

**ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЕКТА «МОРСКОЙ СТАРТ» КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**Н. А. Тестоедов<sup>1</sup>, В. В. Двирный<sup>1</sup>, Г. Г. Крушенко<sup>2,3\*</sup>, Г. В. Двирный<sup>1</sup><sup>1</sup>АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва»  
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52<sup>2</sup>Институт вычислительного моделирования СО РАН

Российская Федерация, 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50

<sup>3</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

\*E-mail: gentry@icm.krasn.ru

*Для выведения космических аппаратов (КА) на геостационарную орбиту желательно производить запуск из зоны, наиболее близкой к экватору, что позволит при запуске ракеты-носителя (РН) максимально использовать скорость вращения Земли. Для решения этой проблемы в 1995 г. в Калифорнии была зарегистрирована компания Sea Launch. Для запусков КА при этом была использована двухступенчатая РН «Зенит». Пусковая установка и технологическое оборудование были смонтированы на доработанной самоходной нефтедобывающей платформе. С 1999 г. до консервации проекта «Морской старт» в 2014 г. с плавучей платформы в экваториальных водах Тихого океана было произведено 36 пусков КА. Однако в 2009 г. Sea Launch столкнулась с финансовыми трудностями, подала заявление о банкротстве и договорилась с РКК «Энергия» о выходе из процедуры банкротства. Появилась информация, что РКК «Энергия» продает космодром российской коммерческой авиакомпании S7 Airlines. Тем не менее, как технические, так и экономические проблемы останутся на прежнем уровне, в связи с чем прорабатывается возможность более экономичного запуска КА с использованием подводных лодок. И такой опыт уже имел место. Так, 7 июля 1998 г. впервые из подводного положения ракетным подводным крейсером Северного флота «Новомосковск» с акватории Баренцева моря с помощью ракеты-носителя «Штиль» были выведены на низкую околоземную орбиту два микроспутника. А 26 мая 2006 г. также из акватории Баренцева моря с АПЛ «Екатеринбург» с помощью РН «Штиль-1Н» был выведен на гелиосинхронную орбиту спутник «Компасс-2». Представленный материал показывает перспективность пуска КА из любой точки Мирового океана на различные орбиты с помощью подводных лодок, что является более надежным и экономичным, чем пуски с применением проекта, использующего тандем из пусковой платформы и сборочно-командного судна. Сопоставление габаритов пусковых шахт подводных лодок, по крайней мере тех, с которых уже производились пуски, и массово-габаритных характеристик КА различного назначения подтверждает такую возможность.*

*Ключевые слова:* космический аппарат, «Морской старт», подводная лодка.

Sibirskii Gosudarstvennyi Aerokosmicheskii Universitet  
imeni Akademika M. F. Reshetneva. Vestnik  
Vol. 18, No. 1, P. 160–167**THE EVOLUTION OF THE PROJECT “SEA LAUNCH” OF SPACECRAFT**N. A. Testoedov<sup>1</sup>, V. V. Dvirnyi<sup>1</sup>, G. G. Krushenko<sup>2,3\*</sup>, G. V. Dvirnyi<sup>1</sup><sup>1</sup>JSC Academician M. F. Reshetnev «Information Satellite Systems»  
52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation<sup>2</sup>Institute Computational Modeling SB RAS

50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation

<sup>3</sup>Reshetnev Siberian State Aerospace University

31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

\*E-mail: gentry@icm.krasn.ru

*For launching a spacecraft to the geostationary orbit, it is desirable to start from the area closest to the equator that will allow the launch of vehicle to maximize the speed of rotation of the Earth. To resolve this problem in 1995 in California the Sea Launch Company was registered. For launches of satellites a two-stage rocket “Zenit” was used. Launcher and the technological equipment were mounted on a modified self-propelled oil platform. From 1999 to the*

conservation of the project "Sea launch" in 2014, with a floating platform in the Equatorial waters of the Pacific ocean 36 launches of spacecraft were made. However, in 2009 Sea Launch ran into financial difficulties and filed for bankruptcy, and the company agreed with the RSC "Energia" on the exit from bankruptcy. And it was reported that RSC Energia sold commercial spaceport to the Russian airline, S7 Airlines. However, both technical and economic problems will remain at the same level. Therefore the possibility of more cost-effective launch of the SPACECRAFT using submarines was studied. Such experience has already taken place. On July 7, 1998 for the first time from a submerged position with missile submarine cruiser of the Northern fleet project "Novomoskovsk" with the waters of the Barents sea with the help of the carrier rocket two micro-satellites were launched into low earth orbit. And on May 26, 2006, also from the waters of the Barents sea from the nuclear submarine "Yekaterinburg" using rocket "Shtil-1" the satellite "Compass-2" was launched into heliosynchronous the orbit. The material shows promising start of the spacecraft from any point of the World Ocean at different orbit using submarines, which is more reliable and efficient than launches from the application project that uses the combination of a launch platform and Assembly-command ship. A comparison of the dimensions of the silos of the submarines, at least, those which have already been carried out launches and mass-overall characteristics of the spacecraft for various purposes, confirms this possibility.

*Keywords:* spacecraft, "Sea launch", submarine.

