сокращений ..... 3
1 Общие положения ..... 4
2 Определение места проверяемого устройства в системе (комплексе) ..... 8
3 Процесс формализации данных для создания АСК ..... 11
3.1 Функциональный уровень ..... 11
3.2 Аппаратный уровень ..... 13
3.3 Алгоритмический уровень ..... 13
3.3 Уровень протоколов ..... 14
3.3 Уровень документации ..... 14
4 Программное обеспечение для поддержки работы инженера в процессе создания АСК ..... 15
4.1 Ядро АСК ..... 15
4.2 Программа поддержки формализации данных для АСК ..... 16
Заключение ..... 18

## Список обозначений и сокращений

АСК – автоматизированная система контроля

ВДУ – виртуальное диагностирующее устройство

ВКР – выпускная квалификационная работа

ВУ – виртуальное устройство

КС – коммутатор сигнала

ЛА – летательный аппарат

ОКР – опытно-конструкторская работа

Протокол взаимодействия – набор команд и правил, в соответствии с которыми происходит взаимодействие

Протокол испытаний – отчетный документ, в котором фиксируются результаты испытаний в виде количественных или качественных показателей и степень их соответствия техническим требованиям

ПС – преобразователь сигнала

ТЗ – тестовое задание

УС – устройство сопряжения

Устройство – проверяемое устройство или агрегат

ЦУУ – цифровое устройство управления

ЭЭК – электроэнергетический комплекс

# 1 Общие положения

Разработка автоматизированных систем контроля (АСК) бортового оборудования является одним из направлений для выпускных квалификационных работ (ВКР) слушателей и курсантов академии.

Процесс создания АСК, как правило, является сложной и объемной задачей, требующей от разработчика знаний в нескольких областях деятельности – электротехнике, схемотехнике, программировании и др. Поэтому такого рода разработки обычно выполняются в рамках опытно-конструкторских работ (ОКР).

На кафедре электрооборудования интенсивно развивается научное направление, связанное с автоматизацией процесса создания АСК для оборудования электроэнергетического комплекса (ЭЭК) летательного аппарата (ЛА).

Принятие структуры АСК, представленной на рисунке 1, в качестве обобщенной (унифицированной) структуры для АСК любого блока и агрегата явилось первым шагом к унификации (формализации) процесса их разработки.

