

УДК 629.76

60 лет космической эры: некоторые подробности

А.И. Максимов

*Институт теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск*

E-mail: maksimov@itam.nsc.ru

В работе представлена история подготовки и запусков первых искусственных спутников Земли в СССР и США, приведена статистика успешных и неудачных запусков в космос за 1957–2016 годы. Также приведены краткие сведения о семействах ракет-носителей, созданных на базе боевых баллистических ракет Р-7 (СССР), «Атлас» и «Титан» (США). В качестве примера эволюции ракет-носителей в течение длительного периода их эксплуатации подробно прослежено развитие семейства «Дельта» (США) за 50 лет, основой которому послужила баллистическая ракета средней дальности «Тор».

Ключевые слова: ракета-носитель, спутник, космический аппарат, космодром, грузоподъемность, низкая околоземная орбита, геопереходная орбита, успешный запуск.

4 октября 1957 г. Советский Союз осуществил запуск первого в мире искусственного спутника Земли («Спутника-1») диаметром 58 см и массой 83,6 кг (рис. 1). Неожиданное для многих событие стало важной вехой на пути развития человечества и ознаменовало начало космической эры. Этому эпохальному явлению предшествовали столетия развития пороховых ракет, теоретическое обоснование возможности достижения космических скоростей с помощью жидкостных ракет Константином Циолковским (1903 г.) [1–2] и экспериментальные работы многих энтузиастов межпланетных полетов в 20–30-е годы XX века. Первым добился успеха американский инженер Роберт Годдard, который запустил свою жидкостную ракету 16 марта 1926 г. [3–5].

Реальной базой для ускоренного развития ракетной техники послужила первая крупная управляемая баллистическая ракета А-4 («Фау-2») стартовой массой около 13 т с дальностью полета 300 км, созданная в годы Второй мировой войны в Германии под руководством Вернера фон Брауна. Мощный двигатель тягой 250 кН (25 тс), работавший на жидком кислороде и спирте, всего за 65 секунд разгонял ракету, несущую боеголовку массой 1000 кг, до 1560 м/с. В случаях запуска в вертикальном направлении

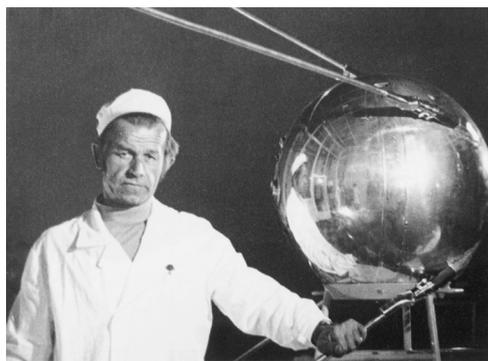


Рис. 1. Слесарь-сборщик А.Я. Скопцов с первым в мире ИСЗ ПС-1.

ракета А-4 поднималась выше 100 км и согласно современным взглядам достигала космического пространства.

Используя опыт создания ракеты А-4, в послевоенные годы страны-победительницы СССР, США, Франция и Великобритания взялись за ускоренное развитие боевой ракетной техники. Этому способствовало как резкое противостояние двух мировых держав — США и СССР, так и создание атомных, а затем и термоядерных зарядов, коренным образом изменивших возможности ведения глобальных войн. Именно создание мощных арсеналов ракетно-ядерной техники, способных полностью уничтожить современную цивилизацию, позволило человечеству предотвратить третью мировую войну в годы даже самого острого противостояния двух лагерей, возглавлявшихся Соединенными Штатами Америки и Советским Союзом.

Для быстрейшего налаживания производства ракет и создания их новых образцов в полуразрушенном войной СССР были предприняты героические усилия. Для того, чтобы ускорить работы, руководство страны приняло решение воспроизвести вначале аналог немецкой ракеты А-4 с использованием отечественных материалов. Эта ракета, получившая обозначение Р-1, впервые успешно стартовала 10 октября 1948 г. 25 ноября 1950 г. был принят на вооружение комплекс 8А11 с ракетой Р-1 с целью освоения ракетной техники в войсках [6]. Следующая ракета Р-2 стартовой массой 20,4 т и дальностью полета 600 км поступила на вооружение уже через год, 27 ноября 1951 г. Более значимой для страны ракетой того же семейства, созданной в ОКБ-1 (Опытно-конструкторском бюро) под руководством Сергея Павловича Королева, стала Р-5. Эта ракета стартовой массой 26–28,5 т была рассчитана на дальность полета 1200 км. Ее модернизированный вариант Р-5М явился первой ракетой, оснащенной ядерным боезарядом. Однако эти ракеты не решали основную задачу — обеспечение безопасности Советского Союза от возможного нападения потенциального противника, поскольку не могли поразить территорию США. В отличие от США у СССР в то время не было авиации достаточного радиуса действия, способной достойно ответить на вполне реальные угрозы времен «холодной войны». В связи с этим возникла острая необходимость в создании боевой ракеты большой дальности. 13 февраля 1953 г. в СССР было подписано постановление о создании крылатых и баллистических ракет межконтинентальной дальности полета [6, 7].

В конце войны американцам достались не только около 100 полностью готовых ракет А-4, но и основная часть специалистов по ракетной технике во главе с Вернером фон Брауном. Имея в наличии мощную дальнюю авиацию и ядерное оружие, руководство США явно недооценило возможности Советского Союза по созданию атомной бомбы и ракет дальнего действия в сжатые сроки. Меры по ускорению создания баллистических ракет средней и межконтинентальной дальности были приняты только тогда, когда стало известно о скором появлении в СССР первой в мире межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) Р-7 конструкции С.П. Королева. В первые послевоенные годы немецкие специалисты занимались в США в основном запусками трофейных ракет А-4 для изучения верхних слоев атмосферы. Группа Вернера фон Брауна, состоявшая из 120 бывших сотрудников немецкого ракетного центра в Пенемюнде, приступила к разработке боевой баллистической ракеты «Редстоун» с расчетной дальностью полета 370 км лишь 10 июля 1950 г., т.е. с задержкой в 5 лет относительно советских специалистов. Первый аварийный запуск этой ракеты с Восточного испытательного полигона на мысе Канаверал состоялся 20 августа 1953 г. Оснащенная ядерной боеголовкой ракета «Редстоун» находилась на вооружении армии США с мая 1958 по октябрь 1964 гг.

Об использовании ракет для запуска научных спутников ученые всерьез задумались вскоре после окончания Второй мировой войны. В США Бюро авиации Военно-морских сил (ВМС) приступило к изучению проблемы создания искусственных спутников Земли (ИСЗ) уже в 1945 г. В следующем году подразделение «Рэнд Проект» компании «Дуглас» по заданию ВВС США подробно проанализировало возможность

запуска спутника в течение ближайших лет. На II Международном конгрессе по астронавтике, проходившем в Лондоне в сентябре 1951 г., члены Британского межпланетного общества К. Гэтланд, А. Кунеш и А. Диксон представили результаты анализа характеристик трехступенчатых ракет стартовой массой 16800, 62000 и 90900 кг, из которых две последние предназначались для запуска 100-килограммового искусственного спутника Земли. 25 июня 1954 г. в Научно-исследовательском управлении ВМС США в Вашингтоне состоялось совещание, посвященное созданию спутника. На этом совещании Вернер фон Браун выступил с проектом «Орбитер», предусматривавшим запуск в ближайшее время ИСЗ массой 2,3 кг с помощью баллистической ракеты «Редстоун». Однако 3 августа 1955 г. патриотически настроенные американские политики и ученые отдали предпочтение чисто научному национальному проекту «Авангард» Исследовательской лаборатории ВМС (NRL). В основу этого проекта было заложено создание ракеты-носителя (РН) на базе уже существовавших высотных ракет «Викинг» и «Аэроби» с добавлением специально разработанной твердотопливной третьей ступени. Третий проект, предложенный ВВС США, основывался на использовании создаваемой межконтинентальной ракеты «Атлас» [8].