**Введение.** Выведение космических аппаратов (КА) на заданную орбиту производится по следующей общей схеме: вначале КА выводится на опорную орбиту, а затем – через переходную – на рабочую орбиту [1]. При запуске КА на геостационарную орбиту с космодрома Байконур используется круговая опорная орбита высотой 200 км и наклоном 51°, что продиктовано наличием доступности зон отчуждения (площадь акватории, выделенная с целью обеспечения безопасности людей и судов, на которую предусмотрено падение отработанных ступеней ракет-носителей и в аварийных ситуациях). Для последующего вывода КА на геостационарную орбиту требуются значительные затраты рабочего тела (разогретый поток продуктов горения) разгонного блока, что, соответственно, уменьшает массу выводимой полезной нагрузки. Поэтому для выведения КА на геостационарную орбиту желательнее производить его запуск из зоны, наиболее близкой к экватору [2], что позволит при запуске ракеты-носителя (РН) максимально использовать скорость вращения Земли и делает энергетически целесообразным размещение космодромов в экваториальной зоне. Однако в силу экономических и геополитических причин строительство и эксплуатация стационарных космодромов связано с целым рядом проблем, и поэтому альтернативным вариантом является создание плавающих пусковых установок, технологическое обслуживание которых может проводиться в условиях стационарной технической базы, расположенной в удобном месте, а для осуществления запуска пусковая установка перемещается в зону экватора [3].

**Плавающий надводный «Морской старт».** Для решения этой проблемы в 1993 г. были начаты переговоры о создании международного коммерческого плавающего космодрома «Морской старт» [4], в результате которых в 1995 г. в Калифорнии была зарегистрирована компания Sea Launch, ставшая оператором этого проекта. 40 % ее акций принадлежало компании Boeing, 25 % – российской государственной РКК «Энергия», 20 % – норвежской компании Aker, 15 % – украинским КБ «Южное» и ПО «Южмаш». При этом в качестве ракеты-прототипа была использована двухступенчатая РН «Зенит» разработки ГП «КБ «Южное»

(Украина). На доработанную ракету был дополнительно установлен разгонный блок (РБ) ДМ-SL ракетно-космической корпорации «Энергия» (Россия) и блок полезного груза с обтекателем фирмы «Боинг» (США). Пусковая установка (ПУ) РН «Зенит» и технологическое оборудование Конструкторского бюро транспортного машиностроения (Россия), необходимые для подготовки и пуска, смонтированы на доработанной самоходной платформе «Одиссей» на норвежском судостроительном предприятии Kvaerner (в настоящее время – Aker Solutions).

История создания пусковой платформы «Морской старт» начинается с японской нефтедобывающей морской платформы Ocean Odyssey, на которой 22 сентября 1988 г. во время добычи нефти в Северном море возник сильный пожар, после чего платформа была частично демонтирована и больше не использовалась. В августе 1993 г. РКК «Энергия» при проведении рекогносцировочных работ на своей базе в Приморске обнаружила на Выборгском судостроительном заводе платформу Odyssey, которая ремонтировалась там после пожара. В 1996–1999 гг. производилось переоборудование и полная пересборка платформы. В начале работы проводились на норвежской верфи Kvaerner, а потом её пригнали обратно на Выборгский судостроительный завод, на котором весь спектр работ и был завершён. [5]. Таким образом, морской сегмент пускового комплекса состоит из двух судов – плавучей самоходной стартовой платформы «Одиссей» с длиной ходовой части 137 м, шириной 80 м, водоизмещением на ходу 27,5 тыс. т, а в полузатопленном положении (перед стартом ракеты) – 46 тыс. т (рис. 1), и сборочно-командного судна длиной 203 м, шириной 33 метра и водоизмещением около 30 тыс. т (рис. 2), на котором производится сборка ракеты-носителя и КА, сборка и заправка разгонного блока, и на котором располагается центр управления запуском [6].

Полностью собранная РН с разгонным блоком и блоком полезного груза получила название «Ракета космического назначения», или РКН «Зенит-3SL». Ее стартовый вес составляет около 470 тс, длина – около 60 м [3].

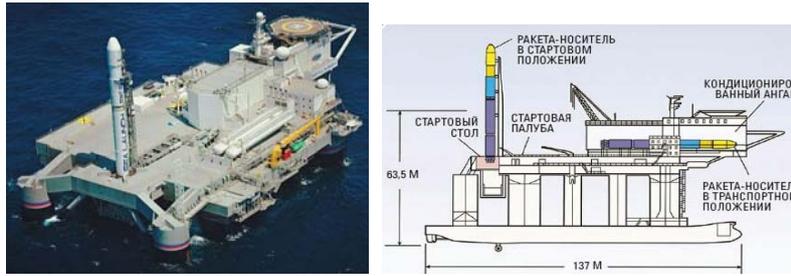


Рис. 1. Стартовая платформа проекта «Морской старт». На верхней палубе размещена капитанская рубка, на нижней палубе – оборудование для заправки двигателя ракеты-носителя горючим и система термостатирования [6]