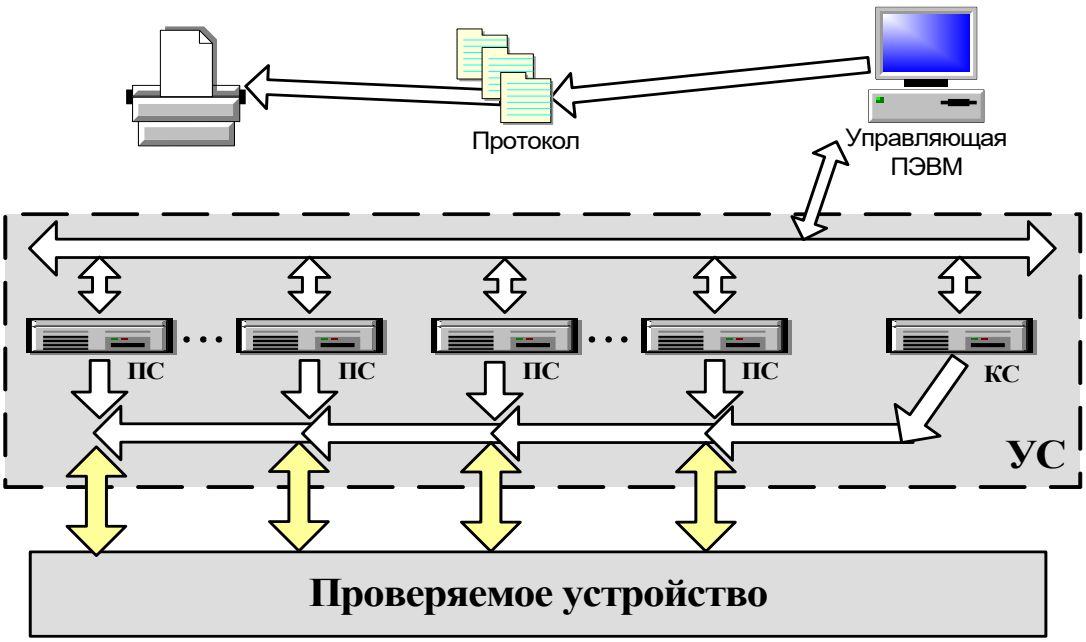



Рисунок 1 – Обобщенная структура АСК

Следующим шагом формализации процесса создания АСК является определение единых правил описания (моделирования) элементов АСК. Описание АСК необходимо для имитации реальной окружающей среды для проверяемого блока (агрегата), т.е. обеспечение его работы в условиях, аналогичных тем, в которых он работает в комплексе (системе).

Следует отметить, что в зависимости от того, какие связи имеет проверяемое устройство с окружением (другими агрегатами и блоками комплекса, в который входит устройство), а также того необходимо устройству или нет анализировать динамику процессов, происходящих в системе (комплексе), зависит сложность разрабатываемых моделей для элементов АСК.

Если связи только информационные (от датчиков сигналов, управляющие), то модель может представлять описание всех входящих и исходящих сигналов и алгоритм их выдачи и приема. Причем алгоритм может быть представлен как в виде временной диаграммы, так и любым другим способом, определяющим последовательность действий.

Если устройство в соответствии со своим функциональным назначением должно участвовать в преобразовании энергии (например, регулятор напряжения получает в режиме реального времени информацию о параметрах электрической энергии на выходе источника – токе и напряжении, и на основе заложенных в него алгоритмов формирует управляющее воздействие на источник), то для работы АСК такого устройства необходимо иметь имитационную динамическую модель агрегатов, в которых это преобразование происходит.

Описания элементов АСК представляются в виде моделей-образов, с которыми предполагается работа инженера при разработке и реализации алгоритмов контроля и (или) диагностирования.

Основными элементами АСК являются проверяемое устройство, устройство сопряжения, включающее в себя преобразователи сигналов, коммутаторы сигналов и др. модули.

*Проверяемое устройство* – это объект контроля.

Модель проверяемого устройства представляет собой описание всех входящих и исходящих сигналов с привязкой их к соответствующим ножкам соединителей, а также описание алгоритмов работы этого устройства при выполнении каждой из его функций. В случае необходимости проверки динамических свойств устройства должны использоваться его математические модели.

*Устройство сопряжения* (УС), как правило, состоит из совокупности преобразователей сигналов (ПС) и нормализаторов и *коммутаторов сигналов* (КС) (рисунок 2). Каждый элемент (модуль) УС может быть представлен в виде обобщенного *цифрового устройства управления* (ЦУУ), в котором определены каналы преобразования сигналов и их типы. Моделирование УС заключается в описании каналов передачи сигналов, привязке их к конкретным ножкам соединителей проверяемого устройства, а также определении протоколов взаимодействия с компьютером для каждого из модулей УС.

Рисунок 2 – Состав устройства сопряжения

*Протокол* взаимодействия определяет перечень команд, доступных из компьютера для управления данным модулем УС.

Например, протокол для ПС, обеспечивающего выдачу по 6-ти каналам дискретного сигнала (0, 27В) может иметь следующий набор команд:

– обнулить значения сигналов на всех выходах (устанавливает на выходе ЦУУ напряжение, равное 0В);

– получить значения сигналов на всех входах (записывает во внутреннюю память ЦУУ значения для каждого из каналов);

– выдать полученные значения сигналов на всех выходах (выдает значения, записанные во внутреннюю память ЦУУ на выходные каналы);

– выдать полученное значение на конкретный выход (выдает в конкретный канал значение, записанное во внутреннюю память для этого канала, на остальных каналах значения не изменяются).

