

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «ЗЕНИТ» – ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье изложено описание реализованных и перспективных вариантов модернизации космического ракетного комплекса «Зенит» – программы «Морской старт», «Наземный старт», в том числе в варианте с разгонным блоком «Фрегат-СБ», показан ряд перспективных вариантов модернизации комплекса и входящих в его состав ракет космического назначения семейства «Зенит», проанализирован ряд технических решений, получивших дальнейшее развитие в работах ГП «КБ «Южное» по другим темам.

У статті викладено описання реалізованих та перспективних варіантів модернізації космічного ракетного комплексу «Зеніт» – програми «Морський старт», «Наземний старт», в тому числі у варіанті з розгінним блоком «Фрегат-СБ», показано ряд перспективних варіантів модернізації комплексу та ракет космічного призначення сімейства «Зеніт», що входять до його складу, проаналізовано ряд технічних рішень, що отримали подальший розвиток у роботах ДП «КБ «Південне» по інших темах.

The paper deals with the implemented and promising versions of the Zenit space rocket system modernization – the Sea Launch, Land Launch programs, including the version with Fregat-SB boost stage, and advanced versions of the complex improvement and its integrated space-mission rockets of the Zenit family are presented and a number of designs which obtained the further progress in the Yuzhnoye State Design Bureau works on other programs are analyzed.

После завершения летных испытаний ракеты-носителя (РН) «Зенит-2» (11К77) в составе космического ракетного комплекса (КРК) К11К77 разработчики перешли к совершенствованию комплекса в части повышения характеристик и расширения возможностей [1].

Программа «Морской старт»

Используемая в программе ракета космического назначения (РКН) «Зенит-3SL» состоит из ракеты-носителя «Зенит-2S», разработанной ГП «КБ «Южное», разгонного блока ДМ-SL, созданного РКК «Энергия», и блока полезного груза (БПГ), созданного компанией «Boeing» ([2]).

В качестве ракеты-носителя «Зенит-2S» используется РН «Зенит-2», доработанная под условия морского старта, установку разгонного блока (РБ) и БПГ, а также в части реализации мероприятий, которые заключаются в следующем:

По РН в целом:

- применение более совершенной системы управления расходом топлива с повышенной отказоустойчивостью;
- разработка и введение штатной системы контроля температур;
- применение доработанной системы управления на базе бортовой цифровой вычислительной машины «Бисер-3», гиросtabilизированной платформы ПВ300;
- исключение прибора системы оптического прицеливания в связи с изменением принципов прицеливания;
- реализация укороченной циклограммы команд на участке разделения ступеней;
- исключение блоков терморегуляторов системы термостатирования;
- доработка системы измерений;
- введение системы термостатирования блока полезного груза воздухом высокого давления.

По блоку первой ступени:

Техн. механика. – 2011. – № 5.

© А.В. Дегтярев, 2011

- усиление нижних обечаек бака горючего и силового кольца;
- исключение трех баллонов системы конечного наддува бака окислителя;
- доработка пневмогидравлической системы подачи (ПГСП) и пневмоавтоматики ступени.

По блоку второй ступени:

- усиление корпуса бака окислителя и приборного отсека;
- доработка приборного отсека из условий увязки с разгонным блоком ДМ-SL и исключения стыка с головным обтекателем;
- доработка ПГСП из-за переноса головного обтекателя на РБ ДМ-SL и в части обеспечения заправки разгонного блока окислителем и газами;
- повышение надежности и энергетических характеристик рулевого двигателя;
- доработка пневмогидравлической системы подачи и пневмоавтоматики ступени;
- введение на дренажный патрубок бака окислителя защитной крышки с электропневмоклапаном управления;
- исключение баллона из системы наддува бака горючего.

В течение эксплуатации комплекса «Морской старт» РКН «Зенит-3SL» прошло два этапа модернизации, направленных на повышение энергетических характеристик и надежности РКН.

Первый этап модернизации обеспечил повышение энергетических возможностей РКН до 5250 кг при выведении космических аппаратов (КА) на геопереходную орбиту (ГПО) для обеспечения запуска КА Thuraya.

Второй этап модернизации был направлен на повышение энергетических характеристик и надежности РКН для обеспечения запуска КА массой до 6100 кг.

