



НАУКА @ ТЕХНИКА

12+

№ 4 (155)

АПРЕЛЬ, 2019

www.nukatehnika.com

— ЖУРНАЛ для ПЕРСПЕКТИВНОЙ МОЛОДЕЖИ —

РАКЕТОСТРОЕНИЕ

65 ЛЕТ
КБ ЮЖНОЕ

СУДОСТРОЕНИЕ

САМОЕ
БОЛЬШОЕ
В МИРЕ СУДНО

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ
ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

КОРАБЕЛЬНЫЙ
КАТАЛОГ

«ЛОРД
НЕЛЬСОН»

ГРАЖДАНСКАЯ АВИАЦИЯ

САНИТАРНАЯ
АВИАЦИЯ

«МОРСКОЙ СТАРТ» ДВАДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

См. стр. 6



ДВАДЦАТЬ ЛЕТ «МОРСКОМУ СТАРТУ»

Запуски космических аппаратов с поверхности океана — выдающееся техническое событие конца XX в. Оно открыло новое направление в ракетно-космической технике, показав, что использование океана в качестве стартовой площадки не только технически возможно, но и экономически выгодно. Международный космический проект «Морской старт» является ярчайшим примером плодотворного сотрудничества компаний и предприятий США, России, Украины и Норвегии.

Мало кто знает, что КБ «Южное» и Конструкторское бюро транспортного машиностроения (КБТМ) изучали возможность запуска ракет-носителей (РН) с поверхности океана почти на двадцать лет раньше. В семидесятых годах ГП «КБ «Южное» совместно с КБТМ в рамках научно-исследовательских работ (НИР) «Плавучесть» вели проработку запуска РН с океана. Концепция запуска базировалась на использовании полупогруженных судов катамаранного типа, подобных нефтедобывающим платформам. Одно из судов должно было служить платформой для запуска ракеты-носителя, второе — выполнять функции технического комплекса хранилища ракет-носителей, обеспечивать подготовку РН и космических аппаратов к пуску, а также управление пуском и прием телеметрической информации.

Двадцать лет спустя идея морского старта обрела актуальность и встала на повестке дня с той лишь разницей, что в составе комплекса морского базирования предлагалось использовать в качестве морских средств крупнотоннажные суда (супертанкеры) или полупогруженные платформы.

Основная идея старта с поверхности океана проста и гениальна: ракета может стартовать точно с экватора, где вращение Земли дает максимальный прирост скорости и исключаются ограничения по зонам падения для отработавших ступеней ракет. При морском базировании расширяется возможность расположения места старта, космодром может размещаться в любой точке поверхности океана и менять свое положение в зависимости от задачи. Для эксплуатирующей команды не требуется строить поселки (города-спутники) с детскими садами и школами и со своей инфраструктурой, команда размещается на кораблях.

Сложности в реализации идеи морского старта заключаются в том, что нужна экологически чистая ракета (чтобы ее топливо не загрязняло океан), стартующая в автоматическом режиме (поскольку люди не смогут находиться вблизи от взлетающей ракеты) и способная стартовать в условиях океанического волнения.

В этой связи из всех находившихся на тот момент в эксплуатации ракет-носителей была выбрана РН «Зенит» разработки КБ «Южное», серийно производившаяся на Южном машиностроительном заводе и обладающая самыми совершенными летно-техническими и эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими требованиям морского старта.

Но не только ракета, а и весь комплекс «Зенит» был самым передовым, работавшим на экологически чистых компонентах топлива (жидком кислороде и керосине) и позволявшим осуществлять полностью автоматизированную дистанционную подготовку пуска и пусковые операции. Энергетические возможности «Зенита» с разгонным блоком при старте с экватора позволяли обеспечить выведение самых современных телекоммуникационных спутников массой до 6,1 тонны. Именно эти качества наиболее полно удовлетворяли требованиям морского старта и позволяли реализовать идею такого проекта.

В 1993 г. КБ «Южное» и Южмаш приняли участие в обсуждении и детальной проработке с компанией «Боинг» и РКК «Энергия» нового проекта. В марте 1995 г. были окончательно определены основные характеристики и особенности составных частей ракетно-космического комплекса «Морской старт». КБ «Южное» была отведена роль головного разработчика комплекса ракеты космического назначения «Зенит-3SL».

Третьего мая того же 1995 г. компании четырех государств — США, Норвегии, Украины и России — подписали Соглашение о создании совместного предприятия Sea Launch («Морской старт») для осуществления запусков телекоммуникационных спутников с плавучей стартовой платформы из акватории Тихого океана вблизи экватора. Базовый порт Sea Launch предполагалось разместить в калифорнийском городе Лонг-Бич, на территории бывшей базы ВМФ США.