## 2 Определение места проверяемого устройства в системе (комплексе)

В соответствии с принятой обобщенной структурой АСК представляет собой программно-аппаратный комплекс, в котором можно выделить две основные части:

- Само проверяемое устройство – реальный физический блок или агрегат;
- Модель окружающей обстановки для функционирования устройства, которая, как правило, является совокупностью компьютерной модели системы (комплекса) и устройства сопряжения, обеспечивающего прямое и обратное преобразования информационных и физических сигналов.

Поэтому перед началом формализации данных для создания АСК необходимо провести анализ комплекса (системы), в которую входит проверяемое устройство.

В процессе этого анализа определяются

- место контролируемого устройства в конкретном бортовом комплексе или системе;
- перечень агрегатов и блоков системы, с которыми взаимодействует устройство;
- характер связей между устройством и системой (процессы информационного и энергетического взаимодействия);

Для этой цели предлагается воспользоваться так называемыми объектно-энергетическими диаграммами [ ].

При составлении объектно-энергетических диаграмм следует понимать, что основными процессами в системах (комплексах) бортового оборудования являются процессы преобразования энергии, а сопутствующими – процессы передачи информации. Причем процессы передачи информации – однонаправленные, т.е. влияют только на приемник информации, а процессы

энергетического взаимодействия (передачи энергии) оказывают влияние, как на приемник, так и на источник энергии.

С помощью таких диаграмм, последовательно детализируя (раскрывая функциональность) элементов системы, доходим до уровня (степени детализации), в котором предполагаемое для контроля устройство будет представлено самостоятельным объектом. Например, такая диаграмма для создания АСК регулятора напряжения (РН) переменного тока постоянной частоты, работающего с трехмашинным генератором серии ГТ, который состоит из синхронного генератора с постоянными магнитами (СГПМ), возбудителя (В), блока вращающихся трансформаторов (БВВ) и основного генератора (ОГ), представлена на рисунке 3.

