

Система управления оборудованием кабель-заправочной башни универсального стартового комплекса «Ангара»

Екатерина Егорова, Дмитрий Кижин, Владимир Перепеч, Валерий Яковлев

В статье приведены основные положения, определяющие специфику требований к новому стартовому комплексу, впервые в мировой практике реализующему старт семейства ракет-носителей с одного стартового сооружения. Дано обоснование выбора элементной базы, а также рассматриваются общая схема и принципы построения системы управления оборудованием кабель-заправочной башни универсального стартового комплекса «Ангара».

ВВЕДЕНИЕ

Космический ракетный комплекс (КРК) «Ангара», строящийся сейчас на космодроме Плесецк, является универсальным стартовым комплексом и предназначен для обеспечения подготовки к пуску и пуска ракет космического назначения «Ангара» лёгкого, тяжёлого и сверхтяжёлого классов.

«Ангара» — вновь создаваемый Россией ракетный комплекс, способный выводить на геостационарную орбиту

полезные грузы с территории Российской Федерации. В настоящее время такого рода задачи решаются с помощью ракеты-носителя (РН) «Протон», которая запускается только с космодрома Байконур, расположенного на территории Казахстана. Из соображений стратегической безопасности новый комплекс полностью спроектирован и изготовлен кооперацией только российских предприятий, находящихся на территории РФ.

КРК «Ангара» состоит из стартового и технического комплексов и предназначен для выведения автоматических космических аппаратов научного, социально-экономического и военного назначения на низкие, средние, высокие круговые и эллиптические орбиты (в том числе солнечно-синхронные и стационарные).

Ракеты-носители семейства «Ангара» не будут использовать агрессивные и токсичные ракетные топлива на основе гептила, что позволит существенно повысить показатели экологической безопасности комплекса как в прилегающем к космодрому регионе, так и в районах падения отделяющихся частей РН.

Семейство ракет-носителей «Ангара» создаётся по модульному принципу — от РН лёгкого класса на базе одного модуля первой ступени с массой полезной нагрузки на низкой околоземной орби-

те 1,5 т до РН тяжёлого класса, выводящей на орбиту до 25,8 т и состоящей из пяти универсальных ракетных модулей в составе первой ступени. Кроме этого, предполагается комплектовать РН различными разгонными блоками.

Впервые в мировой практике все эти ракеты будут запускаться с одного и того же стартового сооружения. Разнообразие устанавливаемых на стартовое сооружение ракет-носителей различных форм и габаритов, а также с неодинаковым расположением мест обслуживания потребовало от создателей кабель-заправочной башни (КЗБ) универсального стартового комплекса нового подхода к разработке её оборудования и системы управления.

СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КЗБ

КЗБ — стационарная башня высотой 54 м (рис. 1), имеющая П-образную ферменную конструкцию и оборудованная лифтами и лестницами для подъёма обслуживающего персонала к местам работ, средствами аварийной эвакуации персонала, тёплыми шумоизолированными помещениями для установки оборудования и специальными коробами для прокладки собственных и транзитных (идуших на борт ракеты через бортовые разьёмы) трубопроводов и кабелей.



Рис. 1. Кабель-заправочная башня

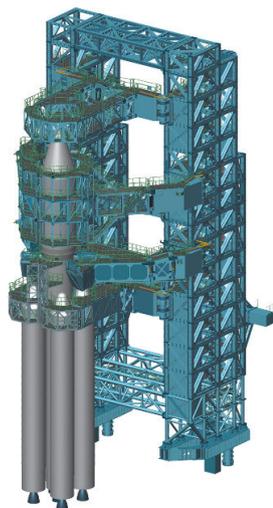


Рис. 2. 3D-модель ракеты-носителя и площадок обслуживания КЗБ

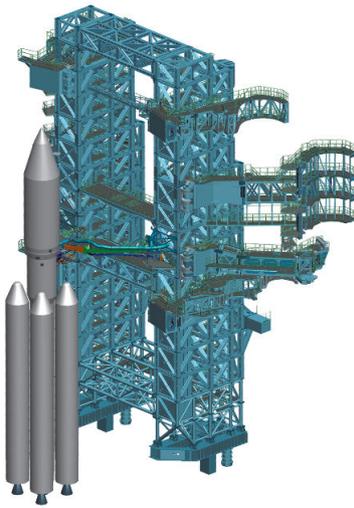


Рис. 3. 3D-модель ракеты-носителя и механизма удержания КЗБ

На башне размещены 4 уровня поворотных стрел с вылетом 12...15 м, несущих 13 уровней площадок для обслуживания ракет семейства «Ангара»; площадки за счёт поворачивающихся секторов кольцом охватывают ракету. В зависимости от того, какая конкретно из ракет семейства «Ангара» установлена на старт и какие на ней проводятся операции, стрелы могут быть задействованы в различных сочетаниях, что обеспечивает необходимое количество и разнообразие (выдвижные, откидные, съёмные) площадок и балконов, требующихся для обслуживания борта ракеты (рис. 2).

