

УДК 629.764.01

К.В. БЕЗРУЧКО, А.О. ДАВИДОВ, В.М. СВИЩ, А.А. ХАРЧЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***КЛАССИФИКАЦИЯ И СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**

В статье рассмотрены важнейшие запуски пилотируемых и беспилотных космических аппаратов за последние десять лет. Приведена сравнительная характеристика и состав технологического оборудования стартовых комплексов современных ракет-носителей. Проведена классификация стартовых комплексов в зависимости от: класса ракеты-носителя, способа сборки и транспортировки, метода подготовки ракеты космического назначения, места дислокации, возможности перемещения в пространстве, числа стартовых площадок, степени универсальности. В статье также приведены примеры стартовых комплексов соответствующих различным классам.

Ключевые слова: космодром, стартовый комплекс, ракета-носитель, ракета космического назначения, стартовая площадка.

Введение

Трудно представить жизнь современного человека без участия различных космических аппаратов – спутников связи (телевидение, радио, телефония, широкополосная связь, мобильная связь), навигационных спутников (глобальная система позиционирования GPS), метеорологических спутников, геологоразведочных спутников. Однако запуск таких аппаратов требует больших затрат и в первую очередь возможности и места для запуска. Традиционно для запусков космических аппаратов на орбиту Земли или на межпланетные траектории используются космодромы. В настоящее время в мире известно двадцать космо-

дромов, из которых активно используется только двенадцать (по три в России и США, по два в Китае и Японии и по одному во Франции и Индии) [1, 2]. Одни из этих космодромов используются для запуска и пилотируемых и беспилотных космических аппаратов, а другие только для беспилотных космических аппаратов. Ниже приведен перечень космодромов, с территории которых производились запуски пилотируемых (табл. 1) и беспилотных космических аппаратов (табл. 2). В данной статье приведена классификация и сравнительные характеристики основного комплекса космодрома, без которого невозможно произвести запуск космического аппарата, а именно – стартового комплекса.

Таблица 1

Запуски пилотируемых космических аппаратов (в период с 2000 года)

Космодром	Координаты	Стартовый комплекс	Ракета-носитель	Всего полетов
Байконур, Казахстан [1]	45°57'45" с.ш. 63°18'34" в.д.	СП 1	Союз-ТМ 30-34	5
			Союз-ТМА 1-18	18
Космический центр Кенеди, США [2]	28°36'30" с.ш. 80°36'15" з.д.	LC39	STS 99-132	36
Jiuquan Satellite Launch Center, Китай [2]	40°57'28" с.ш. 100°17'30" в.ш.	SLS	Long March 2F	3
Mojava Spaceport, США [2]	35°03'34" с.ш. 118°09'06" з.д.	взлётно-посадочная полоса	White Knight	3

1. Общая характеристика стартовых комплексов

Стартовый комплекс – это составная часть космического комплекса, предназначенная для проведения предстартовой подготовки средств выведения и космических объектов и осуществления их пуска. Стартовый комплекс представляет собой функцио-

нально целостную компактную структуру, предназначенную для осуществления пуска ракеты космического назначения. Космодромы могут содержать один и более стартовых комплексов.

В состав стартового комплекса входит технологическое оборудование способное выполнять технологические функции, возложенные на стартовый комплекс (рис. 1) [3, 4].

Таблица 2

Запуски беспилотных космических аппаратов (в период с 2000 года)