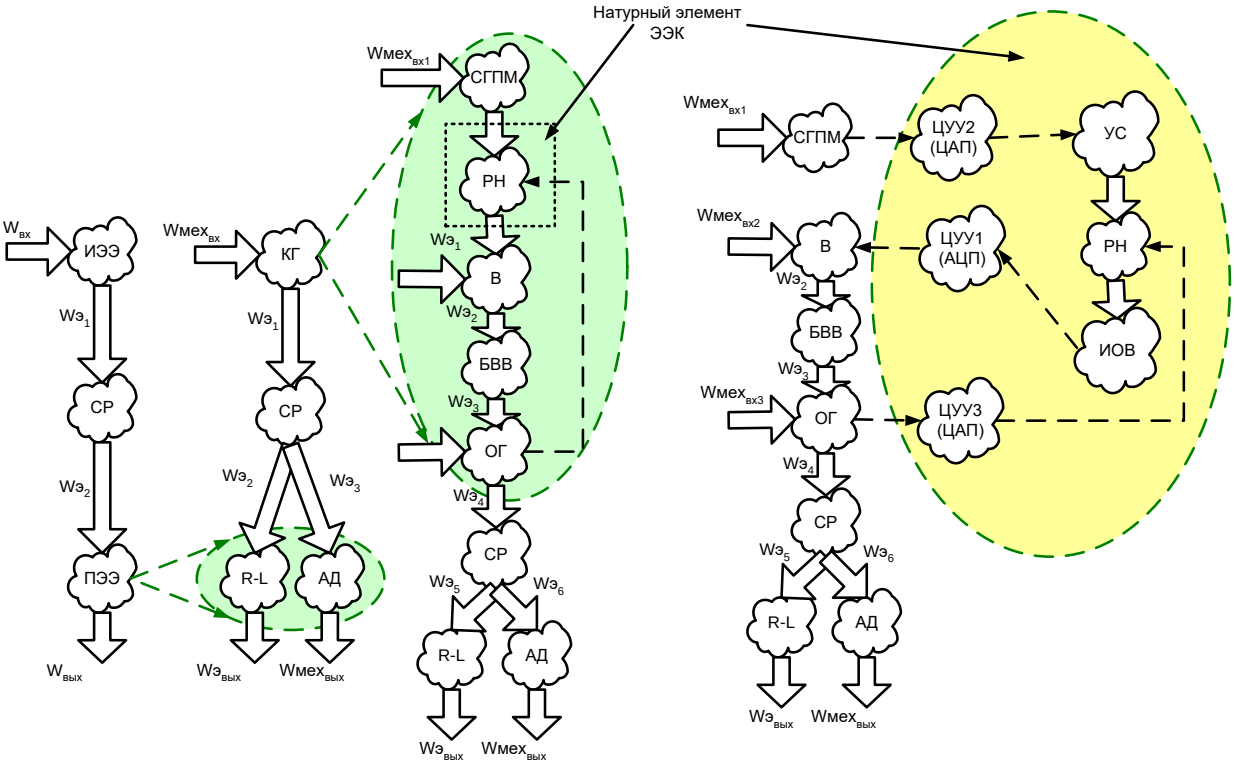



Рисунок 3 – Объектно-энергетическая диаграмма для создания АСК регулятора напряжения в канале генерирования с генератором типа ГТ

Из диаграммы, представленной на рисунке 3 видно, что для получения необходимой детализации канала генерирования необходимо раскрыть процессы, происходящие внутри генератора серии ГТ, т.к. регулятор напряжения

взаимодействует (энергетически и информационно) с его составными элементами (СГПМ, В, ОГ).

Завершающим процессом при построении объектно-энергетических диаграмм является выделение проверяемого устройства из системы (см. этап IV на рисунке 3). Этот процесс сопровождается добавлением вместо энергетических связей с проверяемым устройством преобразователей сигналов (ПС), которые, как правило, и преобразуют информационный сигнал о передаваемой энергии в реальный физический аналог этого информационного сигнала и наоборот.

Необходимость этого процесса обусловлена потребностью в добавлении в объектно-энергетическую диаграмму элементов, предназначенных для согласования реальных физических процессов с моделями (виртуальными процессами), которое обеспечивается набором преобразователей сигналов.

В качестве стандартных ПС могут выступать аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (АЦП и ЦАП). Более сложными ПС могут быть программно-аппаратные имитаторы устройств и агрегатов системы (например, синхронного генератора и нагрузки).

По своему содержанию этот шаг (добавление ПС) является первым в процессе синтеза (создания АСК), так как он уточняет структуру АСК применительно к конкретному проверяемому устройству.

Уточнение количества и свойств ПС, а также моделей и алгоритмов, необходимых для использования в АСК, осуществляется на следующем этапе – в процессе формализации данных.

# 3 Процесс формализации данных для создания АСК

Предлагаемая методика формализации данных для создания АСК (рисунок 4) должна помочь слушателям и курсантам на начальном этапе работы. Она предполагает выполнение определенных действий на нескольких уровнях (этапах): функциональном, аппаратном, алгоритмическом, уровне протоколов, уровне документации.

Следует отметить, что работа, связанная с изучением технической документации и разработкой алгоритмов контроля, проводится самостоятельно. Для выполнения этой работы слушатель (курсант) должен обладать следующими навыками:

- анализа принципиальных электрических схем;
- анализа фидерных схем;
- определения режимов работы электронных компонентов и структурных элементов устройств и др.

Кроме того, необходимо знать общие принципы функционирования бортовых комплексов оборудования и особенности взаимодействия между ними.

## 3.1 Функциональный уровень

На **функциональном уровне** слушатели

- изучают функциональные требования, предъявляемые к *устройству* и предназначенные для проверки;
- определяют объем и количество проверок *устройства*;
- определяют перечень входящих и выходящих сигналов, с помощью которых реализуются проверки устройства и присваивают им уникальные имена (идентификаторы).