В Советском Союзе идею о возможности создания в скором будущем спутника Земли на пленарном заседании научно-технической конференции Отделения прикладной механики Академии наук СССР 15 марта 1950 г представил Михаил Клавдиевич Тихонравов. Доклад основывался на результатах исследований, выполненных его группой в порядке личной инициативы в НИИ-4 Академии артиллерийских наук. Дальнейшее развитие этой идеи в 1950–1953 годах проводилось в рамках научно-исследовательской работы по теме «Исследования по вопросам создания искусственного спутника Земли».

В мае 1953 г. в ОКБ-1 была утверждена компоновочная схема МБР массой 170 т, оснащенной отделяющейся головной частью массой три тонны. В сентябре на заседании высшего государственного органа по ракетной технике — Специального комитета при Совете министров СССР (Спецкомитета № 2) — С.П. Королев предложил включить исследования по созданию спутника в программу разработки этой ракеты. В октябре атомный заряд было решено заменить более мощным термоядерным зарядом, что привело к увеличению общей массы боеголовки до 5,5 т и увеличению расчетной стартовой массы МБР до 260 тонн [6]. Постановление Центрального комитета КПСС и Совета министров СССР № 956-408сс о разработке, изготовлении и испытании двухступенчатой ракеты Р-7, рассчитанной на термоядерный заряд, было принято 20 мая 1954 г. Проект МБР, состоящей из пакета пяти отдельных ракет, был разработан в ОКБ-1 в проектно-отделе С.С. Крюкова. Уже 26 мая 1954 г. С.П. Королев представил министру оборонной промышленности СССР Д.Ф. Устинову докладную записку М.К. Тихонравова «Об искусственном спутнике Земли» с предложением создания научного ИСЗ массой 2–3 тонны, спутника для длительного пребывания одного–двух человек в космосе и орбитальной станции. В своем сопроводительном письме [9] Сергей Павлович выразил уверенность, что создаваемая ракета может обеспечить необходимую для спутника конечную скорость 8000 м/с, и предложил организовать научно-исследовательский отдел для проведения поисковых работ по созданию ИСЗ. Предложение о проработке научно-технических вопросов, связанных с созданием спутника, было одобрено Советом министров СССР в августе того же года.

Работы по созданию спутников значительно активизировались после принятия решения о проведении Международного геофизического года в период с 1 июля 1957 г. по 31 декабря 1958 г. 4 октября 1954 г. подготовительный комитет форума призвал ведущие страны мира рассмотреть вопрос о возможности запуска небольших научных спутников в намеченный период. США официально откликнулись на этот призыв 29 июля 1955 г., а о намерениях СССР запустить свой спутник академик Л.И. Седов заявил на VI конгрессе Международной федерации астронавтики 3 августа 1955 г.

Чертежи МБР Р-7 были утверждены С.П. Королевым 11 марта 1955 г., а материалы уточненного эскизного проекта — 25 июля 1956 г. К тому времени стартовая масса Р-7 достигла уже 273,5 тонн. Вместо привычной вертикальной сборки ракет было принято решение о горизонтальной сборке Р-7 (пакета из 5 ракет) в специальном монтажно-испытательном корпусе. Конструкторское бюро В.П. Бармина разработало оригинальное стартовое сооружение типа «Тюльпан», значительно разгружавшее корпус заправленной ракеты от статических нагрузок при подготовке к запуску. Параллельно с разработкой и изготовлением ракеты недалеко от железнодорожной станции Тюра-Там в Казахстане в суровых условиях пустыни ускоренными темпами строился Научно-исследовательский и испытательный полигон № 5 (НИИП-5) Министерства обороны — будущий космодром Байконур. Первая лётная ракета Р-7 № 5Л прибыла на полигон 3 марта 1957 г. Ее запуск состоялся 15 мая 1957 г. и завершился падением в 319 км от старта из-за пожара в хвостовом отсеке одного из боковых блоков ракеты. Р-7 впервые успешно преодолела расстояние до Камчатки 21 августа этого же года [6].

Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР о начале практических работ по созданию первого ИСЗ было принято 30 января 1956 г. В июле был утвержден эскизный проект спутника массой 1100–1400 кг, несущего 200–300 кг научной аппаратуры. Однако вскоре стало ясно, что изготовить научные приборы для него своевременно не удастся. В связи с этим, чтобы опередить американцев, в начале января 1957 г. С.П. Королев выступил с предложением вывести в космос простейшие спутники с помощью двух ракет Р-7 в рамках лётных испытаний МБР. Решение правительства СССР о запуске двух простейших спутников было принято 15 февраля 1957 г.

Первый ИСЗ ПС-1 (см. рис. 1) представлял собой полированную сферу из алюминиевого сплава с двумя парами штыревых антенн длиной 2,4 и 2,9 м, оснащенную радиопередатчиком мощностью 1 Вт и массой 3,5 кг. Блок питания ПС-1 состоял из трех аккумуляторов массой по 17 кг, а система его терморегулирования — из вентилятора с автоматикой слежения за температурой и давлением внутри герметичного корпуса спутника. На НИИП-5 непосредственная подготовка к запуску первого спутника началась 22 сентября. Старт облегченной (с 280 до 272,3 тонн) за счет снятия аппаратуры радиуправления, части телеметрической системы и аккумуляторов ракеты Р-7 состоялся 4 октября в 19 часов 28 минут 34 секунды по Гринвичу (рис. 2). Спутник ПС-1 был выведен на орбиту высотой 228×947 км и наклоном 65,1° к плоскости экватора. Он вошел в плотные слои атмосферы и сгорел 4 января 1958 г. Слежение за полетом спутника ПС-1 позволило ученым получить сведения о плотности верхних слоев атмосферы Земли. Массивная вторая ступень (центральный блок) ракеты длиной около 28 м, диаметром почти 3 м и сухой массой более 6-ти тонн находилась в космосе до 2 декабря 1957 г. Для наземного наблюдателя она выглядела на небе как яркая, необычно быстро движущаяся звезда.



Рис. 2. Старт ракеты Р-7 с первым ИСЗ ПС-1.

Запуск второго спутника ПС-2 вместе с контейнером с собакой Лайкой состоялся менее чем через месяц — 3 ноября, а настоящий научный спутник «Д-1» № 2 массой 1327 кг вышел на околоземную орбиту со второй попытки 15 мая 1958 г. и вел передачу данных до 3 июня, до полной разрядки своих бортовых батарей. Третий советский ИСЗ «Д-1» находился на орбите до 6 апреля 1960 г. [10].

В США в разгар разработки ракеты-носителя «Авангард» командой Вернера фон Брауна на базе «Редстоуна» была создана трехступенчатая ракета «Юпитер-С», предназначенная для изучения проблем входа боеголовок в плотные слои атмосферы. Она состояла из ракеты «Редстоун» с удлиненными топливными баками и форсированным двигателем, оснащенной верхними ступенями из связки 11-ти и 3-х небольших твердотопливных ракет «Рекрут». 20 сентября 1956 г. эта ракета достигла рекордной высоты 1094 км и преодолела расстояние 5310 км [8]. При добавлении четвертой ступени она уже была способна вывести небольшой спутник на околоземную орбиту, однако Вернеру фон Брауну долго не удавалось добиться разрешения на использование ракеты «Юпитер-С» для запуска первого спутника США по проекту «Орбитер».