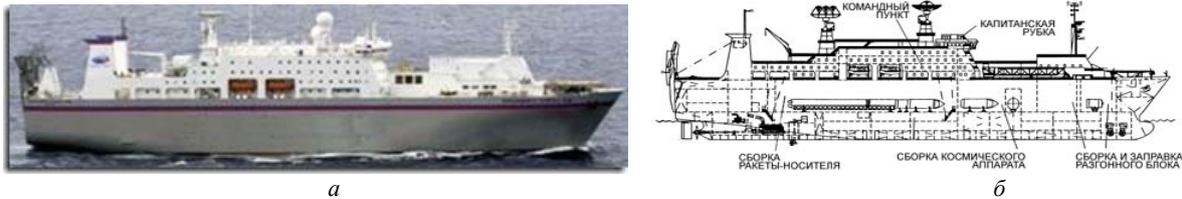


Рис. 2. Сборочно-командное судно, на котором производится сборка ракеты-носителя и космического аппарата, сборка и заправка разгонного блока и располагается центр управления запуском: а – фотография; б – схема (разрез) [6]

Ракетно-космический комплекс «Морской старт» предназначен [7] для запуска КА различного назначения на околоземные орбиты, включая высокие круговые, эллиптические, без ограничений по наклонению орбиты, геостационарную орбиту и отлетные траектории. Основные преимущества комплекса «Морской старт» перед наземными космодромами заключаются в возможности запусков с экватора, что позволяет максимально использовать эффект вращения Земли, а следовательно, повышает эффективность средств выведения по выводимой массе при запуске КА на геостационарную орбиту и, соответственно, снижает удельную стоимость их доставки на целевую орбиту, а также позволяет осуществлять запуски с любым азимутом из нейтральных океанских акваторий.

При запуске ракеты в восточном направлении ее скорость увеличивается за счет прибавления окружной скорости космодрома, которая представляет собой скорость его движения вокруг оси Земли благодаря суточному вращению планеты. Чем ближе космодром к экватору, тем больше дистанция между ним и земной осью вращения и тем выше его окружная скорость. В момент отрыва от поверхности Земли ракета имеет скорость, равную скорости вращения вокруг оси Земли той точки, из которой она запущена. Эта скорость складывается с собственной скоростью ракеты. Так как скорость суточного вращения Земли направлена с запада на восток, то именно в этом направлении выгодно запускать ракеты. У точек Земли, расположенных на разных широтах, скорость суточного вращения равна нулю на полюсах и достигает максимального значения в области экватора. Поэтому ракеты наиболее выгодно запускать из области экватора. При запуске ракеты с экватора (по сравнению с Байконуром) масса выводимой на геостационарную

орбиту полезной нагрузки может быть увеличена на 25–30 % при том же расходе топлива [8].

Следует отметить, что мысли об использовании ракетного принципа в космосе высказывались Циолковским ещё в 1883 г., однако строгая теория реактивного движения была изложена им в 1896 г., а опубликована в 1903 г. [9]. В этой работе приведена формула (она получила название формулы Циолковского), устанавливающая зависимость между скоростью ракеты в любой момент, удельным импульсом топлива и массой ракеты в начальный и конечный моменты времени. По формуле определяется максимальная скорость, которую может получить одноступенчатая ракета в идеальном случае, когда ее полет происходит не только вне пределов атмосферы, но и вне поля тяготения Земли. Обычно эта формула записывается в виде [10]

$$V_{\max} = u \ln M_0/M_K = u \ln(1 + M_T/M_K),$$

где  $u$  – эффективная скорость истечения продуктов сгорания из сопла реактивного двигателя;  $M_0$  – начальная (стартовая) масса ракеты;  $M_K$  – конечная (без топлива) масса ракеты после завершения работы двигателя на активном участке траектории;  $M_T$  – масса выгоревшего топлива. С помощью формул можно оценить возможности ракеты, которые обусловлены, в первую очередь, удельным импульсом ее реактивного двигателя и общим совершенством конструкции, определяющим оптимальное соотношение начальной и конечной масс.

При этом массу  $M_{КА}$  выводимого на рабочую орбиту КА можно определить, преобразовав формулу Циолковского в следующий вид:

$$M_{КА} = M_{ПГ} \cdot \exp \left[ -\frac{V_{ХАР}}{V_{И}} \right] - M_{СУХ},$$

где  $M_{ПГ}$  – масса полезного груза, выводимого ракетой космического назначения на заданную опорную орбиту;  $V_{И} = 2500\text{--}3200$  м/с – скорость истечения на срезе сопла РН;  $V_{ХАР}$  – величина характеристической скорости, организуемой разгонным блоком для проведения манёвров, определяется суммированием составляющих  $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3$ ;  $M_{СУХ}$  – масса РБ после выработки рабочих запасов окислителя и горючего, величина одинаковая для старта с экватора и Байконура.