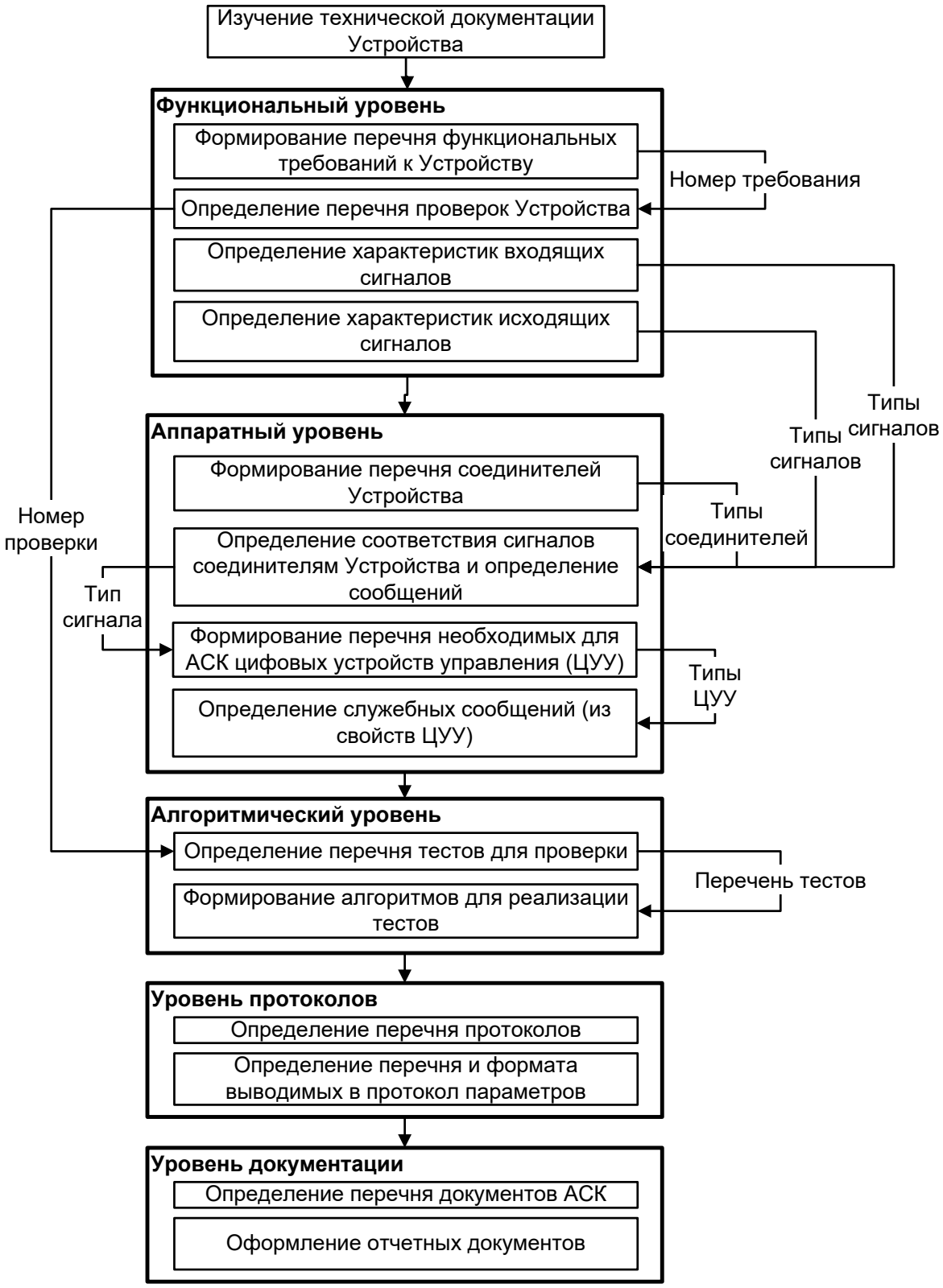



Рисунок 4 – Методика формализации создания АСК

## 3.2 Аппаратный уровень

**Аппаратный уровень** (уровень электрических схем) предполагает наличие у слушателей навыков работы с электрическими и функциональными схемами и их анализа.