В состав ракеты космического назначения (РКН) «Зенит-3SL» вошли:

- ✓ двухступенчатая РН «Зенит-2S», разработанная ГП «КБ «Южное» и изготовленная ГП «ПО «Южмаш»;
- ✓ разгонный блок DM-SL (третья ступень), созданный и изготовленный РКК «Энергия»;
- ✓ блок полезного груза с обтекателем, разработанный фирмой «Боинг».



Сборка РКН «Зенит-3SL» на СКК

Стартовая масса РКН «Зенит-3SL» составила 470 т, общая длина — 60 м, диаметр корпуса ракеты — 3,9 м, номинальная тяга двигателей первой ступени — 740 тс, второй ступени — 85 тс (основной двигатель), компоненты топлива — жидкий кислород и керосин.

Разгонный блок DM-SL, предназначенный для выведения космических аппаратов на высокоэнергетические орбиты, необходим для осуществления орбитальных маневров и обладает способностью многократного включения маршевого двигателя.

Основные характеристики разгонного блока DM-SL следующие: масса полностью заправленного блока ~19 т, компоненты топлива маршевого двигателя — жидкий кислород и керосин, двигательной установки стабилизации, ориентации и обеспечения запуска — азотный тетраоксид и несимметричный диметилгидразин. Номинальная тяга маршевого двигателя составляет 8,5 тс. Диаметр блока равен 3,7 м.

Блок полезного груза предназначен для установки в нем космических аппаратов и состоит из углепластикового обтекателя, диаметром 4,15 м, переходных элементов конструкции между космическим аппаратом и разгонным блоком DM-SL, электрических систем, системы термостатирования.

Морской сегмент включает в себя сборочно-командное судно (СКС) и стартовую платформу (СП) «Одиссей». СКС — это специально спроектированный корабль, который служит плавучим цехом для сборки РКН и проверки всех ее систем. На СКС размещен центр управления пуском, который дистанционно осуществляет управление предстартовой подготовкой и пуском РКН. Здесь же осуществляются прием и обработка телеметрической информации. Командное судно — морской аналог наземных технических комплексов и центра управления полетом. Длина его — 203 м, а водоизмещение — 34 000 т. На судне размещаются до 240 человек экипажа и персонала, участвующего в подготовке и проведении пуска.

Самоходная полупогружаемая платформа «Одиссей» имеет длину 133 м, ширину 67 м. Имея осадку на ходу ~7,5 м, перед стартом платформа дополнительно притапливается на глубину 14 м для уменьшения качки и в итоге в этом состоянии имеет осадку 21,5 м. Высота платформы до главной палубы — 34,5 м, ее водоизмещение на ходу составляет ~30000 т, а в полупогруженном состоянии — 50 600 т. На борту стартовой платформы можно разместить до 68 человек.

Конструктивно стартовая платформа представляет собой два понтона, оборудованные пятью несущими ци-



РКН «Зенит-3SL», установленная на пусковом столе СП «Одиссей» в точке старта на экваторе

линдрическими колоннами каждый. На несущих колоннах сооружена надстройка, состоящая из трех основных технологических палуб и пяти палуб навигационных и бытовых надстроек. На стартовой платформе «Одиссей» размещается оборудование стартового комплекса, обеспечивающее хранение ракеты-носителя на транспортно-установочном агрегате в ангаре во время перехода в район старта, подачу и установку ракеты на пусковой стол, заправку ее компонентами топлива и сжатыми газами, предстартовую подготовку и пуск.

Управление работами на СП от операции заправки до пуска РКН осуществляется комплексом автоматизированных систем управления по радиоканалу со сборочно-командного судна без присутствия обслуживающего персонала.

По прибытии в точку старта платформа принимает полупогруженное положение. Такое погружение увеличивает приведенный момент инерции платформы и ее массу почти в два раза. Одновременно это положение платформы позволяет осуществить свободный проход стартовой команды между двумя судами путем соединения их телескопическим мостом.

Для погружения на названную глубину платформа оборудована системой баллаستирования, включающей в себя емкости, расположенные в понтонах и нижней части колонн. Наполнение морской водой производится через специальные клапаны. Откачивают воду шесть балластных насосов.

После погружения платформу ракету, уложенную в ангаре СП на специальный установщик, готовят к старту. Завершив предварительные работы по подготовке к старту, экипаж платформы переходит на СКС. Дальнейшая подготовка к старту, включая заправку ракеты и сам старт, управляются с СКС по командной радиолинии.

Корабль отходит в безопасную зону, а платформа занимает стартовое положение.