При несовпадении плоскостей опорной и рабочей орбит в случае запуска с Байконура необходим пространственный разворот плоскости орбиты на угол  $\Delta i$  за счёт дополнительного приращения скорости  $\Delta V_3$  с выдачей РБ импульса коррекции на разворот в апогее орбиты (минимальные затраты на разворот):

$$\Delta V_1 = V_p - V_a,$$

где скорость на рабочей орбите  $V_p = V_o \cdot \sqrt{\frac{R_3}{r_p}}$ , скорость в апогее переходной орбиты

$$V_a = V_o \cdot \sqrt{\frac{2R_3}{r_p} - \frac{2R_3}{r_{оп} + r_p}},$$

где  $R_3 = 6371$  км – радиус Земли;  $r_p = 42000$  км – радиус-вектор рабочей круговой орбиты;  $r_{оп} = 6371 + 200 = 8371$  км – радиус-вектор опорной круговой орбиты;  $V_o = 3070$  м/с на геостационарной орбите:

$$V_a = 3070 \sqrt{\frac{2 \cdot 6371}{42000} - \frac{2 \cdot 6371}{8371 + 4200}} = 712 \text{ м/с},$$

$$\Delta V_1 = V_p = V_a = 1196 - 712 = 484 \text{ м/с},$$

$\Delta V_2 = V_n - V_{оп}$ ;  $\Delta V_{оп} = V_o \cdot \sqrt{\frac{R_3}{r_{оп}}}$  – скорость на опорной

$$\text{орбите, } \Delta V_{оп} = 3070 \sqrt{\frac{6371}{8371}} = 2678 \text{ м/с},$$

$$V_n = V_o \cdot \sqrt{\frac{2R_3}{r_{оп}} - \frac{2R_3}{r_{оп} + r_p}} = \\ = 3070 \sqrt{\frac{2 \cdot 6371}{8371} - \frac{2 \cdot 6371}{8371 + 42000}} = 3459 \text{ м/с},$$

$$\Delta V_2 = V_n - V_{оп} = 3459 - 2678 = 780,1 \text{ м/с};$$

$$\Delta V_3 = V_a - \text{tg} \Delta i = 712 \cdot 1,235 = 879,32 \text{ м/с};$$

$\Delta i = 51^\circ$  для Байконура;  $\Delta i = 0^\circ$  для экватора.

$$\text{Для Байконура: } V_{ХАРБ} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = \\ = 484 + 780,1 + 879,32 = 2143 \text{ м/с}.$$

$$\text{Для экватора: } V_{ХАРЭ} = \Delta V_1 + \Delta V_2 = \\ = 484 + 780,1 = 1264,1 \text{ м/с}.$$

Определяем соотношение масс КА, запускаемых с Байконура  $M_{КАБ}$  и с экватора  $M_{КАЭ}$ :

$$\frac{M_{КАБ}}{M_{КАЭ}} = \frac{\exp\left[-\frac{V_{ХАРБ}}{V_{И}}\right]}{\exp\left[-\frac{V_{ХАРЭ}}{V_{И}}\right]} = \frac{\exp\left[-\frac{2143,42}{2500}\right]}{\exp\left[-\frac{1264,1}{2500}\right]} =$$

$$= \frac{\exp - 0,8574}{\exp - 0,5056} = \frac{0,42426}{0,60314} \approx 0,66.$$

Таким образом, приведенные расчеты показали, что при запуске КА с экватора его масса может быть больше на 34 %, чем при запуске с Байконура. И, что не менее важно, при этом исключается зависимость от политических рисков, упрощается межгосударственное взаимодействие при проведении запусков КА, а также исключается необходимость отчуждения земли, как под космодром с соответствующей зоной безопасности, так и под районы падения отделяемых ступеней ракеты-носителя и створок обтекателя космического аппарата. Запуски с космодрома «Морской старт» производятся из экваториальной зоны в Тихом океане ( $154^\circ$  западной долготы,  $0^\circ$  южной широты), расположенной вблизи острова Рождества. Обеспечивается вывод на геопереходную орбиту космических аппаратов с массой до 6,1 т. При реализации проекта отпадает необходимость в развитой наземной инфраструктуре и связанной с ней социально ориентированной сфере, что позволяет резко сократить численность персонала, участвующего в проведении работ, и, следовательно, стоимость эксплуатации. «Морской старт» является единственным в мире космодромом, осуществляющим запуски прямо с экватора. Он же – первый в мире частный международный космодром.

Перед запуском понтоны платформы затапливаются с погружением ее колонн в воду до отметки 21,5 м, и положение стартовой площадки в пространстве максимально стабилизируется и поддерживается системой динамического позиционирования и другими системами контроля и управления, расположенными на командном судне. Затем из ангара платформы вывозится и устанавливается на пусковом столе вертикально с помощью транспортера-подъемника, управление которым, так же, как и всеми последующими действиями, ведется с командного судна, ракета-носитель с укрепленным на ней спутником. Там она опускается на опоры и состыковывается со всеми заправочными коммуникациями. После проверки работоспособности всех электрических систем и космических аппаратов экипаж платформы переходит на командное судно, и все последующие операции запуска ведутся автоматически и управляются с командного судна. В ракету подается горючее и кислород, включается работа двигателя, но ракета остается на месте до набора им нормальной тяги. Чтобы не повредить при этом огнем оборудование пускового стола, его охлаждают в это время мощными потоками воды. Момент своей готовности к полету ракета определяет сама и, освобождаясь от опор, начинает взлет, а опоры под действием собственной силы тяжести возвращаются в исходное положение.