На этом уровне осуществляется

- изучение и анализ принципиальных электрических схем и схем внешних электрических соединений;
- определение физических (в большинстве случаев электрических) характеристик входящих и выходящих сигналов (уровней напряжений, предельных значений токов, потребляемой мощности, погрешностей задания и измерения сигналов);
- определение соответствия входящих и выходящих сигналов соединителям (разъемам) проверяемого блока;
- определение необходимости в процессе проверок переключения (реконфигурации) сигналов, для которых используются одинаковые электрические провода (ножки соединителей);
- определение характеристик источников питания для обеспечения работы устройства (вида и уровня напряжений питания, потребляемых устройством мощностей) и привязки источников питания к ножкам соединителей (разъемов) устройства;
- определение необходимости и характера управления источниками питания (дискретного или непрерывного, точности задания параметров).

## 3.3 Алгоритмический уровень

На **алгоритмическом уровне** используется информация, полученная с предыдущих уровней. В терминах сообщений (сигналов с присвоенными им именами), команд (в соответствии с протоколами преобразователей сигна-

лов) и действий (операции и функции программы проверки между приемом/выдачей сообщений и выполнения команд) слушатели для каждого минимального теста (элементарной проверки) определяют последовательность их следования.

Таким образом, алгоритмический уровень предполагает

- разбиение проверок на элементарные тесты;
- непосредственное формирование алгоритма тестов в виде последовательности сообщений, команд и действий (может быть представлен или в виде структурной схемы или диаграммы действий UML).

## 3.3 Уровень протоколов

**Уровень протоколов** предназначен для определения

- перечня необходимых протоколов;
- перечня, формата и допустимых отклонений контролируемых параметров устройства;
- внешнего вида протокола испытаний.

## 3.3 Уровень документации

**Уровень документов** нужен для оформления технической документации на саму АСК.

В связи с ограниченным объемом времени, отводимым на дипломное проектирования, в работе слушателей этот уровень не используется.

# 4 Программное обеспечение для поддержки работы инженера в процессе создания АСК

Разработанное программное обеспечение предназначено для поддержки работы слушателей (курсантов) при проведении формализации и сокращения времени на программную реализацию алгоритмов контроля в АСК.

Программная часть системы разработки и функционирования АСК состоит из двух основных составляющих (рисунок 5):

- Программного ядра АСК;
- Программы поддержки формализации данных для АСК.