На РН «Зенит-2S» № 20SL и последующих реализованы мероприятия, направленные на повышение энергетических характеристик и надежности РН «Зенит-2S», заключающиеся, в основном, в изменениях рабочих запасов топлива, новых настройках двигателей и систем подачи и контроля топлива и ряде других мероприятий.

Программа «Наземный старт»

В рамках программы модернизация КРК [3] проводилась для расширения его возможностей по выведению космических аппаратов на высокоэнергетические орбиты и обеспечения коммерческого использования для запусков КА иностранных заказчиков. Были проведены дооснащение комплекса трехступенчатой РКН, аналогичной РКН «Зенит-3SL» «Морского старта», замена морально устаревших систем и агрегатов КРК современными аналогами, а также ремонтно-восстановительные работы по сооружениям, системам и агрегатам, исчерпавшим свой ресурс и имеющим значительный физический износ.

В состав модернизированного космического ракетного комплекса «Зенит-М» вошли следующие носители:

- двухступенчатая РКН «Зенит-2SLБ»;
- трехступенчатая РКН «Зенит-3SLБ»;
- трехступенчатая РКН «Зенит-3SLБФ».

Трехступенчатая ракета космического назначения «Зенит-3SLБ» включает в свой состав ракету-носитель «Зенит-2SB60» на базе ракеты-носителя «Зенит-2S», используемой в рамках программы «Морской старт».

Уровень унификации РН «Зенит-2СБ» с РН «Зенит-2S» обеспечивает возможность использовать ее как в составе РКН «Зенит-3SLБ», РКН «Зенит-2SLБ», так и в составе РКН «Зенит-3SL» с минимальными изменениями конструкции и комплектации, выполняемыми в заводских условиях.

Основные отличия РН «Зенит-2СБ60» от РН «Зенит-2S» следующие:

По блоку первой ступени – внедрение нового гидропривода, доработка дренажного патрубка бака горючего.

По блоку второй ступени – введение теплоизоляции на хвостовом отсеке аналогично РН «Зенит-2», установка дополнительного комплекта радиотелеметрической системы «Сириус» с антенно-фидерным устройством, а также замена облицовочного материала внутренней теплоизоляции приборного отсека для повышения уровня чистоты окружающей КА среды.

Двухступенчатая ракета космического назначения «Зенит-2SLБ» включает в свой состав ракету-носитель «Зенит-2СБ40».

Первые ступени РН «Зенит-2СБ40» и РН «Зенит-2СБ60» унифицированы.

На второй ступени РН «Зенит-2СБ40» дополнительно установлена система сброса давления из бака окислителя, пиропереклюатель на дренаже окислителя из маршевого двигателя, установлены приборы системы измерений и аппаратуры спутниковой навигации с антенно-фидерным устройством, заменен узел выхода термостатирующего воздуха на приборном отсеке, введены заглушки на магистрали подачи окислителя и сжатых газов на РБ.

Трехступенчатая ракета космического назначения «Зенит-3SLБФ» включает в свой состав ракету-носитель «Зенит-2СБ80», разработанную ГП «КБ «Южное», и космическую головную часть (КГЧ), созданную НПО им. С.А.Лавочкина. КГЧ включает в свой состав переходный отсек, разгонный блок «Фрегат-СБ» и головной обтекатель двух вариантов.

РН «Зенит-2СБ80» представляет собой модификацию РН «Зенит-2СБ60» (применяемую в составе РКН «Зенит-3SLБ»), доработанную под установку КГЧ с РБ «Фрегат-СБ». Первая ступень РН «Зенит-2СБ80» полностью унифицирована с первой ступенью РН «Зенит-2СБ60» и «Зенит-2СБ40». Основные доработки второй ступени состоят в доработке ПГСП в части введения заглушек на магистрали подачи окислителя и газов на разгонный блок ДМ-SLB, доработке системы измерений в части исключения комплекта радиотелеметрической системы «Сириус».

Также была проведена работа по обеспечению требуемой несущей способности конструкции РН, поскольку РБ «Фрегат-СБ» устанавливается на РН полностью заправленным, и масса головной части по этой причине существенно увеличилась.

Благодаря данным работам была создана новая модификация РКН семейства «Зенит», успешно выполнившая в 2011 г уже два пуска, в том числе с уникальным научным прибором – радиотелескопом «Спектр-Р» с антенной диаметром 10 м в рамках проекта «Радиоастрон».