В период с 1999 г. до консервации проекта «Морской старт» в 2014 г. с плавучей платформы в экваториальных водах Тихого океана при помощи ракеты-носителя «Зенит-3SL» российско-украинского производства было произведено 36 пусков КА (больше двух в год) с выводением на соответствующие орбиты КА разных стран различного гражданского назначения. Из них только 4 оказались неудачными по разным несистемным причинам [11].

Однако в 2009 г. Sea Launch столкнулась с финансовыми трудностями и подала заявление о банкротстве [4]. Стоимость ее активов на тот момент составляла до 500 млн долл., а долг достигал 1 млрд долл. В 2010 г. компания договорилась с РКК «Энергия» о выходе из процедуры банкротства. После реорганизации дочернее предприятие РКК «Энергия» Energia Overseas Ltd получило контроль над 95 % акций Sea Launch, остальная доля была распределена между компаниями Boeing (3 %) и Aker (2 %). Запуски планировалось возобновить в 2011 г. В 2014 г. компания Boeing добилась ареста имущества компании и запрета на все сделки из-за долгов остальных акционеров. Она взыскала с РКК «Энергия» 320 млн долл., а с украинских ПО «Южмаш» и КБ «Южное» (были акционерами проекта «Морской старт»), но вышли из проекта после банкротства) – 190 млн долл. своих расходов по оплате долгов проекта «Морской старт».

При этом появилась информация [12; 13], что РКК «Энергия» продает космодром коммерческой авиакомпании S7 Airlines (второй по пассажиропотоку российский перевозчик, владеет авиакомпаниями «Сибирь» и «Глобус»). Общая сумма сделки составила около 160 млн долл. США.

При этом роль S7 в российской космической программе отнюдь не будет ограничиваться только одним запуском. В конце сентября 2016 г. было объявлено, что S7 стала владельцем плавучего космодрома «Морской старт». Возобновление запусков с морской платформы «Одиссей» ожидается в 2018 г. Причем базирование платформы может быть организовано в любом порту, включая российские, вместо нынешней базы «Морского старта» порта Лонг-Бич в американской Калифорнии. Причем формально даже российский порт прописки такой стартовой платформы не отменит юридического факта: от момента покупки «Одиссея» и «Си Ланч Коммандера» (обеспечивающего корабля – плавучего ЦУПа и монтажно-испытательного корпуса) этот космодром будет принадлежать уже не российскому государству, а частной российской компании, что позволит во многом обойти как существующие, так и будущие санкции против России. Например, можно будет продолжить использование достаточно удачных украинских ракет «Зенит» для запусков коммерческих нагрузок, что и было озвучено в планах S7 по будущему использованию космодрома «Морской старт».

В дополнение к этой информации следует отметить, что президент России В. Путин на выступлении 12 ноября 2016 г. в Ярославле перед рабочими завода «Автодизель» сообщил, что в космическую отрасль могут прийти частные инвестиции [14]. А 11 ноября, буквально за день до выступления президента, было официально объявлено, что частная авиакомпания S7 в июле 2017 г. произведет первый космический запуск ракеты «Зенит» с первым спутником связи Анголы Angosat. Появление авиакомпании S7 в качестве оператора запуска продиктовано и политическим моментом, в связи с тем, что подготовка пуска могла перерасти в бесконечный процесс согласования с Украиной. В случае же использования S7 как формального посредника РКК «Энергия» сможет избежать согла-

сования с украинской СБУ вопроса прибытия из Днепропетровска специалистов завода-изготовителя для обеспечения старта – в этом случае украинская ракета с ангольским аппаратом формально стартует с казахстанского космодрома по заказу частной российской компании.

Тем не менее, как технические проблемы, связанные с пуском КА с открытого водного пространства, так и экономические проблемы останутся на прежнем уровне, среди них одной из основных технических проблем проекта является необходимость обеспечения безопасного старта, так как под действием ветра и волн стартовая платформа совершает сложное непрерывное движение в пространстве. Эти колебания, а также наличие значительных, по сравнению с наземным стартом, статических перекосов ПУ существенно усложняют обеспечение безопасного старта. К тому же, в отличие от наземного стартового комплекса, когда практически не накладываются ограничения на расположение технологического оборудования, возможности размещения такого оборудования на автономной плавающей платформе значительно ограничены, и это требует применения специальных защитных мер, реализация которых усложнена ограниченными габаритами и грузоподъемностью стартовой платформы [3].

