

Н. Н. Жиленкова, И. С. Холошня, Е. Ю. Дегтярева, И. П. Бабич

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОТРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПРИВодОВ РАЗВОРОТА ДИСПЕНСЕРОВ ДЛЯ КГЧ С КА IRIDIUM NEXT

*В статье кратко приведены особенности проектирования и наземной экспериментальной отработки системы приводов разворота диспенсеров, описаны состав системы и принцип ее функционирования.*

*У статті стисло наведено особливості проектування та наземного експериментального відпрацювання системи приводів розвороту диспенсерів, описано склад і принцип її функціонування.*

*The article presents briefly the peculiarities of designing and ground development testing of dispensers turn drive system, the system composition and functioning principle are described.*

Программа «Днепр» имеет богатую и успешную историю пусков, что сделало ее одной из коммерчески востребованных. Объясняется это тем фактом, что в проекте «Днепр» применяется принцип максимального использования базовой ракеты с доработанной космической головной частью (КГЧ).

КГЧ модифицируется под каждую пусковую миссию, но с условием максимального использования конфигурации штатной головной части, устройств разделения ее элементов, что позволяет избежать длительной и дорогостоящей отработки [1].

На сегодняшний день основные типы КГЧ РН «Днепр» позволяют обеспечить запуски среднеразмерных КА и крупногабаритного КА, кластерный запуск нескольких КА [2].

Каждый пуск, с точки зрения конструкции КГЧ, является уникальным. Основные отличия КГЧ касаются ее внутреннего устройства и длины цилиндрической части. В первых пусках использовали практически штатную двухплатформенную конфигурацию, где адаптеры КА устанавливали на местах крепления штатной полезной нагрузки. Это удобно для кластерных запусков нескольких сравнительно небольших КА. Более крупные аппараты устанавливают на нижний ярус. А для крупногабаритных аппаратов КГЧ претерпела более существенную доработку [1].

Особенностью программы «Днепр – Iridium» является выведение двух спутников связи Iridium NEXT массой 818 кг каждый, которые закрепляют на двух диспен-

серах. Доработка КГЧ для этой программы должна обеспечивать размещение двух КА таким образом, чтобы при заданной последовательности отделения элементов КГЧ и КА обеспечивалась безударность разделения КА между собой и с элементами РН. Такая задача определила необходимость разработки системы разворота диспенсеров. Кроме безопасности, с точки зрения соударения КА между собой и с элементами РН, разрабатываемая система должна удовлетворять требованиям компоновки в заданном пространстве, минимизации массы и использовать максимальное количество отработанных узлов и деталей.

Проработка исходных данных и анализ возможных путей решения поставленной задачи определили, что запуск двух КА, удовлетворяющих требованиям, может быть осуществлен при помощи системы приводов разворота диспенсеров (СПРД). Основной задачей проектируемой СПРД является выполнение разворота двух диспенсеров модуля полезного груза вместе с КА Iridium на заданный угол за заданное время при полете третьей ступени РН «Днепр».

В СПРД входят два газогидравлических привода (ПГГ), система питания (СП) и соединительные пневмомагистрали. Схема СПРД приведена на рис. 1. Основными исполнительными узлами СПРД являются два ПГГ, которые при преобразовании энергии сжатого газа перемещают выходной элемент (шток) и с помощью элементов кинематики обеспечивают отклонение диспенсеров.

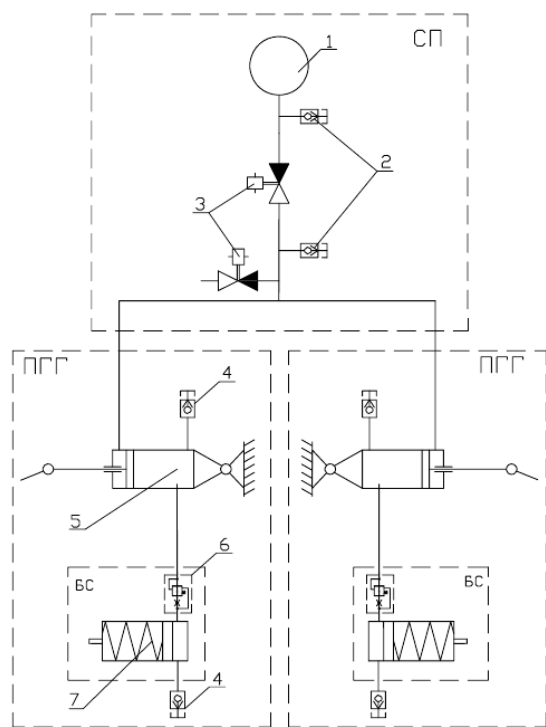


Рис.1. Элементы СПРД:

- 1 – баллон; 2 – клапан для подачи газа;
- 3 – электропневмоклапан; 4 – клапан для подачи масла; 5 – пневмогидроцилиндр; 6 – регулятор расхода; 7 – цилиндр блока стабилизации

ПГГ представляет собой объединенные в одном корпусе пневмогидроцилиндр (ПГЦ) 5 и блок стабилизации (БС). Также в составе ПГГ предусмотрены два клапана 4 для заправки масла в полости ПГЦ и БС. ПГЦ представляет собой силовой цилиндр дифференциального типа одностороннего действия и разделен штоком с поршнем на две герметичные рабочие полости – газовую и масляную. БС представляет собой накопительный цилиндр с регуляторами расхода 6. БС с помощью регуляторов расхода обеспечивает поддержание постоянной скорости перемещения штока ПГЦ в условиях действия переменных внешних нагрузок. Также БС выполняет функцию термокомпенсатора для защиты конструкции ПГГ от возможного расширения рабочей жидкости при изменениях температуры окружающей среды в процессе хранения и транспортирования.