Некоторые варианты дальнейшей модернизации РН «Зенит»

Применение РН «Зенит» для запуска пилотируемых кораблей

КРК К11К77 и входившая в его состав ракета-носитель «Зенит-2» в соответствии с тактико-техническим заданием на разработку создавались под воз-

возможные запуски пилотируемых кораблей. Это нашло отражение в запасах прочности конструкции и использованных при разработке технических решениях, направленных на обеспечение надежности и безопасности РН.

Проектные работы по возможности использования КРК для запуска различных пилотируемых космических кораблей проводились неоднократно. В 1986 г. и 1988 г. были выпущены проектные материалы по возможности запуска пилотируемого космического корабля (ПКК) 7К-СМ («Заря») разработки Ракетно-космической корпорации (РКК) «Энергия». В 1993 г. были выпущены материалы по рассмотрению возможности запуска на РН «Зенит» пилотируемого космического корабля «Союз-ТМ» при запуске с космодрома Плесецк.

В 2004 г. выпущены материалы по возможности запуска многоразового пилотируемого космического корабля «Клипер» разработки РКК «Энергия». Показана возможность обеспечения его пусков при малом объеме доработок базовой РКН «Зенит-2SLБ» и комплекса «Зенит-М». Позднее в связи с уточнением и изменением облика ПКК «Клипер» были выпущены дополнительные материалы по изменению РКН и комплекса применительно к новому облику корабля [4].

В 2006 г. были выпущены материалы по возможности запуска на РН «Зенит» пилотируемого космического корабля «Алмаз», создаваемого компанией «Экスカляр Алмаз» для туристических космических полетов.

В 2009 г. было согласовано рассмотрение возможности применения КРК «Зенит-М» на Байконуре для обеспечения отработочных пусков пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП), разрабатываемого РКК «Энергия».

Ракета космического назначения «Зенит-2П», предназначенная для выведения пилотируемого транспортного корабля нового поколения, включает в свой состав ракету-носитель «Зенит-2СБП».

В качестве РН «Зенит-2СБП» используется РН «Зенит-2СБ40», применяемая в составе РКН «Зенит-2SLБ», доработанная для проведения пилотируемых пусков. Основные отличия РН «Зенит-2СБП» от РН «Зенит-2СБ40», необходимые для проведения пилотируемых пусков, заключаются в следующем:

- введение новой системы безопасности носителя;
- введение системы обеспечения температурного режима пилотируемого корабля с использованием имеющейся системы термостатирования воздухом высокого давления;
- введение мероприятий по обеспечению увода второй ступени с орбиты после отделения ПТК НП (при необходимости);
- разработка мероприятий по реализации в конструкторской и эксплуатационной документации на РН и ее составные части специальных требований, установленных стандартами космической отрасли для ПКК;
- введение мероприятий, направленных на повышение надежности, предусмотренных ранее разработанным «Планом мероприятий по обеспечению уровня надежности РН «Зенит» в соответствии с требованиями к надежности пилотируемых космических комплексов».

Применение на первой ступени РКН семейства «Зенит» подвесных топливных баков.

Вариант для РКН «Зенит-3SL» комплекса «Морской старт».

Данный вариант предусматривал установку на корпусе первой ступени РКН в плоскости II-IV двух внешних подвесных топливных баков в форме цилиндров с конической верхней частью, имеющих диаметр 1,8 м и длину 22,2 м. Они обеспечивали увеличение запаса топлива ступени на ~100 т [5]. Особенностью конструкции новой первой ступени являлось то, что в подвесных баках находилось только горючее, а необходимый для него окислитель размещался в удлиненном баке основного блока ступени. Уровень днищ подвесных баков располагался существенно выше уровня днища основного бака горючего, что позволило использовать штатное заборное устройство бака без доработок.

Такая схема позволяла сократить общее количество баков, при этом обеспечивая сохранение основных габаритов ступени. Кроме того, за счет единого бака сокращается теплоприток к жидкому кислороду, что упрощает обеспечение его теплового режима.

Основными недостатками предложенной схемы является изменение габаритов баков ступени и существенное изменение условий работы ПГСП ступени, что потребует изменения технологии производства баков и дорогостоящей отработки ступени в части прочности, работы ПГСП и других систем.