Работа над созданием «Авангарда» затягивалась. Лишь 8 ноября 1957 г. министр обороны США дал указание готовить ракету «Юпитер-С» на случай неудачи при запуске «Авангарда». Первая попытка запуска спутника «Авангард» массой 1,5 кг, предпринятая 6 декабря, завершилась выключением двигателя первой ступени через две секунды после отрыва ракеты-носителя от стартового стола и ее взрывом. Сам спутник отлетел в сторону и остался невредим. Спустя пять дней команда Вернера фон Брауна наконец-то получила разрешение на запуск первого американского спутника своей ракетой. Ракета «Юпитер-С», переименованная в целях сохранения секретности в «Юнону-1» (Juno-1), стартовала с мыса Канаверал (рис. 3) поздним вечером 31 января 1958 г. (1 февраля в 03:48 по Гринвичу) и успешно вывела спутник «Эксплорер-1» общей массой 13,9 кг на орбиту высотой 356×2548 км и наклоном $33,2^\circ$.

«Эксплорер-1» (рис. 4) представлял собой цилиндр длиной 2,03 м и диаметром 15,2 см, состоявший из отработавшей четвертой ступени и ее переднего отсека с научной аппаратурой массой 8,3 кг. Он передавал научные данные до 23 мая 1958 г., до полной



Рис. 3. Запуск РН «Юнона-1». Снимок из фотоархива NASA.



Рис. 4. Представление копии ИСЗ «Эксплорер-1» журналистам после успешного запуска (крайний справа — В. фон Браун). Снимок из фотоархива NASA.

разрядки батарей. Счетчик Гейгера–Мюллера, изготовленный доктором Джеймсом Ван Алленом для «Авангарда» и установленный на «Эксплорер-1», позволил ученому открыть радиационные пояса Земли. Первый спутник США находился в космосе до 31 марта 1970 г.

«Юнона-1» в 1958 г. стартовала в космос еще пять раз, но успешными оказались лишь два запуска из пяти. «Авангарду» (высотой 22,4 м, максимальным диаметром 1,14 м и стартовой массой 10,3 тонны) повезло еще меньше. Из 11 запусков этой ракеты, принятых за 1957–1959 годы, успешными были три: 17.03.1958, 17.02. и 18.09.1959 гг. Она сумела вывести спутник «Авангард-1» в виде сферы диаметром 16 см и массой 1,47 кг только с третьей попытки. При последнем запуске ракета с новой третьей ступенью доставила в космос спутник «Авангард-3» в виде сферы диаметром 0,5 м и массой 45 кг, включая 22,7 кг полезной нагрузки, для изучения радиационной и микрометеоритной обстановки в околоземном пространстве.

Начиная с августа 1958 г. США стали применять более мощные РН: «Тор-Эйбл» (Thor Able-1), «Тор-Аджена-А» (Thor Agena-A) и «Юнона-2» (Juno-2), созданные на базе боевых баллистических ракет средней дальности (БРСД) «Тор» и «Юпитер». Уже 18 декабря 1958 г. впервые стартовала в космос МБР «Атлас».

Третьей страной, запустившей спутник с помощью собственной ракеты, стала Франция. Затем последовали Япония, Китай и другие страны (табл. 1). Англия отказалась от использования своей РН Black Arrow по экономическим соображениям сразу же после первого успешного старта, состоявшегося 28 октября 1971 г.

За 1957–2016 гг. во всем мире было осуществлено 5593 запусков в космос, из них 5252 (93,9 %) оказались успешными, т.е. завершились выводом космических аппаратов (КА) на целевые околоземные орбиты или на межпланетные траектории полета, а также к точкам либрации Земля–Солнце. Среди них 311 были пилотируемыми, включая 139 запусков СССР и Россией кораблей «Восток», «Восход» и «Союз», 166 — США («Меркурий», «Джемини», «Аполлон» и «Спейс Шаттл») и 6 — Китаем («Жэньчжоу»). При этом 4 запуска завершились гибелью космонавтов и астронавтов («Союз-1», «Союз-11» и «Колумбия» — при возвращении на Землю 24.04.1967, 30.06.1971 и 1.02.2003 гг., «Челленджер» — во время запуска 28.01.1986 г.). Еще две аварии со спасением космонавтов произошли из-за отказа при отделении третьей ступени («Союз-18-1» 5.04.1975) и взрыва РН перед стартом («Союз-10А» 26.09.1983).

Из 231 попыток запуска к Луне, к другим планетам Солнечной системы и к точкам Лагранжа (либрации) свое полетное задание успешно выполнили 124 КА (еще 2 в настоящее время находятся в полете к намеченным целям), а 32 аппарата из-за отказов РН

Таблица 1

Первые запуски спутников национальными ракетами

Страна	Дата	Название КА	Ракета-носитель	Масса РН, тонн	Количество ступеней	Масса КА, кг
СССР (Россия)	4.10.1957	ПС-1 («Спутник-1»)	«Спутник» (P-7)	272,8	2	83,6
США	1.02.1958	Explorer-1	Juno-1 (Jupiter C)	29,06	4	14*
Франция	26.11.1965	Asterix (A-1)	Diamant-A	18,4	3	42
Япония	11.02.1970	Ohsumi	Lambda-4S	9,5	4	24*
Китай	24.04.1970	«Дунфанхун-1»	CZ-1 («Великий поход 1»)	81,5	3	173
Англия	28.10.1971	Prospero X3	Black Arrow	18	3	66
Индия	18.07.1980	«Рохини» (RS-1)	SLV-3	17,6	4	38,5
Израиль	19.09.1988	Ofeq-1 («Горизонт»)	«Шавит»	19,2	3	156
Иран	2.02.2009	Omid («Надежда»)	Safir	26	2	27,3
Северная Корея	12.12.2012	«Кванмёнсон-3»	«Ынха-3»	91	3	100
Южная Корея	30.01.2013	STSat-2C	KSLV-1	140,6	2	100