СКС в период завершения подготовки к пуску и самого пуска располагается на расстоянии 5–8 км от платформы по соображениям безопасности и необходимости обеспечить радиоуправление между кораблями.

Платформа в точке старта должна постоянно поддерживать свое местоположение на поверхности океана.



Сборочно-командное судно Sea Launch Commander



СКС и СП в точке старта, соединенные телескопическим мостом

Задача точного выведения КА на геостационарную орбиту (ГСО), в силу принятой системы прицеливания, требует знания изменения положения платформы с погрешностью до 50 м. Для обеспечения такой точности стартовая платформа оборудована радиотехнической системой GPS и специальной системой управления и стабилизации. В качестве исполнительных органов используются ходовые и боковые винты.

Для удержания плоскости платформы в горизонтальном положении СП снабжена автоматической системой коррекции крена и дифферента. Эта система перекачивает морскую воду из одних колонн в другие, обеспечивая независимую стабилизацию по двум осям. Такая система обеспечивает допустимую статическую нагрузку на ракету (система должна обеспечивать отклонение положения ракеты от вертикали $\leq 1^\circ$) и необходимые условия перемещения установщика (без уклона) при подходе к стартовому столу.

Больше всего вопросов возникло к колебанию платформы в момент запуска ракеты. Кроме веса ракеты, а при старте ракеты платформа от него освобождается, на поверхность платформы осуществляются воздействия: газодинамическое — от эжекции струй ракетного двигателя, силы тяжести от подачи воды (для уменьшения акустического воздействия) в струи двигательной установки и др.

Грамотный учет этих воздействий позволил обеспечить стабильное горизонтальное положение платформы, поэтому момент старта ракеты и ее уход со стартового стола для платформы остаются практически незамеченными, интенсивное движение платформы в опасном направлении начинается только через 9 с, когда ракета поднимается на 200 м.

Гораздо большее влияние на колебания платформы в момент старта оказывает возмущение от набегающих волн. Анализ совместного движения платформы и ракеты показал, что безударное движение «опасных» точек в момент старта и в первые секунды

полета обеспечивается с большим запасом (0,4 м при допуске 1,3 м).

Безусловно, при большом волнении старт не производится. Обычно высота волн в точке старта, которая была выбрана на экваторе (154° з. д.), не превышает 2,0 ... 2,5 м (период набегающей волны 4 ... 17 с). Платформа в этом случае колеблется в пределах $0,4^\circ$.

При разработке и внедрении системы эксплуатации комплекса «Морской старт» участникам программы пришлось решать широкий круг не только технических проблем, но и вопросов международно-правового, морально-этического плана, обусловленных спецификой эксплуатации комплекса международной

интернациональной командой специалистов из различных стран мира.

Еще одна особенность проекта заключается в том, что впервые, без финансовой поддержки государства, в партнерстве с российской РКН «Энергия», американской компанией «Боинг», норвежской фирмой Kvaerner, украинскими ГП «КБ «Южное» и ПО «Южмаш», был создан ракетно-космический комплекс морского базирования, которому нет равных в мировой практике по техническому совершенству и организации работ.

Шестого марта 1999 г. на СКС была завершена сборка РКН «Зенит-3SL» № SL1 с космическим аппаратом Demosat и начаты комплексные проверки РКН. 11 марта 1999 г. РКН перегрузили на стартовую платформу и на следующий день, после успешного завершения проверок комплекса технологического оборудования и РКН, СП вышла в океан.

Переход судов в точку старта на экватор был трудным и беспокойным. 15 марта проявилась серьезная неисправность в опоре емкости с жидким кислородом,

размещенной на верхней палубе СП. В условиях морского перехода доступ к поврежденной опоре для ее ремонта или хотя бы осмотра оказался невозможным. При определенных условиях бортовой и килевой качки СП в открытом океане емкость испытывала ударные нагрузки, сопровождающиеся угрожающим грохотом. Нависла угроза возвращения кораблей в базовый порт. Специалисты ракетного сегмента вместе с моряками искали выход из сложившейся ситуации. И коллективными усилиями выход был найден. Стартовую платформу балластировкой наклонили на определенный угол в устойчивое положение и ударные нагрузки в опоре кислородной емкости прекратились. С несколько сниженной скоростью частично забалластированная СП продолжила свой путь на экватор.