Модернизированная таким образом РКН «Зенит-3SL» при увеличении стартовой массы РКН на ~108 т могла бы обеспечить увеличение массы полезного груза, выводимого на ГПО, на 1000 кг.

Вариант для РКН «Зенит-3SLБ» комплекса «Зенит-М».

В данном варианте габариты основных баков первой ступени сохранены, а подвесные баки выполнены двухкомпонентными [6]. При этом для упрощения конструкции ПГСП и минимизации доработки существующей матчасти полости баков объединены за счет магистралей «по жидкости» и «по газу», а система наддува и система управления расходом топлива (СУРТ) – штатные, с минимальными доработками.

Как и в варианте для РКН «Зенит-3SL», уровни днищ подвесных баков располагаются выше уровня днища основных баков, обеспечивая полный перелив топлива в центральные баки, что позволяло использовать их штатные заборные устройства без доработок.

Баки выполнены стационарными (несбрасываемыми) для упрощения конструкции и сокращения затрат на реализацию и имели гладкую конструкцию. С центральной частью первой ступени подвесные баки соединяются силовыми связями и пневмогидравлическими магистралями.

В сравнении с вариантом для Sea Launch запас топлива в баках увеличен до 115 т, а их диаметр – до 2,4 м при длине 22,3 м. Стартовая масса РКН при этом составила до 590 т (для варианта с РБ), а масса полезного груза (ПГ) достигла 16540 кг (увеличение на 1940 кг) для низкой 200-км орбиты и 5080 кг (увеличение на 1250 кг) для ГПО при трассе выведения с базовым наклоном опорной орбиты 46°.

Применение на РКН семейства «Зенит» жидкостных ускорителей

Данное мероприятие обеспечивает наибольший прирост массы полезного груза, но и является наиболее сложным и дорогостоящим. В частности, весьма трудоемкой представляется доработка стартового сооружения,

рассчитанного на использование существующей однодвигательной РКН с заглублением хвостовой части в стартовом колодце. В силу этих особенностей применение ускорителей рассматривалось только для варианта, предполагающего восстановление правого пускового устройства на космодроме Байконур с изменением его конструкции для одновременной эксплуатации как штатных РКН семейства «Зенит», так и их вариантов с жидкостными ускорителями [7].

На ускорителях предполагалось использование тех же компонентов топлива, что и на основных ступенях. Рассматривались варианты с различными жидкостными ракетными двигателями (ЖРД), в частности РД-120К (по одному и по два ЖРД на ускоритель), РД801, НК-33 и РД810. Предполагалось оснащение РКН двумя ускорителями, располагающимися в плоскости II-IV. Запас топлива ускорителей располагался в двух цилиндрических баках диаметрами от 1,8 до 3 м (в зависимости от применяемых ЖРД), бак окислителя располагался в верхней части. Также в состав ускорителя входили носовой обтекатель (в форме скругленного конуса) и цилиндрические межбаковый и хвостовой отсеки.

Общая масса каждого ускорителя составляла от 74 до 130 т, стартовая масса РКН находилась в интервале от 616 до 750 т. Масса полезного груза для самого мощного варианта (с ускорителями, оснащенными ЖРД РД810) достигала 23,5 т для низкой 200-км орбиты и 6,0 т для ГПО, однако такой вариант требовал открытия нового района падения. При использовании существующих районов падения масса ПГ снижалась до 21 т и 5,2 т соответственно.

Применение на РКН «Зенит» разгонного блока на кислородно-водородном топливе

Рассматривалось в рамках модернизации РН «Зенит» неоднократно, начиная с начала 1990-х годов. Был выпущен эскизный проект [8], где рассматривалось применение на РН «Зенит» кислородно-водородного РБ «Шторм» разработки КБ «Салют».

Показана возможность существенного увеличения массы ПГ, выводимой на высокоэнергетические орбиты, однако существенно возрастала сложность и дороговизна работ по созданию наземной инфраструктуры. В частности, масса ПГ, выводимого на геостационарную орбиту, увеличивалась до 2,5 т. Данные работы были прекращены из-за закрытия дальнейших работ по РБ «Шторм».