* Вместе с последней ступенью РН

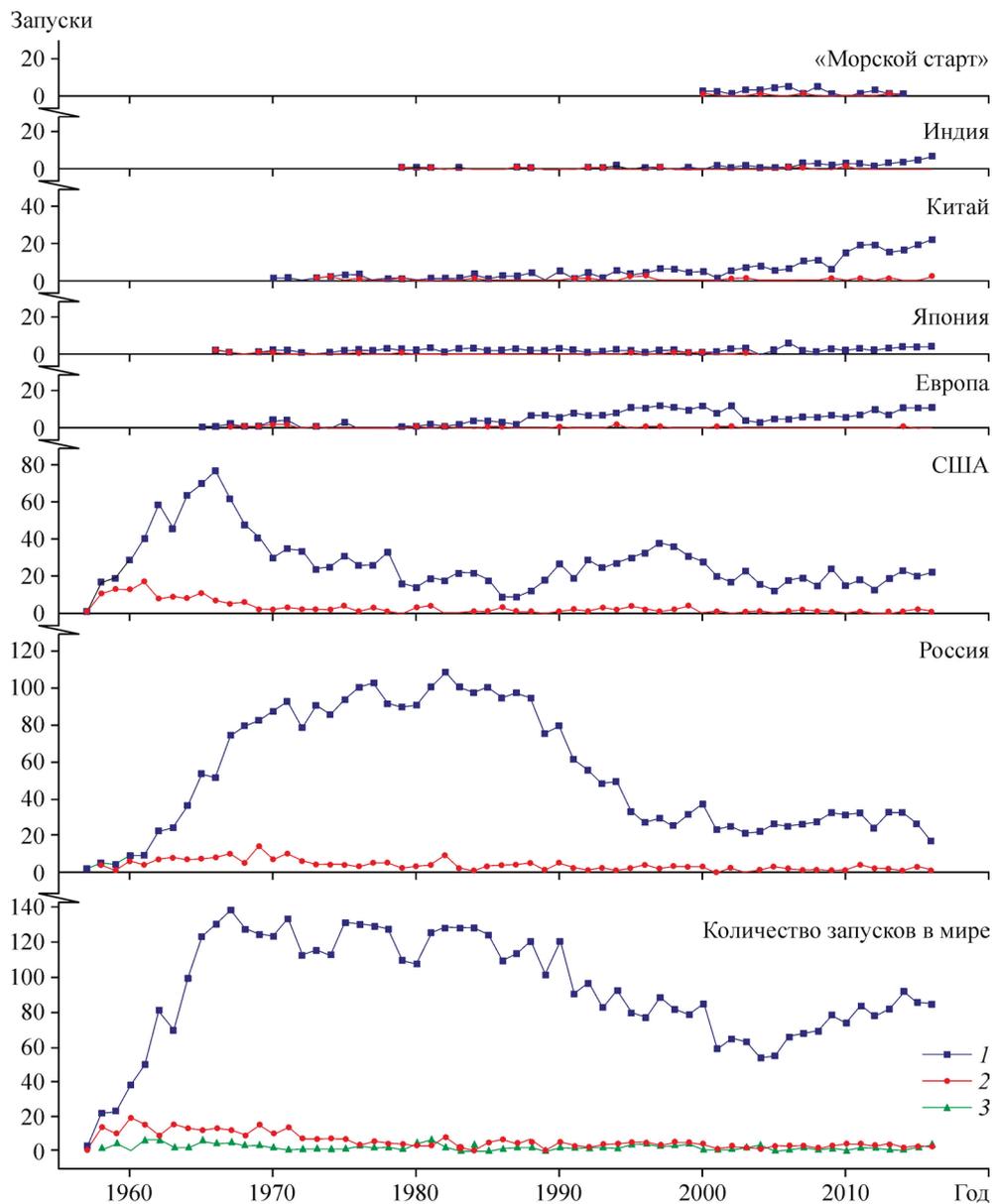


Рис. 5. Запуски РН во всем мире и по отдельным странам.

1 — общее количество запусков, 2 — неудачные запуски, 3 — частично успешные запуски.

не смогли выйти даже на околоземные орбиты. Динамику общих запусков и по отдельным странам в течение 60 лет космической эры демонстрирует рис. 5. Сюда не включены 6 неудачных попыток запуска миниатюрных спутников с борта переоборудованного самолета Phantom F-4D, предпринятых США в 1958 году в рамках проекта Pilot. С целью некоторого упрощения рис. 5 все запуски Франции и Великобритании, состоявшиеся в 1965–1975 годах, включены в перечень запусков Европы, как и запуски ракет «Союз-СТ» из Гвианского космического центра, осуществляемые при широком участии специалистов России в подготовке РН в Куру. Запуски твердотопливных РН «Скаут», проведенные в 1967–1988 годах с итальянской морской платформы «Сан Марко» у побережья Кении, условно учтены как американские. Попытка вывода 12-ти спутников низкоорбитальной системы связи Globalstar с помощью РН «Зенит-2» из Байконура, предпринятая

украинскими и российскими специалистами 9 сентября 1998 года, принята в качестве российского запуска. К числу неудачных запусков отнесены как взрывы ракет-носителей при их подготовке к старту и в момент самого старта, так и их отказы на активном участке полета. К частично успешным отнесены запуски при отказе разгонных блоков во время вывода КА на целевые орбиты или на межпланетные траектории полета (на отлетные траектории) уже после выходов КА на промежуточные околоземные орбиты. Частично успешными и аварийными сочтены и те случаи, когда после отказов разгонных блоков КА можно было использовать частично по их основному назначению на нерасчетных орбитах, или совсем редкие случаи, когда КА удавалось довести на целевые орбиты за счет собственных бортовых запасов топлива, но с заметным сокращением их времени эксплуатации. В качестве последних можно назвать, например, выходы телекоммуникационных спутников AMC-14 компании SES Americom и «Ямал-402» Газпрома на геосинхронные орбиты после отказов разгонных блоков «Бриз-М» на последних этапах их работы после запусков РН «Протон-М» 14 марта 2008 г. и 8 декабря 2012 г.

В отличие от данных о запусках, произведенных во всем мире, которые представлены на нижнем фрагменте рис. 5, на графиках запусков, выполненных отдельными странами и акционерной компанией «Морской старт» (Sea Launch), неудачные и частично успешные запуски учтены вместе, они названы аварийными и обозначены красными символами. Из рисунка видно, что резкий рост количества запусков ракет-носителей наблюдался в течение примерно первых 10-ти лет космической эры. Это было связано, прежде всего, с началом широкого применения КА в США и СССР для оптического наблюдения за территориями других стран с низкой околоземной орбиты (НОЗО), налаживанием первых систем спутниковой связи военного и гражданского назначений и систем предупреждения о ракетном нападении противника. Довольно быстрое увеличение длительности полетов спутников-разведчиков позволило США вскоре существенно снизить общее количество запусков и выйти на стабильный уровень в пределах 20–40 запусков в год. Советскому Союзу для этого понадобилось больше времени, и снижение количества ежегодных запусков началось лишь после середины 1980-х годов, когда длительность полетов спутников оптического наблюдения удалось поднять с 1–2 недель до нескольких месяцев. Вполне естественно, что столь резкое снижение количества запусков (примерно от 100 до 30) было вызвано также и с резким ухудшением экономического положения России вскоре после развала СССР.

На общем фоне стартов судьба международной акционерной компании Sea Launch, образованной в мае 1995 г. Boeing Commercial Space Company (США, 40 % уставного капитала), Научно-производственным объединением «Энергия» (Россия, 25 %), судостроительной компанией Kvaerner Maritime (Норвегия, 20 %), КБ «Южное» и заводом Южмаш (Украина, 15 %), оказалась не совсем удачной. Основной причиной неудачи стала недостаточная надежность РН «Зенит», которая за 15 лет при 33 стартах с морской платформы «Одиссей», устанавливаемой в Тихом океане на экваторе, потерпела 3 аварии с падением ракеты в океан или ее взрывом. Еще один запуск 29 июня 2004 г. завершился преждевременным выключением двигателя разгонного блока, однако при этом спутник связи Telstar-18/Apstar-5 удалось вывести на стационарную орбиту за счет запасов топлива самого КА. Компания Sea Launch так и не сумела выйти на безубыточный режим работы с ежегодным запуском не менее 6–8 ракет и потерпела банкротство в 2009 г. Последующая ее реорганизация также не привела к успеху и завершилась прекращением деятельности компании в 2014 г.

Весьма высокий уровень аварийности запусков, характерный для первых 10-ти с лишним лет, был связан с низкой надежностью первого поколения ракет-носителей. Тогда же наблюдались и частые отказы работы самих космических аппаратов, успешно выведенных на целевые орбиты или межпланетные траектории полета. В последующие годы количество неудачных запусков резко снизилось, что было характерно как для США, так и для СССР. В последние десятилетия количество аварийных запусков не превышает 3–5 %, и связаны они, в основном, с отработкой новых РН, создаваемых

в разных развивающихся странах (Иран, КНДР и др.) или частными фирмами США для коммерческого использования.

Постепенный рост общего количества запусков во всем мире в течение последнего десятилетия объясняется активизацией космической деятельности Китая, Индии и Европы (в лице компании *Agianespace*). В ближайшие годы существенное влияние на тенденцию роста скорее всего окажет и выход на рынок космических запусков весьма успешной частной американской компании *SpaceX*, которая сумела быстро оправиться после двух неудач, связанных с запуском мощной ракеты *Falcon-9* (28.06.2015 и 1.09.2016), и на 2017 год запланировала до 20 стартов. Уже на 5 июля 2017 г. *SpaceX* осуществила 10 успешных стартов, из них три последних были выполнены в течение всего 13 дней. При этом в двух запусках из десяти первые ступени ракеты использовались повторно.