**Плавучий подводный «Морской старт».** Однако в связи с высокой стоимостью как собственно плавсредств проекта (стартовая платформа и сборочно-командное судно), так и их эксплуатации [15], а также дороговизны расконсервации, прорабатывалась возможность более экономичного запуска КА с использованием подводных лодок. И такой опыт уже имел место (рис. 3). Так, 7 июля 1998 г. впервые из подводного положения ракетным подводным крейсером Северного флота «Новомосковск» с акватории Баренцева моря с помощью ракеты-носителя «Штиль» были выведены на низкую околоземную орбиту (параметры: в апогее – 411 км, в перигее – 829 км, наклонение плоскости орбиты – 78,8°) разработанные Берлинским техническим университетом микроспутники Tubsat-N с массой 8,5 кг и размерами 320×320×104 мм (рис. 3, а) и Tubsat-N1 с массой 3,0 кг и размерами 320×320×34 мм (рис. 3, б) [16], предназначенные для обеспечения мобильной связи, исследования магнитных полей Земли и подсчета численности северных животных через систему GPS. Главные участники проекта с российской стороны – ГРЦ «КБ имени Макеева», ВМФ, РВСН, Министерство экономики и Российское космическое агентство [17]. Причем, одной из задач пуска стало решение вопроса безопасности эксплуатации и продления гарантийных сроков службы баллистических ракет РСМ-54 («Синева») [18] на флоте. Следует отметить, что это был уже не первый запуск коммерческого спутника: в 1995 г. ракетный подводный крейсер произвел запуск баллистической ракеты по наземному полигону в районе полуострова Камчатка. При этом за 20 мин на расстояние почти 9000 км были доставлены 1260 конвертов с символикой экспериментатора Elrabecq, осуществленного в рамках российско-германского проекта «ТКМ-Волна». Помимо доставки почты был выполнен ряд других экспериментов.

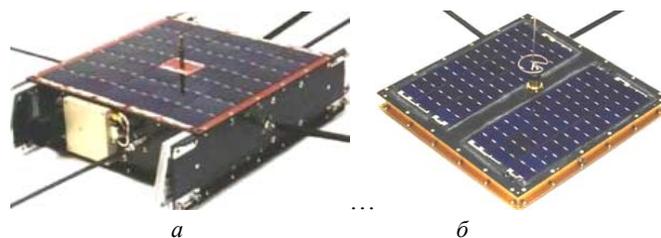


Рис. 3. Микроспутники Tubsat-N (а) и Tubsat-N1 (б), запущенные с АПЛ «Новомосковск» ракетой-носителем «Штиль»

Поэтому в профессиональном плане предстоящая работа у подводников объединения вопросов не вызвала. По решению командования ВМФ и СФ выполнение задачи было поручено одному из лучших экипажей подводных ракетносцев Северного флота «Новомосковск». Запуск спутника был предусмотрен еще в конце 1997 г.

В 1991 г. в соответствии с программой «Бегемот» [19] корабль впервые в мире совершил уникальную стрельбу из подводного положения полным боекомплектом из шестнадцати баллистических ракет в одном залпе. Затем всю программу, образно говоря, положили под сукно на несколько лет. Вскоре в состав флота вошел «Новомосковск», на который и возложили ответственную задачу. Одновременный старт шестнадцати ракет – это технически сложнейшая задача, связанная с необходимостью удерживания РПКСН в жестких нормативах режима стрельбы и, в первую очередь, на заданной глубине в «стартовом коридоре». Освобожденная от веса сотен тонн выпущенных ракет субмарина, окутанная парогазовым облаком, словно поплавок, стремится вылететь на поверхность. Необходимо обеспечить неизменными глубину, скорость хода, крен, дифферент. Проблема решается безотказной и слаженной работой всех технических средств корабля и экипажа.

В бортовую аппаратуру пришлось ввести новое полетное задание, во многом отличное от штатного режима, установить новые блоки аппаратуры. Разница от штатного пуска состояла в том, что спутник предстояло выводить в пиковую точку орбиты, пока двигателям носителя хватит горючего. Когда стояли под нагрузкой изделия со спутником в головной части, на действующем макете ракеты трижды выполняли алгоритм боевого режима, и каждый раз техника работала безотказно. К моменту выполнения стрельбы все элементы задачи были отработаны в мельчайших деталях до автоматизма.

А 26 мая 2006 г. также из акватории Баренцева моря с АПЛ «Екатеринбург» с помощью ракеты-носителя «Штиль-1Н» был выведен на гелиосинхронную орбиту международный исследовательский спутник «Компас-2» (Complex Orbital Magneto-Plasma Autonomous Small Satellite) массой 86 кг (перигей 400–500 км, апогей 620 км), предназначенный для проведения экспериментов по исследованию возможности обнаружения предвестников землетрясений и следов радиоактивных загрязнений в интересах создания космической системы мониторинга природных и техногенных катастроф «Вулкан» [20].

Известно также [21], что ОАО «Государственный ракетный центр имени Макеева» с 2001 г. проводит запуски экспериментальных аппаратов для отработки перспективных технологий в условиях реального космического полета. Совместно с ВМФ было проведено более десяти запусков исследовательских КА дооборудованными ракетами в конце сроков их эксплуатации. И сегодня возможно выполнение таких задач с помощью ракет Р-29РМ («Штиль») и Р-29Р («Волна»), как отмечается в работе [22], что является следствием высокой адаптивности российских ракет, которая позволяет проводить разнообразные эксперименты в космическом пространстве.

**Заключение.** Представленный в работе материал показывает, что проект «Морской старт» является перспективным проектом аэрокосмической отрасли в отношении применения средств доставки КА из любой точки Мирового океана на различные орбиты с помощью подводных лодок, что является более надежным и экономичным, чем пуски с применением проекта, использующего тандем из пусковой платформы и сборочно-командного судна. Сопоставление габаритов пусковых шахт подводных лодок, по крайней мере тех, с которых уже производились пуски, и массово-габаритных характеристик КА различного назначения подтверждает такую возможность.