Применение на РКН «Зенит» новой второй ступени на кислородно-водородном топливе

Этот вариант РКН [9] может быть реализован при использовании в качестве первой ступени штатной первой ступени РН «Зенит», а в качестве второй – новой кислородно-водородной верхней ступени, разрабатываемой в ГРКНПЦ «ЦСКБ «Прогресс» (г. Самара) для применения на новых РН семейства «Русь-М».

Данная ступень оснащается четырьмя однокамерными ЖРД РД-0146 (тягой по 10 тс) на кислородно-водородном топливе, разрабатываемыми КБХА (г. Воронеж). Она имеет простую моноблочную конструкцию, форму цилиндра длиной 18,2 м и диаметром 3,8 м и вмещает 46 т топлива.

Предварительные проработки показали возможность обеспечить с помощью такой РКН выведение на низкую орбиту высотой 200 км полезного груза массой 19 – 20 т при стартовой массе РКН ~ 419 т.

Благодаря применению кислородно-водородной ступени такая РКН обладает выдающимися для ракет среднего класса энергетическими возможностями, практически соответствующими ракетам тяжелого класса. Однако сложность и дороговизна необходимой на стартовом комплексе водородной инфраструктуры делают такой проект маловероятным для реализации с морской платформы, а на космодроме Байконур эта ниша по грузоподъемности уже занята РН «Протон-М». Для такой РН остается возможность реализации на новом космодроме Восточный.

Выводы. Успешная разработка различных вариантов РКН семейства «Зенит» и планы по их модернизации показали, что потенциал для их дальнейшего развития далеко не исчерпан. Это дает основание предполагать, что при обеспечении решения новых задач или выполнения поставленных перед КРК требований в большинстве случаев более быстрым и экономически оптимальным способом является не разработка нового КРК с новой РКН, а модернизация уже существующего космического ракетного комплекса «Зенит-М». За счет совершенствования характеристик ряда его компонентов с широким использованием наработанного опыта и внедрением новых элементов возможна экономически эффективная разработка модификаций РКН, способных обеспечить запуски в космос КА в широком диапазоне масс, габаритов, орбит выведения и прочих требований.

1. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» : изд. 3-е, испр. и доп. / Под общ. ред. академика НАНУ С. Н. Конюхова. – К. : Издательская компания «Кит», 2004. – 260 с.
2. «Ракетно-космический комплекс морского базирования «Морской старт» : ИД на разработку материалов по РКН «Зенит-3SL» : проектные материалы. – Днепропетровск : ГП КБ «Южное», 1995. – 189 с.
3. Космический ракетный комплекс «Зенит-М» с РКН «Зенит-3SLБ» и «Зенит-2SLБ» : эскизный проект. – Днепропетровск : ГП «КБ «Южное», 2002. – 358 с.
4. Использование КРК «Зенит-М» для запуска пилотируемого космического корабля «Клипер» : проектные материалы : инженерная записка. – Днепропетровск : ГП «КБ «Южное», 2006. – 96 с.
5. Исследование направлений модификации РКН «Зенит-3SL» для кардинального повышения энергетических характеристик : технический отчет. – Днепропетровск : НИЦ «Экология-Геос», 2001. – 233 с.
6. Барыбин А. В. Пути модернизации РКН «Зенит-2SLБ» и РКН «Зенит-3SLБ» в части повышения энергетических характеристик / А. В. Барыбин, А. В. Дегтярев, А. П. Кушнарев // Тезисы доклада на 55-й Международном Астронавтическом конгрессе. – Ванкувер, 2004. – 10 с.
7. Направления дальнейшей модернизации РКН комплекса «Зенит-М» для повышения энергетических характеристик : технический отчет. – Днепропетровск : ГП «КБ «Южное», 2008. – 264 с.
8. Универсальный кислородно-водородный разгонный блок : эскизный проект, часть 1, приложение 4 : комплекс РН «Зенит» с КВРБ для запусков КА на высокоэнергетические орбиты. – Днепропетровск : ГП «КБ «Южное», 1995. – 242 с.
9. Анализ возможности использования на РКН «Зенит» кислородно-водородных ступеней : проектные материалы : инженерная записка. – Днепропетровск : ГП «КБ «Южное», 2011. – 37 с.

ГП «КБ «Южное»,
г. Днепропетровск

Получено 04.07.11,
в окончательном варианте 04.07.11