Следует заметить, что за последние два года на фоне увеличения общего количества запусков произошло резкое снижение российских запусков — с 32 в 2014 г. до 17 в 2016 г. Такое положение сохраняется и в 2017 г., поскольку неблагоприятную ситуацию с ракетой «Протон-М», ранее широко использовавшейся для коммерческих запусков телекоммуникационных спутников на геопереходные орбиты (ГПО), удастся полностью устранить не так быстро.

За 60 лет космической эры было создано несколько десятков ракет-носителей сверхлегкого, легкого, среднего, тяжелого и сверхтяжелого классов. Некоторые из них, разработанные поначалу на базе боевых баллистических ракет, образовали целые семейства с широким диапазоном конфигураций и грузоподъемности. Наиболее крупными стали семейства РН, возникшие на базе межконтинентальных баллистических ракет Р-7 (СССР, Россия), «Атлас» и «Титан» (США), «Дунфэн-5» (Китай) и баллистических ракет средней дальности «Тор» (США).

Ракеты-носители среднего класса «Спутник» (8А91), «Луна» (8К72), «Восток» (8К72К), «Восток-2» (8А92), «Восток-2М» (8А92М), «Молния» (8К78), «Молния-М» (8К78М), «Восход» (11А57), «Союз» (11А511), «Союз-М» (11А511М), «Союз-У» (11А511У), «Союз-У2» (11А511У2), «Союз-Икар» (11А511У/50КС), «Союз-Фрегат» (11А511У/РБФ), «Союз-ФГ» (11А511У-ФГ), «Союз-2.1А» (14А14-1А), «Союз-2.1Б» (14А14-1Б), «Союз-СТ» [5] и их модификации сформировали самое распространенное в мире семейство. Все эти РН, за исключением первого двухступенчатого варианта 8А91, внешне отличаются друг от друга только длиной и конфигурацией своих верхних ступеней и головных обтекателей, а также наличием системы аварийного спасения у пилотируемых вариантов «Союза», «Союза-У», «Союза-У2» и «Союза-ФГ» (рис. 6). За счет добавления верхних ступеней и постепенного улучшения конструкции двигателей и

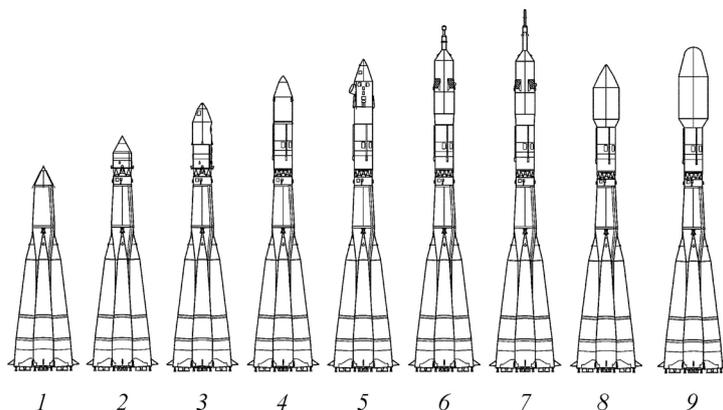


Рис. 6. Семейство ракет-носителей, созданных на базе МБР Р-7.

1 — «Спутник» (8К71ПС), 2 — «Луна», 3 — «Восток», 4 — «Молния», 5 — «Восход»,
6 — «Союз», 7 — «Союз-У», 8 — «Союз-Фрегат», 9 — «Союз-СТ».



Рис. 7. Старт РН «Союз-У» с грузовым кораблем «Прогресс МС-05» к Международной космической станции.
Снимок Роскосмоса.

самых ракет грузоподъемность РН семейства Р-7 при выводе спутников с Байконура на низкую околоземную орбиту удалось повысить от 1400 кг у 8А91 «Спутник» до ~8000 кг у «Союзов-2», т.е. почти в 6 раз. При этом стартовая масса самих ракет изменилась незначительно — от 270 до 313 тонн. К 1 июня 2017 г. было использовано более 1800 ракет данного семейства. До своего вывода из эксплуатации самая массовая в мире ракета «Союз-У» (рис. 7) стартовала в космос с 18 мая 1973 г. по 22 февраля 2017 г. 789 раз, показав надежность 0,972 (при 22 авариях).

Американские ракеты-носители семейства «Атлас» (Atlas B/D/F, Mercury-Atlas D, Atlas Able, Atlas Agena, Atlas Centaur, Atlas 1, Atlas 2, Atlas 2AS, Atlas-3 и их модификации) стали широко востребованными и знаменитыми после создания первой в мире высокоэффективной криогенной (кислородно-водородной) верхней ступени «Центавр» (Centaur).



Летные испытания ракеты «Атлас-Центавр» («Атлас-LV-3С») начались 8 мая 1962 г. С 30 мая 1966 г. она стала использоваться для запуска посадочных аппаратов «Сервейор» на Луну, а затем — для вывода различных КА на околоземные орбиты и межпланетные траектории полета. С 25 июля 1990 г. РН «Атлас-Центавр» (рис. 8) в вариантах Atlas 1, 2, 2A и 2AS использовались для коммерческих запусков спутников связи на геостационарные орбиты. Последние варианты семейства — Atlas 3A и 3B — являлись переходными РН и служили, прежде всего, для всестороннего испытания в эксплуатационном режиме российского двигателя РД-180, выбранного для ракеты нового поколения Atlas 5.

Рис. 8. Старт РН «Атлас–Центавр».
Снимок NASA.

С 18 декабря 1958 г. по 3 февраля 2005 г. ракеты семейства «Атлас» стартовой массой от 105,5 до 237 тонн запускались в космос (включая попытку первого запуска Atlas Centaur по баллистической траектории 8 мая 1962 г.) 314 раз, из них 275 — успешно. Ракета «Атлас-Аджена» с несколькими вариантами верхней ступени с 26 февраля 1960 по 27 июня 1978 гг. стартовала в космос 109 раз, из них 94 были успешными. Эти ракеты использовались, в основном, для запусков спутников военного назначения. Все последние 75 запусков РН типа «Атлас-Центавр» в 1993–2005 гг. завершились успехом.

За счет улучшения конструкции и удлинения ступеней (первой — с 19,95 до 26,04 м, второй — с 9,14 до 10,01 м) для увеличения запасов топлива, а также за счет навески четырех твердотопливных ускорителей (на «Atlas-2AS») грузоподъемность РН «Атлас-Центавр» при выводе КА на геопереходные орбиты (ГПО) выросла с 1,75 до 3,72 тонны.

Следующее семейство американских ракет было создано на базе двухступенчатой МБР «Титан-2» стартовой массой около 150 тонн, работавшей на самовоспламеняющемся топливе длительного хранения (до этого в большинстве ракет применялись керосин и жидкий кислород). В 1965–1966 гг. 12 модифицированных ракет Titan-2 GLV были использованы для испытаний и 10-ти пилотируемых запусков двухместных космических кораблей «Джемини», служивших для отработки выходов астронавтов в открытый космос и стыковки двух КА на околоземной орбите в интересах лунной программы «Аполлон». 1 сентября 1964 г. совершила первый полет трехступенчатая РН Titan 3A стартовой массой 170 т. Ее улучшенный вариант «Титан-3В», оснащенный верхней ступенью «Аджена-D», с 29 июля 1966 г. по 12 февраля 1987 г. при 68 стартах 63 раза успешно доставил КА на целевые орбиты. Ракеты Titan 3В использовались чаще всего для вывода на низкие околоземные орбиты спутников-разведчиков оптического наблюдения КН-8 Gambit. Ракета тяжелого класса Titan 3С стартовой массой 630 т была создана путем навески к первой ступени двух мощных стартовых твердотопливных ускорителей (СТУ) длиной 25,8 м, диаметром 3,05 м и массой по 231 т. Она впервые полетела в космос 18 июня 1965 г. и до 6 марта 1982 г. совершила 30 успешных полетов из 36. Эта ракета служила, как правило, для одновременного вывода нескольких военных спутников связи и других КА министерства обороны США на круговые орбиты высотой около 34000 км или на геостационарные орбиты. Двухступенчатый вариант ракеты (фактически трехступенчатый благодаря наличию СТУ) Titan 3D (Titan 23D) в 1971–1982 гг. 22 раза успешно доставил тяжелые спутники-разведчики КН-9 и КН-11 на низкие околоземные орбиты. Titan-IIIЕ (Titan-23Е), оснащенный криогенной верхней ступенью Centaur D-17 и ГО диаметром 4,3 м, в 1974–1977 гг. при 7 запусках 6 раз успешно вывел КА Helios, Viking и Voyager на межпланетные траектории полета.