Ракеты-носители	Космодром, стартовый комплекс	Масса полезной нагрузки, т	Кол-во ступеней	Стоимость запуска
Союз ФГ	Байконур, СК 1 и 31	7,1–7,8 (LEO); 4,5 (800км SSO)	2-3	\$35–40 млн
Союз 2	Байконур, СК 31; Плесецк, СК 43/4	7,8 (LEO); 4,5 (800км SSO)	2-3	\$35–40 млн
Зенит-2М	Байконур, СК 45/1	13,7 (LEO)	2	~\$45 млн.
Зенит-3SL	Sea Launch; Байконур, СК 45/1	6,1 (LEO); 3,965 (MEO); 1,84 (GEO); 3,7 -6,05 (GTO)	3	~\$90 млн.
Протон М и К	Байконур, СК 200 и 81	20,7-22 (LEO); 4,35-5,6 (GTO)	3-4	~\$80 млн.
Космос 3М	Капустин Яр, СК 107; Плесецк, СК 132 и 133/3	1,5 (LEO); 0,775 (SSO)	2	~\$8 млн.
Delta IV	Cape Canaveral, SLC-17 и 37; Vandenberg, SLC-2 и 6	8,6-25,8 (LEO); 3,9-10,84 (GTO)	2	\$140 - 170 млн.
Atlas II, III, V	Cape Canaveral, SLC-36 и 41; Vandenberg, SLC-3	6,5–29,4 (LEO); 2,8–13,0 (GTO)	2 - 3	\$85 - 115 млн.
Titan IV	Cape Canaveral, SLC-40-41; Vandenberg, SLC-4	17,6-21,7 (LEO); 5,7 (GSO, HSO)	3-5	\$250–350 млн.
Athena I	Kodiak, LC 1	0,8 - 1,9 (LEO)	2-3	\$16–22 млн.
Mu	Kagoshima	1,3 – 1,8 (LEO)	3-4	
Ариане 4 и 5	Guiana Space Centre, ELA-3; Kourou, ELA-2	5,0 – 21 (LEO); 2,0 – 10,5 (GTO)	2	\$70–115 млн.
PSLV	Sriharikota	3,3 (LEO); 1,6 (HCO); 1,1 (GTO)	4	
GSLV	Satish Dhawan	5,1 (LEO); 2,0 – 2,5 (GTO)	3	
Н-II	Tanegashima, LC-Y	10 (LEO); 3,9 (GTO)	2	\$120 млн.
Shavit	Palmachim	0,35 – 0,8 (LEO)	4	
Pegasus	Lockheed L-1011	0,44 (LEO)	1	\$30 млн.
Старт-1	Свободный, СК 5; Плесецк, СК 158	0,53 (LEO); 0,17 (SSO)	4	
Штиль	Подводная лодка К-84 «Екатеринбург»	0,1 – 2,8 (LEO)	3	\$4,5 млн.
Днепр-1	Ясный	4,5 (LEO); 3,2 (ISS); 0,5 (TLI)	3-5	€18 млн.
Minotaur	Vandenberg, SLC-8; MARS, LP-0B	0,58-1,74 (LEO); 0,33 (SSO); 0,4 (8000 км); 3,0 (5000 км)	4-5	
Falcon	Cape Canaveral, SLC-40; Omelek Island	0,7-32,0 (LEO); 1,0-15,0 (GTO); 0,43 (SSO)	2	\$7-90 млн.
Safir	Semnan	0,027 (LEO)	2	

К таким технологическим функциям относятся: транспортирование и установка ракеты-носителя на пусковое устройство; вертикализация ракеты-носителя; стыковка бортовых коммуникаций ракеты-носителей с системами стартового комплекса, обеспечивающими предстартовую подготовку и пуск ракеты-носителя; прицеливание ракеты-носителя; предстартовые проверки бортовых систем ракеты-носителя; заправка ракеты-носителя компонентами ракетного топлива, а также разгонных бло-

ков низкокипящими компонентами топлива; набор готовности и пуск ракеты-носителя.

Стартовый комплекс включает в себя область, с которой производится старт ракет и область, на которой производится приземление компонентов ракеты-носителя. А также станции слежения, камеры и другие средства для оценки процесса запуска. Также в состав стартового комплекса может входить взлетно-посадочная полоса для взлета и приземления многоразовых космических аппаратов.



Рис. 1. Состав технологического оборудования стартового комплекса

Обычно стартовый комплекс состоит из зоны обслуживания и зоны старта. Зона обслуживания обеспечивает возможность доступа к стартовой площадке для осмотра ракеты-носителя до запуска. В зоне старта находятся средства подачи ракетного топлива, газов, электроэнергии, а также линии связи с ракетой-носителем.

2. Классификация стартовых комплексов

Выбор варианта стартового комплекса определяется целевыми задачами, возлагаемыми на космодром и принимаемыми техническими решениями при его создании. основополагающее значение для определения облика стартового комплекса имеют технические характеристики пускаемой с него ракеты космического назначения. К основным таким характеристикам относятся: масса стартовой ракеты космического назначения; выбранные для ракеты-носителя компоненты ракетных топлив; условия транспортировки ракеты-носителя; требования по условиям пуска ракеты-носителя; технология работ по подготовке к пуску и пуску ракет-носителей; оперативные характеристики нахождения ракеты-носителя в определенных состояниях готовности к пуску; способ пуска; требования по безопасности.

Таким образом, исходя из этих требований (характеристик) можно провести сравнительную оценку вариантов стартовых комплексов и выделить следующие признаки по которым можно классифицировать стартовые комплексы: класс ракеты-носителя; способ сборки и транспортировки; метод подготовки ракеты космического назначения; место дислокации; возможность перемещения в пространстве; число стартовых площадок; степень универсальности.

По **классу ракет-носителей** все стартовые комплексы подразделяются на следующие (табл. 3) [2, 3, 5].