#### Библиографические ссылки

1. Тестоедов Н. А., Кольга В. В., Семенова Л. А. Проектирование и конструирование баллистических ракет и ракет-носителей / СибГАУ. Красноярск, 2014. 308 с.
2. Чеботарев В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения / СибГАУ. Красноярск, 2011. 488 с.
3. Результаты анализа динамики старта РКН «Зенит-3SL» с находящейся на плавучей морской стартовой платформы / А. В. Дегтярева [и др.] // Проектирование аэрокосмических летательных аппаратов. 2013. № 9. С. 25–31.
4. Пятьдесят лет активного освоения космоса: открытия, достижения, трагедии / Г. Горенко [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. XXV, № 4. С. 104–121.
5. Российский плавучий космодром «Морской старт» [Электронный ресурс]. URL: [http://pikabu.ru/story/rossiyskiy\\_plavuchiy\\_kosmodrom\\_quotmorskoy\\_startquot\\_\\_dlinnopost\\_3848110](http://pikabu.ru/story/rossiyskiy_plavuchiy_kosmodrom_quotmorskoy_startquot__dlinnopost_3848110) (дата обращения: 20.12.2016).

6. Алиев В. Космодром поплывет к экватору // Наука и жизнь. 1998. № 3. С. 44–47.

7. Проект «Морской старт». Назначение комплекса [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energia.ru/ru/launchers/sea-launch/purpose.html> (дата обращения: 30.09.2016).

8. Почему ракеты выгоднее запускать с экватора [Электронный ресурс] // Weekend. 2010. 12–14 февр. URL: <https://ria.ru/infografika/20100212/208836933.html> (дата обращения: 09.12.2016).

9. Циолковский К. Исследование мировых пространств реактивными приборами [Электронный ресурс] // Научное обозрение. 1903. № 5. URL: <http://www.epizodsspace.narod.ru/bibl/dorev-knigi/ciolkovskiy/issl-03sovr.html#1> (дата обращения: 15.11.2016).

10. Голованов Л. В. Формула Циолковского // Земля и Вселенная. 2002. № 2. С. 76–85.

11. Проект «Морской старт». Хронология пусков [Электронный ресурс] URL: <http://www.energia.ru/ru/launchers/sea-launch/chron-sl.html> (дата обращения: 03.10.2016).

12. Стецко Е. «Морской старт» сменит владельца [Электронный ресурс] // Ведомости. 2016. 29 августа. № 4148. URL: <http://www.vedomosti.ru>.

13. Pyadushkin M. Second chance for Sea Launch // Russia & CIS Observer. 2016. № 1. P. 27–28.

14. Путин предрек частные инвестиции в космос: появится ли у России свой Маск? [Электронный ресурс]. URL: <https://cont.ws/post/429153> (дата обращения: 20.12.2016).

15. Центр Хруничева: «Морской старт» экономически недостаточно эффективен [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/space/20140224/996788964.html> (дата обращения: 14.12.2016).

16. Первый в мире запуск спутника с подводной лодки из подводного положения [Электронный ресурс]. URL: [http://flot.com/news/dayinhistory/?ELEMENT\\_ID=148004](http://flot.com/news/dayinhistory/?ELEMENT_ID=148004) (дата обращения: 14.12.2016).

17. Курганов И. Спецрепортаж [Электронный ресурс]. URL: <http://www.submarines.narod.ru/report03-4.html> (дата обращения: 03.10.2016).

18. Баллистическая ракета подводных лодок Р-29РМ (PCM-54) [Электронный ресурс]. URL: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/r29pm/r29pm.shtml> (дата обращения: 03.10.2016).

19. Залповый пуск 16-ти ракет из-под воды – операция «Бегемот» [Электронный ресурс]. URL: <http://sanyaz.livejournal.com/6942.html> (дата обращения: 03.10.2016).

20. Tracking Compass 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zarya.info/Tracking/Compass-2.php> (дата обращения: 03.10.2016).

21. Конверсионные космические пуски морских ракет «Штиль» могут возобновиться – гендиректор ГРЦ им. Макеева [Электронный ресурс]. URL: <http://www.militarynews.ru/story.asp?rid=1&nid=360608> (дата обращения: 09.09.2016).

22. Юдин М. С., Шевченко Г. Ю. Использование военных баллистических ракет подводного базирования в качестве ракетоносителей в гражданских целях // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : мате-

риалы XII Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. Т. 1 / СибГАУ. Красноярск, 2016. С. 178–179.

## References

1. Testoedov N. A., Kol'ga V. V., Semenova L. A. *Proektirovanie i konstruirovani ballisticheskikh raket i raket-nositeley* [The design and construction of ballistic missiles and carrier rockets]. Krasnoyarsk, SibGAU Publ., 2014, 308 p.

2. Chebotarev V. E., Kosenko V. E. *Osnovy proektirovaniya kosmicheskikh apparatov informatsionnogo obespecheniya* [Fundamentals of spacecraft design information support]. Krasnoyarsk, SibGAU Publ., 2011, 488 p.