Наиболее мощными РН семейства «Титан» стали Titan 4А и Titan 4В стартовой массой от 860 до 936 тонн. Ракеты Titan 4В, оснащенные ускорителями SRMU компании Alliant Techsystems длиной 34,26 м, диаметром 3,20 м и массой 349,58 т (см. рис. 9), по своей мощи практически сравнялись с российским «Протоном». При запуске с мыса Канаверал, благодаря расположению стартовой площадки ближе к экватору, ракеты с верхней ступенью Centaur-T длиной 9 м и диаметром 4,3 м могли выводить на геостационарную орбиту спутники массой до 5760 кг. Для сравнения заметим, что даже «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» в настоящее время может вывести с Байконура КА массой ~6000 кг лишь на геопереходные орбиты. Объяснением этому служит то, что «Бриз-М», использующий несимметричный диметилгидразин и четырехокись азота (НДМГ+N₂O₄), менее эффективен по сравнению с криогенным блоком «Центавр», а старт с Байконура приводит к снижению массы полезной нагрузки примерно на 25 % по сравнению с мысом Канаверал.

Ракеты семейства «Титан» с 8 апреля 1964 г. по 19 октября 2005 г. при 220 запусках обеспечили выполнение полетного задания в 198 случаях и продемонстрировали надежность 0,90.

Семейство китайских ракет «Великий поход» (CZ, «Чэнчжэнь»), созданное на базе МБР «Дунфэн-5» диаметром 3,35 м, включает в себя двух- и трехступенчатые РН CZ-2, -2С, -2Е, -2D и 2F, CZ-3, -3А, -3В и -3Е, CZ-4А, -4В и -4С высотой от 35,2 до 56,3 м, стартовой массой от 180 до 480 т. Они могут выводить КА массой от 2 до 9,2 т на низкие околоземные орбиты и от 1,2 до 5,5 т — на геопереходные орбиты. Все эти ракеты используют ядовитые и весьма опасные компоненты топлива НДМГ и N_2O_4 . Они постепенно будут заменены кислородно-керосиновыми и криогенными РН нового поколения CZ-7 и CZ-5 среднего и тяжелого классов, способными доставить на НОЗО полезные нагрузки массой до 13,5 и 25 т соответственно. Первые их запуски с нового китайского космодрома Вэньчан состоялись 25 июня и 3 ноября 2016 г.

С точки зрения эволюции ракет-носителей наибольший интерес представляет развитие американских ракет семейства «Тор»-«Дельта», созданных на базе баллистических ракет средней дальности Thor. ВВС США и фирма Douglas Aircraft заключили контракт на разработку баллистической ракеты средней дальности Thor SM-75 (PGM-17) 27 декабря 1955 г. Для обеспечения быстрого развертывания на базах США в Европе будущая ракета диаметром корпуса 2,4 м, стартовой массой не более 50 т и дальностью полета 2820 км (1750 миль) по условиям контракта должна была иметь возможность перевозки грузовым самолетом C-124 Douglas. Летно-конструкторские испытания «Тора» (рис. 10) начались 25 января 1957 г. с падения ракеты на стартовый стол и взрыва. Полностью успешным оказался лишь 6-й пуск, состоявшийся 20 сентября, когда ракета улетела на 2170 км. К концу года была достигнута максимальная дальность полета, составившая 4300 км. Всего было изготовлено 64 ракеты для летно-конструкторских испытаний и 160 боевых ракет. До 4 октября 1960 года состоялось 100 испытательных и учебно-боевых пусков, из них 73 были признаны успешными и 13 — частично успешными. К июню 1960 г. США разместили на территории Великобритании 60 боевых ракет, оснащенных

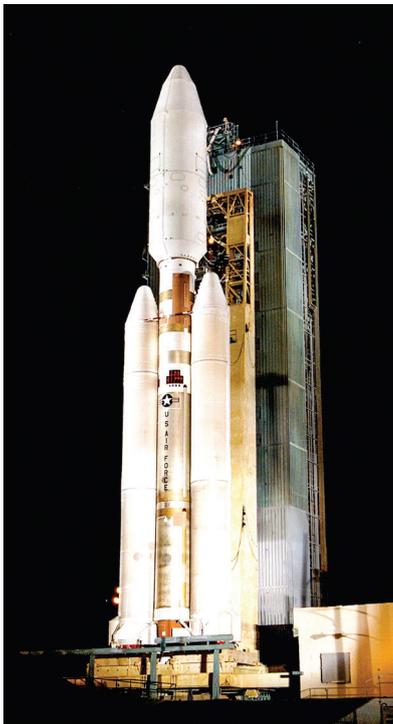


Рис. 9. РН Titan 4B с межпланетной станцией Cassini на старте.
Снимок NASA.



Рис. 10. БРСД «Тор».
Архивный снимок ВВС США.

термоядерным зарядом мощностью 1,45 мегатонн. По соглашению, заключенному между США и СССР после Карибского кризиса 1962 г., все они были сняты с вооружения и вывезены из Англии к сентябрю 1963 г.

Для изучения процессов входа боеголовок будущих МБР в плотные слои атмосферы была создана двухступенчатая ракета «Тор-А». В качестве ее верхней ступени использовалась ступень «Эйбл» (Able) диаметром 0,84 м и тягой 3,40 тс, созданная на базе второй ступени РН «Авангард» и оснащенная новой инерциальной системой управления. Первый аварийный пуск ракеты Thor A состоялся 24 апреля 1958 г. Еще один вариант ракеты, предназначенный для запуска первых КА «Пионер» к Луне, дополнительно имел третью ступень «Авангарда» (твердотопливный двигатель Altair-1 X-248-A3) и именовался Thor Able I. Из 7 пусков РН Thor-DM18 Able полностью успешными оказались три.

21 января 1959 г. состоялся первый старт более мощной РН Thor-DM18 Agena A с фоторазведчиком Discoverer-1. Вторая ступень Agena A диаметром 1,52 м и общей длиной 5,86 м одновременно служила платформой фоторазведывательному оборудованию и капсуле для возвращения отснятой пленки. Из 15-ти запусков этой ракеты с КА Discoverer успешными были 8.

13 апреля 1960 г. впервые успешно стартовала РН Thor-DM21 Able-Star, вторая ступень которой имела жидкостный двигатель многократного включения в космосе. Затем были созданы ракеты Thor-DM21 Agena B (26.10.1960), Thor-DM21 Agena D (28.06.1962), Thor-SLV2A Agena D или Thrust Augmented Thor Agena D (28.02.1963), Thor-DSV2A Able-Star (28.09.1963), Thor-LV2D Burner-1 (19.01.1965), Thorad-SLV2G Agena-D или Thrust Augmented Long Tank Thor Agena-D (9.08.1966), Thor-LV2L Burner-2 (16.09.1966), Thor-LV2F Burner-2 (8.02.1967), Thorad-SLV2H Agena-D (5.06.1969). Все они стояли особняком от РН Delta стандартного ряда и широко использовались для запусков спутников-разведчиков и других КА. 15 июля 1980 г. последний запуск BBC США ракеты Thor-LV2F Star-37 с военным метеоспутником DMSP-5D1 F5 завершился аварией.