По **способу сборки и транспортировки** ракеты-носителя к стартовой площадке различают два

основных типа стартовых комплексов – горизонтальная и вертикальная.

Горизонтальный способ сборки и транспортировки использовался в Советском союзе для всех типов ракет-носителей. В тоже время ракета-носитель Saturn Космического центра им. Кеннеди, собирается и транспортируется на стартовую площадку в вертикальном виде. Такая же система использовалась для ракет-носителей Ariane Космического центра Гвиана во Французской Гвиане. На станции военно-воздушных сил на Мысе Канаверал используется как горизонтальный (ракета-носитель Titan), так и вертикальный (ракета-носитель Atlas V) способ транспортировки. Также горизонтальный способ сборки и транспортировки применяется на стартовых комплексах таких ракет-носителей как: Delta IV, Falcon 1, Протон и Falcon 9. Ракета-носитель Zenit 3SL (Sea launch), транспортируется по морю горизонтально на борту переоборудованной нефтяной платформы Ocean Odyssey.

В настоящее время известны два основных **метода подготовки ракет-носителей к пуску**. Это фиксированный и мобильный методы.

При мобильном методе подготовки ракета-носитель собирается и проходит необходимый объем испытаний в монтажно-испытательном корпусе технического комплекса и транспортируется с космической головной частью на стартовый комплекс, где осуществляются ее дальнейшая подготовка и пуск. Этот метод подготовки предполагает наличие двух территориально разделенных комплексов для проведения операций по подготовке носителя к пуску: технического и стартового. Эти комплексы связаны между собой транспортными коммуникациями, обеспечивающими доставку транспортного комплекса с ракетой-носителем и космическим аппаратом на стартовую площадку стартового комплекса. Такой метод подготовки ракет-носителей к пуску используется на стартовых комплексах космодрома Alcântara. При фиксированном методе подготовки ракет-носителей в монтажно-испытательном корпусе технического

комплекса проходят необходимую подготовку только ее отдельные блоки. Сборка и испытания ракеты-носителя осуществляются на стартовой площадке стартового комплекса. Возможен также вариант, ко-

гда и работы по проверке отдельных блоков проводятся на стартовом комплексе. В этом случае практически отпадает необходимость в транспортном комплексе.

Таблица 3

Классификация стартовых комплексов по классу ракеты-носителя

Класс ракеты-носителя	Ракета-носитель	Космодром, стартовый комплекс
Сверхтяжелый	Ages V	Kennedy Space Center, LC-39A
	Энергия	Байконур, СК 250
	Saturn	Kennedy Space Center, LC-39
Тяжелый	Space Shuttle	Kennedy Space Center, LC-39; Vandenberg AFB, SLC-6
	Titan IV	Cape Canaveral, SLC-40/41; Vandenberg AFB, SLC-4E
	Протон	Байконур, СК 200 и СК 81
	Delta IV	Cape Canaveral, SLC-37B; Vandenberg AFB, SLC-6
	Atlas V	Cape Canaveral, SLC-41; Vandenberg AFB, SLC-3E
	Ariane 5	Guiana Space Centre, ELA-3
Средний	Союз-2	Байконур, СК 31/6; Плесецк, СК 43; Guyanais, ELS
	Молния М	Байконур, СК 1 и СК 31; Плесецк, СК 16, 41 и 43
	Зенит-3SL	Ocean Odyssey
	Falcon 9	Cape Canaveral, SLC-40; Omelek Island
	GSLV Mk III	Satish Dhawan Space Centre
	H-II/B	Tanegashima, LA-Y
Легкий	Днепр	Байконур, СК 109; Ясный
	Космос-3М	Плесецк, СК 132 и 133/3; Капустин Яр, СК 107
	Циклон-4	Alcântara; Байконур, СК 90; Плесецк, СК 32
	Старт-1	Свободный, СК 5; Плесецк, СК 158
	Рокот	Байконур, СК 131 и 175/1; Плесецк, СК 133 и 133/3
	ASLV	Sriharikota
	Diamant	Hammaguir, A; Kourou, B/BP4
	Long March 4	Taiyuan; Jiuquan
	N-II	Tanegashima, LA-N
	Black Arrow	Woomera, LA-5B
	Falcon 1	Omelek Island; Vandenberg AFB
	Minotaur V	Vandenberg AFB, SLC-8; MARS, LP-0B; Kodiak, LP-1
	Shavit	Palmachim Airbase
	Vega	Centre Spatial Guyanais, ELA-1

По месту дислокации все стартовые комплексы можно разделить на: наземные (Старт, Союз, Titan, Ми и др.); подземные, шахтные (Рокот, Днепр и др.); надводные (Зенит); подводные (Штиль); воздушные (Pegasus, White Knight).