Работы по подготовке РКН к пуску на экваторе начались 25 марта. После вывоза РКН на пусковой стол и подъема стрелы



РКН «Зенит-3SL» на пусковом столе. Вид из ангары СП

установщика в вертикальное положение из-за отказов в работе наземного оборудования пришлось дважды переводить РКН в горизонтальное положение: первый раз — для замены вышедшего из строя рукава термостатирования воздушной системы обеспечения температурных режимов (BCOTP), затем самопроизвольно развелись захваты стрелы установщика, которые удерживают вертикально стоящую на пусковом столе РКН, ходом захватов отстыковалась крышка на дренажной горловине бака окислителя. Был также отказ в работе компрессора BCOTP. Были трудности с эвакуацией персонала с СП из-за большого волнения океана и связанный с этим перенос начала запуска циклограммы предстартовой подготовки РКН.

И как вознаграждение за все пережитые волнения был удивительный по красоте старт РКН посреди океана, успешный полет и полный безоговорочный успех первого демонстрационного пуска РКН «Зенит-3SL» с КА Demosat, заявивший всему миру о рождении нового уникального космического ракетного комплекса.

Первый демонстрационный пуск открыл дорогу коммерческому использованию комплекса «Морской старт». Успех проекта «Морской старт» стал возможен благодаря высокому профессиональному уровню разработчиков, изготовителей и испытателей компаний-участниц — мировых лидеров в аэрокосмической области и судостроении.

Теперь это стало историей: 27 марта 1999 г. (в Киеве это было уже 28 марта) с плавучей пусковой платформы, доставленной на экватор в Тихом океане, впервые в мировой космонавтике проведен запуск космического аппарата Demosat. С этого момента начинается отсчет реализации грандиозного международного проекта Sea Launch («Морской старт»), в котором участвуют США, Украина, Россия и Норвегия.

Успешная реализация проекта «Морской старт» открыла путь к развитию нового коммерческого направления — запускам «Зенитов» с космодрома Байконур по программе «Наземный старт», однако обеспечить дальнейшую прибыльность пусковой деятельности в рамках проекта в силу целого ряда факторов совместное предприятие не смогло. Финансовые трудности компаний «Морского старта» усилились в 2006 г., когда компания «Боинг» получила альтернативный доступ в сектор коммерческих пусковых услуг через компанию United Launch Alliance (ULA), и ее интерес к «Морскому старту» существенно ослаб. Непредвиденный спад спроса на запуски коммерческих космических аппаратов, существенное повышение цен некоторыми поставщиками на комплектующие для РКН «Зенит-3SL», рост конкуренции среди операторов пусковых услуг лишь усугубили финансовые трудности и компании — участницы «Морского старта» вынуждены были прибегнуть к реорганизации.

Летом 2009 г. компания Sea Launch объявила о своем банкротстве, а после реорганизации ведущую роль в проекте компания «Боинг» передала РКК «Энергия». В сентябре 2011 г. запуски возобновились.

Всего в рамках проекта было осуществлено 36 запусков — 32 успешных, три аварийных и один частично успешный. Последний состоялся 27 мая 2014 г.: на орбиту был выведен европейский спутник связи Eutelsat 3В.

Осенью 2014 г., когда руководство РКК «Энергия» объявило о закрытии проекта, Генеральный директор КБ «Южное» А. В. Дегтярев предпринимает попытку убедить собственников изменить принятое решение и возобновить проект.



**History Was Made
March 27, 1999**

В ноябре 2014 г. А. В. Дегтярев выступил на заседании Совета директоров «Морского старта» с докладом, в котором приводились аргументы в пользу «Морского старта» при условии оптимизации схемы его ведения и эксплуатационных затрат. По результатам доклада Совет директоров «Морского старта» отказался от закрытия проекта и принял предложение КБ «Южное» о начале переговорного процесса с потенциальным инвестором, готовым купить проект, привлекая КБ «Южное» для управления программой в процессе эксплуатации. Вскоре появились новые потенциальные покупатели: американская AIAC и российская Группа компаний S7.

В 2018 г. владельцем «Морского старта» стала группа компаний S7Group. В их распоряжение перешли корабль Sea Launch Commander, платформа Odyssey, с установленным на них оборудованием ракетного сегмента, наземное оборудование в базовом порту Лонг-Бич в США и товарный знак Sea Launch.

Новые владельцы планировали возобновить запуски с 2019 г. В июне 2017 г. ГП «ПО «Южмаш» заключило контракт с S7 Sea Launch на производство и поставку 12 ракет-носителей модификаций «Зенит-3SL» и «Зенит-3SLБФ» для международных программ «Морской старт» и «Наземный старт». В настоящее время профинансированы и находятся в производстве три из них. Позже стало известно, что окончательная сборка этих ракет с двигателем первой ступени и системой управления будет проводиться в США, а не в Украине.

Все предпринятые усилия дают надежду на возвращение «Морского старта» на мировой рынок пусковых услуг, где бы он оставался в качестве одного из ключевых игроков еще долгие годы.