28 апреля 1959 г. Космический центр им. Годдарда (NASA) объявил о заключении контракта на 24 млн. долларов с фирмой Douglas Aircraft Company на запуск 12 КА с помощью трехступенчатой РН Thor Delta (Delta-DM19 или просто Delta), использующей в качестве верхних ступеней вторую и третью ступени ракеты «Авангард». Эта РН отличалась от Thor Able BBC США, в основном, усовершенствованной радиоинерциальной системой управления. 13 мая 1960 г. первый запуск РН Delta с комплекса LC-17A на мысе Канаверал с надувным баллоном Echo оказался неудачным, а 12 августа при втором старте КА Echo 1A диаметром 30 м, изготовленный из алюминизированной майларовой пленки для пассивного отражения радиосигналов, успешно вышел в космос. Последний из 12 запусков РН Delta (из них 11 успешных) состоялся 18 сентября 1962 г. 2 и 27 октября 1962 г. были проведены запуски РН Delta A с модернизированным жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) первой ступени MB-3-II, а с 13 декабря того же года по 19 марта 1964 г. из 9-ти запусков РН Delta B с удлиненной с 6,55 до 7,45 м второй ступенью 8 завершились успехом. В дальнейшем ракеты «Дельта» (рис. 11) модернизировались в среднем раз в год. (Для улучшения восприятия многие варианты РН, имевшие одинаковые внешние конфигурации, на этом рисунке не показаны.)

Вариант Delta C имел более мощную третью ступень X-258 Altair 2, а вариант D был оснащен тремя навесными твердотопливными ускорителями Castor-1 длиной 7,25 и диаметром 0,79 м. В дальнейшем использование разного количества (3, 4, 6 или 9-ти) различных стартовых ускорителей и верхних ступеней сильно расширило возможности РН «Дельта». Благодаря своей достаточно высокой надежности они широко использовались для вывода КА на околоземные орбиты разной высоты и наклона, на геопереходные орбиты и на межпланетные траектории полета. Основные параметры некоторых РН семейства «Дельта» приведены в табл. 2.

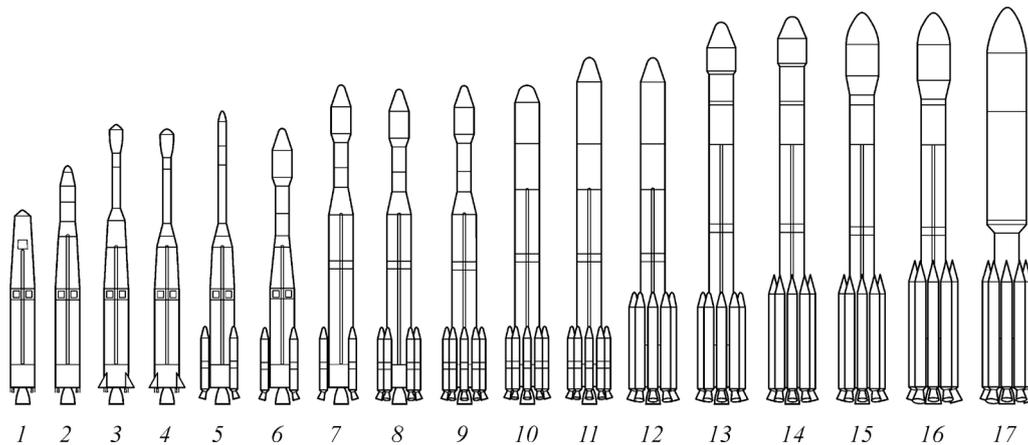


Рис. 11. БРСД «Тор», «Тор-Аджена А» и РН семейства «Дельта».

1 — Thor, 2 — Thor Agena A, 3 — Delta, 4 — Delta B, 5 — Delta E, 6 — Delta M, 7 — Delta M, 8 — Delta M6,
9 — Delta 900, 10 — Delta 1914-8, 11 — Delta 2914-8, 12 — Delta 3914-8, 13 — Delta 6925-9.5,
14 — Delta II 7925-9.5, 15 — Delta II 7925-10, 16 — Delta II 7925H-10L, 17 — Delta-3.

В 1972 г. прежние буквенно-цифровые обозначения РН Delta были заменены четырехразрядным кодом. Первая цифра кода определяла особенности первой ступени (типы навесных СТУ и ЖРД), вторая — количество СТУ, третья — тип второй ступени, четвертая — тип третьей ступени (0 — отсутствие ступени), а суффикс — тип головного обтекателя (при отсутствии суффикса предполагается стандартный головной обтекатель диаметром 2,9 м и длиной 8,49 м). Например, Delta 2914 означала РН с девятью СТУ Castor-2 и стандартным ГО.

10 ноября 1972 г. совершила первый полет модель Delta 1914 с корпусом постоянного диаметра 2,44 м у всех ступеней. Самой мощной ракетой семейства стала Delta-II 7925H-10L высотой 39,8 м, стартовой массой 285,8 т (см. табл. 2) и с удлинненным головным обтекателем диаметром 10 футов (3,05 м). Она оснащалась девятью графито-эпоксидными СТУ GEM-46 длиной 14,66 м, диаметром 1,17 м и стартовой массой около 19 т. Эта ракета в двухступенчатом варианте (Delta-II 7920H, рис. 12) была способна вывести на НОЗО до 6100 кг.



На базе РН «Дельта» в Японии были созданы ракеты N-1, N-2 и H-1. Ракета N-1 с 9 сентября 1975 г. по 3 сентября 1982 г. совершила 6 успешных полетов при 7 стартах, а N-2 и H-1 впервые стартовали в космос 11 февраля 1981 г. и 12 августа 1986 г. и выполнили 8 и 9 безаварийных полетов соответственно.

Ракеты семейства «Дельта» совершили 342 полета и продемонстрировали достаточно высокую надежность (0,953 при 16 авариях). С 5 мая 1997 г. 101 запуск РН «Дельта-2» был проведен успешно.

Ракеты семейства «Дельта» совершили 342 полета и продемонстрировали достаточно высокую надежность (0,953 при 16 авариях). С 5 мая 1997 г. 101 запуск РН «Дельта-2» был проведен успешно.

Рис. 12. РН Delta-II 7920H на старте.

Снимок NASA.

РН «Дельта-2» за все время своей эксплуатации с 14 февраля 1989 г. при 154 запусках потерпела лишь две аварии и показала надежность 0,987.

Всего РН семейства «Тор»-«Дельта» с 17 августа 1958 г. при 580 запусках потерпели 44 аварии (еще 16 запусков были частично успешными). При этом общая надежность РН семейства составила всего 0,897, что объясняется весьма высокой аварийностью ракет в первые годы их эксплуатации. В 1958–1961 гг. из 52 стартов РН ВВС США семейства «Тор» 18 были неудачными и еще 4 — частично успешными, т.е. их надежность оказалась всего 0,577, хотя у NASA ракеты «Дельта» уже тогда демонстрировали весьма приличную надежность. Запуск последней ракеты «Дельта-2» с метеоспутником запланирован на 10 ноября 2017 г. Этим стартом завершится эксплуатация РН семейства «Тор»-«Дельта». За время эксплуатации за счет всестороннего усовершенствования грузоподъемность широко использовавшихся РН «Дельта» удалось увеличить с 45 до 2171 кг при выводе КА на геопереходные орбиты (см. табл. 2), т.е. почти в 50 раз. Такой эффективности не продемонстрировало ни одно другое семейство РН.