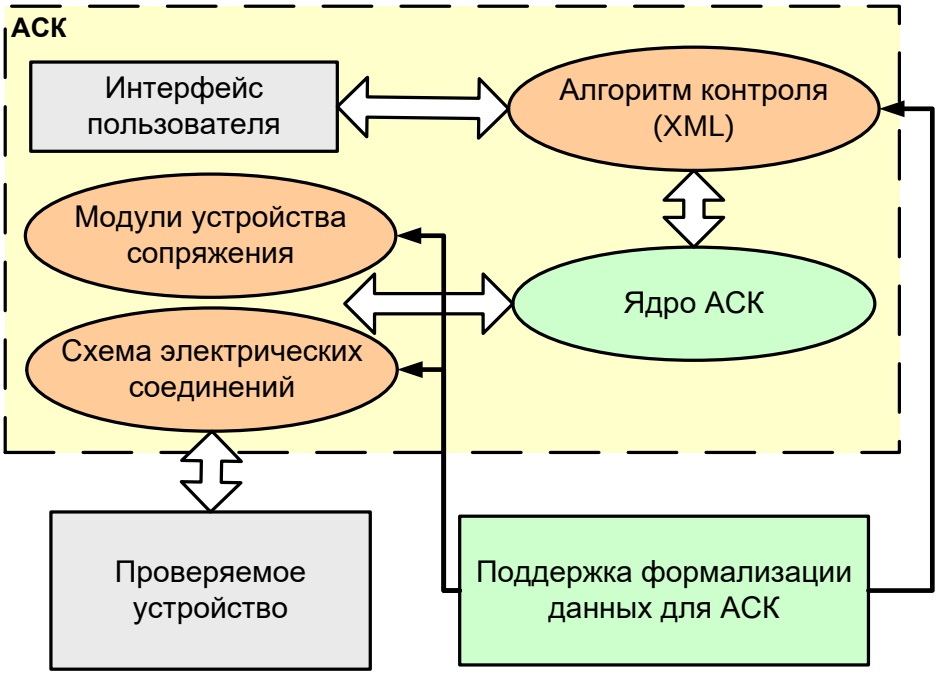
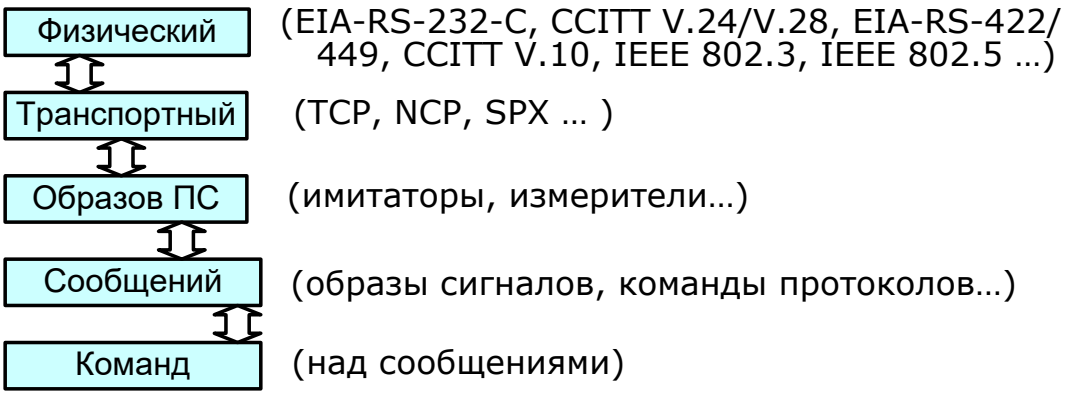



Рисунок 5 – Взаимодействие программного комплекса для поддержки формализации с АСК

## 4.1 Ядро АСК

Многоуровневая архитектура и взаимодействие с XML




## 4.2 Программа поддержки формализации данных для АСК

Для понимания принципов построения программного комплекса правил работы с ним необходимо определить ряд понятий и терминов.

*Сообщение* – это сигнал, для которого определено имя (название).

Сообщение определяется названием (именем) и типом данных (может быть представлено в виде иерархической структуры).

Соединитель –

Преобразователь сигнала –

Протокол ПС –

*Справочные данные* – это определенные заранее

- типы и свойства сообщений ();
- типы и характеристики соединителей ();
- типы и характеристики преобразователей сигналов ();
- типы протоколов, применяемых в преобразователях сигналов();
- типовые действия, для реализации алгоритмов в тестовом задании.

*Виртуальное устройство (ВУ)* –образ проверяемого устройства, в котором определены все входящие и исходящие сигналы, их свойства, описаны все соединители устройства и определено соответствие всех сигналов всем ножкам (элементам) всех разъемов.

Процесс формирования ВУ включает также определение имен (названий) для всех сигналов устройства.

После формирования ВУ

## Заключение

Таким образом, выполняя дипломные работы по созданию АСК на основе предлагаемой методики, слушатели укрепляют навыки работы с технической документацией на авиационное оборудование (в частности с принципиальными электрическими схемами), получают знания и умения в формализации исходных данных и разработке алгоритмов проверки.

Для наиболее успевающих слушателей работу по созданию АСК планируется дополнить двумя направлениями:

- непосредственной разработкой и изготовлением устройств сопряжения;
- разработкой диагностических моделей для поиска места отказа или отказавшего элемента устройства.