По возможности перемещения в пространстве все стартовые комплексы делятся на: стационарные (Космос, Молния, ASLV, Diamant, Long March и др.); мобильные (Старт, Штиль, Pegasus, White Knight).

Как правило в состав стартовых комплексов может входить несколько **стартовых площадок**. Например стартовые комплексы 1 и 31 космодрома Байконур имеют по одной стартовой площадке. В тоже время Space Launch Complex 3 и 4 космодрома Vandenberg AFB и Launch Complex 39 Kennedy Space Center имеют по 2 стартовых площадки.

По степени универсальности стартовые комплексы делятся на универсальные (для нескольких классов ракет-носителей) и специализированные (для одного класса ракеты-носителя). На космодромах постсоветского пространства стартовые комплексы создавались для проведения пусков ракет-носителей одного типа. Однако при определенных программах и темпах пусков ракет-носителей различных классов рациональным может стать создание универсальных стартовых комплексов. Универсальный стартовый комплекс по сравнению с системой специализированных стартовых комплексов обладает следующими преимуществами: более низкие затраты на создание и эксплуатацию; упрощается общая инфраструктура космодрома; меньшая общая численность боевых расчетов и обслуживающего персонала; более высокая

интенсивность пусков; высокие возможности по оперативной модернизации стартового комплекса.

Вместе с тем универсальный стартовый комплекс имеет и ряд недостатков: общая производительность и темп пусков ниже, чем у системы специализированных стартовых комплексов; требуется больше времени для подготовки к проведению последующего пуска ракеты-носителя другого типа за счет переналадки оборудования стартового комплекса; более высокие требования к его надежности и возможности модернизации.

Заключение

Из всего вышесказанного видно, что стартовые комплексы являются очень сложными технологическими сооружениями, причем, конструкция и внешний вид стартовых комплексов зависит от большого числа факторов (типа ракеты-носителя, места расположения, способа сборки и транспортировки и др.). Таким образом, для разработки и введения в

строй новых стартовых комплексов необходимо досконально знать структуру уже существующих и эксплуатируемых космодромов.

Литература

1. Стромский И. В. *Космические порты мира: монография* / И.В. Стромский. – М.: Машиностроение, 1996. – 112 с.
2. *Spaceport [Электронный ресурс] / Wikipedia, the free encyclopedia.* – Режим доступа: <http://en.wikipedia.org/wiki/Spaceport>.
3. *Большая космическая энциклопедия [Электронный ресурс] / Образовательный портал Claw.ru.* – Режим доступа: <http://claw.ru/a-kosmos/main.html>.
4. *Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры. Т. 1. Объекты космической инфраструктуры: монография* / Н.Д. Аникейчик и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
5. *Космическая техника: монография* / К. Гэтланд и др. – М. Мир, 1986. – 295 с.

Поступила в редакцию 1.06.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, профессор А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ СУЧАСНИХ РАКЕТ-НОСІЇВ

К.В. Безручко, А.О. Давидов, В.М. Свищ, А.А. Харченко

Розглянуто найважливіші запуски пілотованих і безпілотних космічних апаратів за останні десять років. Приведено порівняльну характеристику та склад технологічного обладнання стартових комплексів сучасних ракет-носіїв. Проведено класифікацію стартових комплексів у залежності від: класу ракети-носія, способу збірки та транспортування, метода підготовки ракети космічного призначення, місця дислокації, можливості переміщення в просторі, кількості стартових площадок, міри універсальності.

Ключові слова: космодром, стартовий комплекс, ракета-носій, ракета космічного призначення, стартова площадка.

CLASSIFICATION AND COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE LAUNCHING SITE OF MODERN CARRIER ROCKETS

K.V. Bezruchko, A.O. Davidov, V.M. Svisch, A.A. Kharchenko

The manned and unmanned spaceships' launchings of the most important significance for the period of latest decade are considered. The comparative characteristics and the technological equipment components of launching sites of modern carrier rockets are given. The launching sites' classification according to: launcher classification, technique of assembling and transporting, method of preparing the rocket concerning a cosmic destination, the place of dislocation, the possibility of moving in space, the quantity of takeoff areas and universality level.

Key words: a spaceport, a launching site, a launcher, a rocket of a certain cosmic destination, a launch pad.

Безручко Константин Васильевич – д-р техн. наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: khai@ai.kharkov.ua.

Давидов Альберт Оганезович – канд. техн. наук, докторант кафедры энергоустановок и двигателей космических летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: davidov@d4.khai.edu.

Свищ Владимир Митрофанович – д-р техн. наук, профессор, профессор Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Харченко Андрей Анатольевич – научный сотрудник Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.