В Советском Союзе роль, аналогичную американским ракетам семейства «Дельта», выполняли РН серии «Космос», созданные на базе БРСД Р-12 и Р-14 в днепропетровском ОКБ-586 М.К. Янгеля. Ракеты Р-12 и Р-14 имели дальность полета до 2000 и 4500 км соответственно. Они были приняты на вооружение в 1959 г. и 1961 г. и находились на боевом дежурстве в шахтных пусковых установках вплоть до их снятия с эксплуатации согласно договору о ликвидации ракет средней и меньшей дальности, заключенному между СССР и США 7 декабря 1987 г. Двухступенчатые РН «Космос-2» высотой 30 м, диаметром 1,65 м, стартовой массой 49,4 т и «Космос-3М» высотой от 31,5 до 32,4 м, диаметром 2,4 м (как и у «Дельты») и стартовой массой 108 т обеспечивали вывод с космодрома «Капустин Яр» на НОЗО до 450 кг и 1,5 т соответственно. С 27 октября 1961 г. по 18 июня 1977 г. РН «Космос» (63С1) и «Космос-2» (11К63) стартовали в космос 165 раз, а РН семейства «Космос-3» (65С3, 11К65, 11К65М и К65М-РБ) с 18 августа 1964 г. по 27 апреля 2010 г. использовались для орбитальных запусков более 460 раз. РН семейства «Космос» широко использовались также для суборбитальных запусков с различными полезными нагрузками в интересах министерства обороны СССР. Наиболее распространенная из этих РН — «Космос-3М». За время своей почти полувековой эксплуатации при 445 орбитальных пусках она продемонстрировала надежность 0,942.

Что касается общих тенденций развития ракетно-космической техники за 60 лет, можно отметить следующее. В начальный период освоения космического пространства упор был сделан на повышение грузоподъемности ракет-носителей за счет увеличения их стартовой массы, что диктовалось расширением решаемых космическими аппаратами задач и их постоянным усложнением и утяжелением. Всего за первые 10 лет стартовая масса РН выросла от 10,3 т («Авангард») до почти 3000 т («Сатурн-5»), а их грузоподъемность при доставке полезных грузов на низкие околоземные орбиты — от нескольких килограммов до 130 т. Затем наступил период систематического повышения надежности созданных РН и КА и их эффективности, увеличения длительности эксплуатации специализированных КА различных назначений (разведывательных, телекоммуникационных, дистанционного зондирования Земли и т.д.) с целью удешевления космических исследований. Последнее десятилетие характеризуется резким расширением доступа частных компаний в космос. При этом, благодаря достигнутым успехам электроники, появилась возможность создания миниатюрных спутников типа Cubesat размерами от 10×10×10 до 10×10×30 см и массой всего несколько килограммов. В настоящее время

Таблица 2

Основные варианты РН семейства «Дельта»

РН	Высота, м	Масса на старте, т	СТУ (кол-во × диаметр, м)	Тяга на старте, кН	Масса ПН, кг		Первый запуск	Кол-во запусков	
					НОЗО*	ГПО		Всего	Успешных
Дельта DM-19	28,4	51,1	–	676	270	45	13.05.1960	12	11
Дельта А (DM-21)	26,8	52,3	–	743	320	68	2.10.1962	2	2
Дельта В/С (DSV-3)	27,7	53,2	–	743	375/410	68/82	13.12.1962	9/13	8/12
Дельта D (DSV-3D)	29,7	65,4	3-0,79	1212	575	104	19.08.1964	2	2
Дельта E/G	28	69	3-0,79	1212	735/840	150/263	6.11.1965	23/2	23/2
Дельта N/M	32,4	91,4	3-0,79	1238	1000	356	16.08.1968	6/12	6/10
Дельта N6/M6	32	105,4	6-0,79	1238	1293	454	13.01.1969	3/1	2/1
Дельта 900	32,4	118,2	9-0,79	1711	816**	–	23.07.1972	2	2
Дельта 1914	32,4	133,5	9-0,79	1711	1800	680	10.11.1972	2	2
Дельта 2914	35,2	133,5	9-0,79	1867	1887	724	13.04.1974	30	29
Дельта 3914	35,2	196,3	9-1,00	2817	2494	954	13.12.1975	13	11
Дельта 3910/РАМ	35,2	185,4	9-1,00	2817	2494	1154	15.11.1980	7	7
Дельта 3920/РАМ	35,2	~185	9-1,00	2817	3452	1284	26.08.1982	6	6
Дельта 2 6925	38,8	210,6	9-1,00	3565	3983	1447	14.02.1989	14	14
Дельта 2 7925	39,4	230,9	9-1,02	3606	5030	1819	26.11.1990	69	67
Дельта 2 7925Н	39,8	285,8	9-1,17	4150	–	2171	8.07.2003	3	3
Дельта 2 7920Н	39,8	285,8	9-1,17	4150	6100	–	25.08..2003	3	3
Дельта 3	39,1	300	9-1,17	4150	8290	3810	27.08.1998	3	0

* При запуске в двухступенчатых вариантах

** Запуск на полярную орбиту

такие спутники доставляются на орбиту в качестве попутного груза при запусках основных КА. Например, 14 июля 2017 г. при выводе КА «Канопус-В-ИК» на солнечно-синхронную орбиту РН «Союз-2.1А» доставила в космос сразу 72 спутника такого типа. Применение стандартных платформ позволяет создавать дешевые спутники Cubesat для решения самых разных задач как небольшим фирмам, так и студенческим коллективам. Резкое расширение использования этих спутников вдохновило частные компании на разработки на новом технологическом уровне простых РН сверхлегкого класса грузоподъемностью всего несколько десятков или сотен килограммов. Примером такой РН является двухступенчатая ракета Electron высотой 17 м, диаметром 1,2 м и стартовой массой 10,5 т компании Rocket Lab, рассчитанная на доставку 150 кг на круговую орбиту высотой 500 км. Первый ее испытательный запуск с северного побережья Новой Зеландии состоялся 25 мая 2017 г. Разработки РН такого класса ведутся и другими частными фирмами, поэтому в скором времени ниша коммерческих запусков КА типа Cubesat нет никаких сомнений. После этого исследователи космического пространства будут иметь в своем распоряжении широкий спектр РН, способных своевременно решать самые разные задачи — от быстрой доставки миниатюрных КА стоимостью всего десятки тысяч долларов на низкие околоземные орбиты до отправки на межпланетные траектории сверхсложных КА стоимостью в несколько миллиардов долларов.

Автор признателен кураторам сайта Gunter's Space Page [11], материалы которого использовались при подготовке настоящей статьи.

Список литературы

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. М.: Машиностроение, 1967. 376 с.
2. Максимов А.И. Основоположник космонавтики // Теплофизика и аэромеханика. 2007. Т. 14, № 3. С. 329–342.
3. Максимов А.И. Восхождение к звездам. Краткая история развития ракетной техники и космонавтики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 448 с.
4. Maksimov A.I. Astronautics: past, present and future // 18th Int. Conf. on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR2016). Russia, Perm, 27 Jun.–3 Jul., 2016: AIP Conference Proceedings. S.I.: 2016. Vol. 1770. P. 030126.
5. Максимов А.И. Восхождение к звездам // Теплофизика и аэромеханика. 2011. Т. 18, № 2. С. 173–212.
6. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Подлипки — Капустин Яр — Тюратам. М.: РТСофт, 2006. 656 с.
7. Максимов А.И. Основоположник современной космонавтики // Теплофизика и аэромеханика. 2006. Т. 13, № 4. С. 507–529.
8. Лей В. Ракеты и полеты в космос. М.: Воен. изд-во МО СССР, 1961. 424 с.
9. Творческое наследие академика Сергея Павловича Королева. Избр. тр. и документы. М.: Наука, 1980. 592 с.
10. Космонавтика: энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1985. 528 с.
11. Gunter's Space Page. URL: <http://space.skyrocket.de/directories/chronology.htm>

Статья поступила в редакцию 31 мая 2017 г.