На КЗБ размещаются устройства отвода бортовых разрывов ракеты (разработка КБ «Арматура»). Поворотные стрелы оснащены механизмами ветрового удержания РН до заправки. Для подачи грузов на площадки КЗБ оборудована краном грузоподъёмностью 3,5 тонны.

Для поворота стрел, их фиксации в крайних положениях и для подвода механизмов удержания (рис. 3) использована гидросистема, включающая в свой состав гидравлические цилиндры (поворота площадок и секторов, фиксации, подвода механизмов удержания), насосную станцию с двумя парами насосов (основными и дублирующими) и гидрораспределительные пульта.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЗБ

Система управления КЗБ предназначена для управления:

- насосной станцией;
- поворотом площадок и секторов;
- фиксацией площадок и секторов в подведённом и отведённом положениях;
- подведением и отводом механизмов удержания.

Кроме того, система управления обеспечивает обмен сигналами с автоматизированной системой управления технологическим оборудованием (АСУ ТО) универсального стартового комплекса «Ангара».

Система управления гидравлическим оборудованием КЗБ включает в себя три пульта управления, выполняющих различные функции, и переносной пульт управления, позволяющий осуществлять визуальный контроль при подведении/отведении площадок и стрел.

Система управления построена по иерархическому принципу. Системой управления верхнего уровня является АСУ ТО. Связь между отдельными пультами управления, а также между пультом управления устройством удержания и АСУ ТО осуществляется по интерфейсу RS-422. Функциональные связи оборудования, входящего в состав системы управления, представлены на рис. 4.

Пульт управления гидросистемы (рис. 5) обеспечивает непрерывный контроль состояния насосной установки и осуществляет включение/выключение насосов по командам с других пультов. Осуществление управления насосной установкой с отдельного пульта позволяет проводить пусконаладочные и регламентные работы насосной установки независимо от состояния остальных пультов управления.

Пульт управления площадками (рис. 6) и пульт управления устройством удержания (рис. 7) обеспечивают управление конечными механизмами управления площадками, секторами, стрелами и контроль их текущего положения. Кроме этого, пульт управления устройством удержания осуществляет связь с системой управления верхнего уровня

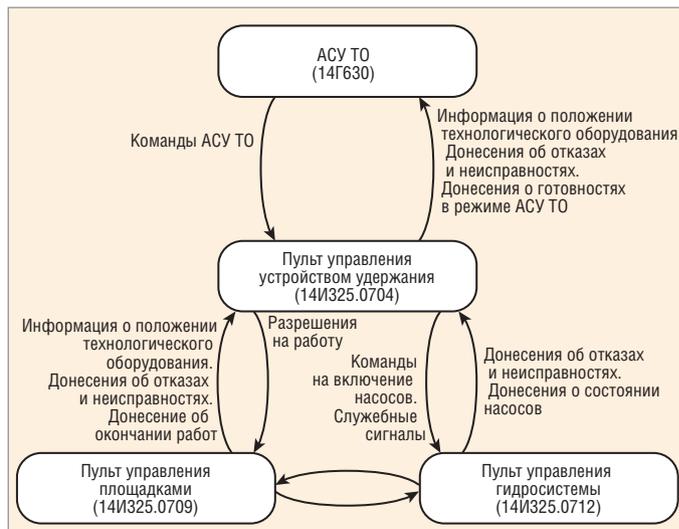


Рис. 4. Функциональные связи оборудования системы управления

АСУ ТО и разрешает/запрещает работу других пультов. Разделение функций управления площадками и устройством удержания между разными пультами позволяет при подготовке к старту минимизировать количество сигналов датчиков и управляющих механизмов в стартовом цикле и, следовательно, повысить надёжность работы системы в целом.

В связи с тем, что на систему управления КЗБ возложены задачи по приведению в рабочее положение площадок обслуживания и стрел устройства удержания, а также отведению их перед стартом, особое внимание при разработке уделялось надёжности её работы. С этой целью в данной системе реализовано резервирование основных исполнительных элементов и датчиков состояния, а именно:

- все исполнительные механизмы и датчики дублированы и имеют два независимых канала управления;
- электропитание пультов и электрооборудования в целом осуществляется по двум независимым линиям;



Рис. 5. Пульт управления гидросистемы



Рис. 6. Пульт управления площадками на отладочном стенде

- пульта управления осуществляют непрерывный контроль исправности конечных датчиков и исполнительных механизмов и самостоятельно переходят на резервную/основную схему управления при возникновении отказов;

- все системы связи имеют два независимых канала — основной и резервный.