СП обеспечивает ПГГ пневматической энергией при наземных проверках и во время полета ступени. Она состоит из баллона 1 со сжатым газом, двух электропневмоклапанов 3, двух клапанов 2 для подачи газа и соединительных пневмомагистралей.

Один из электропневмоклапанов обеспечивает подачу газа в газовую полость ПГГ. Второй электропневмоклапан предназначен для дренажа (пассивации) газа из СПРД после завершения функционирования по команде СУ РН. Один из клапанов, входящих в СП, обеспечивает заправку баллона сжатым газом, второй – подачу газа в систему при наземных проверках без задействования баллона.

СПРД функционирует следующим образом. Подается управляющее напряжение на обмотку одного из электропневмоклапанов. При этом происходит его открытие, и рабочий газ из баллона под давлением поступает в газовые полости ПГГ. После срабатывания пирозамков фиксации диспенсеров происходит перемещение штоков ПГГ на втягивание под действием давления рабочего газа, что обеспечивает разворот диспенсеров. При этом рабочая жидкость из масляных полостей ПГЦ вытесняется и попадает в накопительный цилиндр БС.

Общий вид ПГГ до и после разворота диспенсера приведен на рис. 2.



а



б

Рис. 2. Функционирование ПГГ:

- а – до разворота (шток выдвинут) диспенсера;
- б – после разворота (шток втянут) диспенсера

Пассивация или дренаж системы происходит после отделения второго КА. Пассивация происходит следующим образом. При снятии управляющего напряжения с обмотки задействованного электропневмоклапана подается управляющее напряжение на обмотку второго электропневмоклапана. При этом происходит его открытие, в результате чего газовые полости СПРД сообщаются с окружающей средой. Давление рабочего газа, находящегося в газовых полостях СПРД, понижается. После снятия управляющего напряжения с обмоток электропневмоклапанов давление рабочего газа понижается до давления окружающей среды.

На этапе проектирования были проведены необходимые расчеты, обосновывающие выбор основных параметров ПГГ, а также ряд конструктивных расчетов.

Входящая в состав СПРД датчиковая аппаратура дает возможность оценить правильность ее функционирования как на земле, так и в полете.

СПРД спроектирована таким образом, что дает возможность проведения проверок на земле перед пуском с помощью контрольно-проверочной аппаратуры и позволяет обеспечить высокую надежность работы системы в полете.

Узлы, заложенные в конструкции СПРД, выбирали с точки зрения требуемых технических параметров, отработанности конструкции и готовности производства.

Важнейшим этапом является наземная экспериментальная отработка (НЭО). Наземная отработка включает в себя как автономную отработку СПРД и ее узлов, так и комплексную – в составе КГЧ.

Автономная отработка СПРД состояла из нескольких этапов и позволила подтвердить правильность заложенных схемных и конструктивных решений, а также отработать некоторые вопросы технологии сборки и монтажа. Основные замечания к конструкции СПРД устранены на первых этапах автономной отработки, которая в целом прошла успешно.

Обязательным этапом являются наземные испытания КГЧ с макетами КА, отработка их отделения [1]. Поэтому комплексная отработка СПРД стала частью целого

ряда функциональных испытаний, позволяющих провести полную оценку функционирования доработанной КГЧ и ее элементов. Так, при НЭО предусматривались испытания на функционирование системы разворота диспенсеров, системы отделения КА от диспенсера и испытания на функционирование систем разделения КГЧ.

Особенностью комплексной отработки стало использование в качестве объекта испытаний штатных конструкций диспенсеров со специальными макетами КА, имеющими массово-центровочные характеристики (МИЦХ), близкие к штатным, и штатной СПРД.

Для системы, рассматриваемой в настоящей статье, особым видом испытаний являлась проверка функционирования СПРД при испытаниях системы разворота диспенсеров на функционирование. Так как в условиях наземных испытаний невозможно полностью воспроизвести все штатные условия, были приняты различные схемы испытаний и комбинации имитаций штатных условий на отдельных участках процесса. Так, имитировались нагрузки на диспенсеры, близкие к средним расчетным для штатных условий, но МИЦХ конструкции существенно меньше штатных. Далее использовался объект испытаний с МИЦХ, близкими к штатным, с имитацией нагрузок на диспенсеры и СПРД, на большей части процесса разворота близких к максимальным расчетным. Замечаний к функционированию СПРД в составе КГЧ не выявлено, таким образом, комплексные испытания на функционирование завершили НЭО [3] СПРД с положительным результатом.

**Выводы.** Правильность решений, заложенных при проектировании СПРД, полностью подтверждена результатами НЭО. Конструкция СПРД работоспособна и выполняет предъявляемые к ней требования.

Следующим этапом жизненного цикла СПРД являются летные испытания.

Следует отметить, что положительные результаты отработки СПРД и полученный в ходе работ опыт позволяют применять подобные решения и по другим темам, в которых ставится сходная задача, в частно-

сти по теме «Коршун» для привода разворота крыла.

**Список использованной литературы**

1. Михайлов В. С. Космический «Днепр». Записки о конверсионной ракетно-космической программе. – Пушкино: Центр стратегической конъюнктуры, 2015. – 156 с.

2. <http://kosmotras.ru>.

3. Гонтаровский В. А., Макаренко А. А., Шевцов Е. И. / Роль и место функциональных испытаний в разработке ракетных комплексов стратегического назначения // Космическая техника. Ракетное вооружение: Сб. науч.-техн. ст. – 2014. – Вып. 1. – 164 с.

Статья поступила 20.01.2017