3. Degtyarev A. V., Degtyareva E. A., Novikov A. V. et al. [The results of the analysis of the dynamics of start space rocket “Zenit-3SL” with the afloat sea launch platform]. *Proektirovanie aerokosmicheskikh letatel'nykh apparatov*. 2013, No. 9, P. 25–31 (In Russ.).

4. Gorenko G., Sazhin V. B., Seldinas I. et al. [Fifty years of active space exploration: discoveries, achievements, tragedy]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*. 2011, Vol. XXV, No. 4, P. 104–121 (In Russ.).

5. Russian floating cosmodrome Sea Launch. Available at: [http://pikabu.ru/story/rossiyskiy\\_plavuchiy\\_kosmodrom\\_quotmorskoy\\_startquot\\_\\_dlinnopost\\_3848110](http://pikabu.ru/story/rossiyskiy_plavuchiy_kosmodrom_quotmorskoy_startquot__dlinnopost_3848110) (accessed 20.12.2016).

6. Aliev V. [The spaceport will float to the equator]. *Nauka i zhizn'*, 1998. No. 3, P. 44–47 (In Russ.).

7. *Proekt “Morskoy start”. Naznachenie kompleksa* [The project “Sea start”. The purpose of a complex]. Available at: <http://www.energia.ru/ru/launchers/sea-launch/purpose.html> (accessed 30.09.2016).

8. *Pochemu rakety vygodnee zapuskat' s ekvatora* [Why rockets are cheaper to launch from the equator]. Weekend. 12-14.02.2010. Available at: <https://ria.ru/infografika/20100212/208836933.html> (accessed 09.12.2016).

9. Tsiolkovskiy K. [Study of outer space rocket appliances]. *Nauchnoe obozrenie*. 1903, No. 5 (In Russ.). Available at: <http://www.epizodsspace.narod.ru/bibl/dorev-knigi/ciolkovskiy/issl-03sovr.html#1> (accessed 15.11.2016).

10. Golovanov L. V. [Tsiolkovsky's formula]. *Zemlya i Vselennaya*. 2002, No. 2, P. 76–85 (In Russ.).

11. *Proekt “Morskoy start”. Khronologiya puskov* [The project “Sea launch”. Chronology of launches]. Available at: <http://www.energia.ru/ru/launchers/sea-launch/chron-sl.html> (accessed 03.10.2016).

12. Stetsko E. [“Sea launch” will be replaced by the owner]. *Vedomosti*. 29.08.2016. No. 4148 (In Russ.). Available at: <http://www.vedomosti.ru> (accessed 20.12.2016).

13. Pyadushkin M. Second chance for Sea Launch. *Russia & CIS Observer*. 2016, No. 1, P. 27–28.

14. *Putin predrek chastnye investitsii v kosmos: poyavitsya li u Rossii svoy Mask?* [Putin predicted private investment in space: will Russia your Mack]. Available at: <https://cont.ws/post/429153> (accessed 20.12.2016).

15. *Tsentr Khrunicheva: “Morskoy start” ekonomicheski nedostatocno effektivn* [Khrunichev center: “Sea launch” economically not efficient enough]. Available at: <https://ria.ru/space/20140224/996788964.html> (accessed 14.12.2016).

16. *Pervyy v mire zapusk sputnika s podvodnoy lodki iz podvodnogo polozheniya* [The world's first satellite launch from a submarine from a submerged position]. Available at: [http://flot.com/news/dayinhistory/?ELEMENT\\_ID=148004](http://flot.com/news/dayinhistory/?ELEMENT_ID=148004) (accessed 14.12.2016).

17. Kurganov I. *Spetsreportazh* [Special report]. Available at: <http://www.submarines.narod.ru/report03-4.html> (accessed 03.10.2016).

18. *Ballisticheskaya raketa podvodnykh lodok R-29RM (RSM-54)* [Ballistic missile submarines R-29PM (RSM-54)]. Available at: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/r29pm/r29pm.shtml> (accessed 03.10.2016).

19. *Zalpovyy pusk 16-ti raket iz-pod vody – operatsiya “Begemot”* [Salvo launch 16 missiles from under water operation “Begemot”]. Available at: <http://sanyaz.livejournal.com/6942.html> (accessed 03.10.2016).

20. Tracking Compass 2. Available at: <http://www.zarya.info/Tracking/Compass-2.php> (accessed 03.10.2016).

21. *Konversionnye kosmicheskie puski morskikh raket “Shtil” mogut vozobnovit’sya – gendirektor “GRTs Makeeva”* [Conversion space marine launches of missiles “Calm” can be renewed – the General Director “GRTS Makeeva”]. Available at: <http://www.militarynews.ru/story.asp?rid=1&nid=360608> (accessed: 09.09.2016).

22. Yudin M. S., Shevchenko G. Yu. [The use of military ballistic submarine-based missiles as launch vehicles for civilian purposes]. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики: materialy XII Mezhdunar. nauchno-praktich. konf.* [Actual problems of aviation and Astronautics: materials of the XII Intern. scientific-practical. Conf.] Krasnoyarsk, SibGAU Publ., 2016, Vol. 1, P. 178–179.

© Тестоедов Н. А., Двирный В. В.,  
Крушенко Г. Г., Двирный Г. В., 2017