Помимо этого пульта обеспечивают самодиагностику, контроль питающего напряжения и блокировки от несанкционированных действий. Указанные функции реализованы дополнительными программно-аппаратными средствами.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЗБ

Выбор элементной базы пультов управления осуществлялся, исходя из необходимости решения следующих основных задач:

- сбора и обработки информации, поступающей от объектов управления и контроля;
- управления исполнительными устройствами смежных систем;
- контроля технического состояния собственного оборудования, а также отображения информации о состоянии контролируемых систем на пульте управления оператора.

Все пульта управления построены на единой элементной базе, что позволяет достичь высоких показателей унификации системы и универсальности комплекта ЗИП. При выборе элементной базы учитывались доступность изделий на рынке, местоположение производителя (Россия) и опыт нашего предприятия в прошлых разработках. Поэтому для создания основной архитектуры



Рис. 7. Пульт управления устройством удержания на отладочном стенде

вычислительного ядра пультов управления были выбраны изделия формата MicroPC фирмы FASTWEL, отвечающие всем заданным требованиям по условиям эксплуатации и функциональному назначению. В качестве основного вычислительного модуля был выбран процессорный модуль CPC10601. Выбор данного модуля обусловлен наличием в нём четырёх последовательных портов RS-422, что позволило построить систему связи между пультами без привлечения дополнительных устройств. Для обеспечения ввода дискретных сигналов с целью их последующей обработки и выдачи сигналов управления на исполнительные устройства использованы платы UNIO96. Для управления исполнительными элементами, потребляющими большие токи, были разработаны многоканальные платы силовых ключей, которые обеспечивали коммутацию напряжения 27 В при токах нагрузки величиной до 3 А. Гальваническая изоляция входных сигналов осуществляется с помощью модулей TBI-24/0, которые обеспечивают формирование напряжений, необходимых для срабатывания модуля UNIO96.

Важной функцией системы является возможность отображения текущей информации о состоянии объектов управления на электролюминесцентных дисплеях, размещённых на лицевых панелях пультов. В процессе работы на дисплеях могут высвечиваться несколько экранов, каждый из которых отображает состояние отдельных исполнительных устройств, режимы работы или аварийные ситуации. Переход с экрана на экран осуществляется оператором пульта нажатием соответствующих кнопок на 16-клавишной цифровой клавиатуре, тоже расположенных на лицевых

панелях. При первоначальном включении на дисплеях пультов управления высвечиваются основные экраны, на которых отображаются четыре последних события, произошедших с подчинённым оборудованием. С помощью клавиатуры оператор может выполнять различные операции управления и получать информацию об их исполнении, переключая экраны согласно их функциональному назначению и пользуясь при этом указаниями экранного меню.

В связи с тем, что при работе с механизмами площадок обслуживания и секторов стрел, а также механизмами устройства удержания необходимо обеспечивать визуальный контроль их положения, в системе предусмотрен также режим работы с использованием переносного пульта управления. Конструктивно данный пульт выполнен в виде компактного моноблока, на верхней крышке которого расположены органы управления и индикации. Для подключения к электрооборудованию переносной пульт снабжён кабелем, с помощью которого он подсоединяется к соответствующим разъёмам на КЗБ. После стыковки передача управления на переносной пульт осуществляется по команде оператора с клавиатуры пульта управления устройством удержания или пульта управления площадками нажатием соответствующей клавиши.

Краткие выводы

Настоящий вариант реализации системы управления КЗБ обеспечивает высокую надёжность и работоспособность системы и выполнение возложенных на неё задач. Применение выбранной элементной базы позволило, опираясь на опыт работы с ней нашего предприятия, в краткие сроки изготовить и отладить пульта управления системы. В настоящий момент пульта управления успешно прошли первый этап заводских испытаний, на которых была подтверждена работоспособность системы в соответствии с заданным алгоритмом работы, в том числе и при возникновении нештатных ситуаций. Аппаратура управления передана заказчику для монтажа и проведения последующих испытаний на объекте. ●

**Авторы – сотрудники ОАО «КБСМ» (г. Санкт-Петербург) и фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (812) 448-0444
E-mail: info@spb.prosoft.ru, 55kbsm@gmail.com**