

УДК:629.7

antonkobelev85@mail.ru

**АНАЛИЗ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НАЗЕМНОЙ
КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОСМОДРОМОВ БАЙКОНУР
И ВОСТОЧНЫЙ ЗА ПЕРИОД 2011–2020 ГГ.**

**ANALYSIS OF NON-STANDARD SITUATIONS AT THE OBJECTS
OF THE GROUND SPACE INFRASTRUCTURE OF THE BAYKONUR
AND VOSTOCHNY SPACE FOR THE PERIOD 2011–2020**

*Кобелев А. М., кандидат технических наук,
Барбин Н. М., доктор технических наук, доцент,
Терентьев Д. И., кандидат химических наук, доцент,
Титов С. А.,
Кокорин В. В., кандидат технических наук, доцент,
Тужиков Е. Н., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kobelev A., Barbin N., Terentyev D.,
Titov S., Kokorin V., Tuzhikov E.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье проведен анализ нештатных ситуаций на космодромах Байконур и Восточный в период с 2011 по 2020 гг. Определено, что наибольшее количество аварийных ситуаций на космодроме Байконур было зафиксировано в 2011 г. В рассматриваемый период нештатные ситуации чаще всего происходили вследствие ошибки персонала. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций следующее: ошибки персонала – 27 %; компьютерные неисправности и срабатывание систем автоматики – 20 %; неисправности в третьей ступени ракета-носителя – 20 %; неисправности в перелетном модуле – 7 %; неисправности в разгонном блоке – 7 %; неисправности в беспилотном космическом корабле – 7 %; неисправности во второй ступени ракета-носителя – 6 %; причина не определена – 6 %. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М». Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей следующее: «Протон-М» – 33 %; «Союз-2.1а» – 27 %; «Союз-У» – 13 %; «Союз-2.1б» – 13 %; «Зенит-2СБ» – 7 %; «Союз-ФГ» – 7 %. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере. На земной поверхности произошли две нештатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока. За рассматриваемый период на космодроме Восточный произошли две нештатные ситуации. Первая – в 2016 г. вследствие срабатывания автоматической системы, которая прервала запуск. Возможные причины нештатной ситуации: проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Вторая была зафиксирована в 2017 г. Причина нештатной ситуации – несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска.

Ключевые слова: нештатная ситуация, авария, ракета-носитель, грузовой корабль, космодром.

The article analyzes emergency situations at the Baikonur and Vostochny cosmodromes in the period from 2011 to 2020. It was determined that the largest number of emergency situations at the Baikonur cosmodrome was recorded in 2011. In the period under consideration, emergency situations most often occurred due to personnel errors. The percentage of the causes of emergency situations is as follows: personnel errors – 27 %; computer malfunctions and activation of automation systems – 20 %; malfunctions in the third stage of the launch vehicle – 20 %; malfunctions in the flight module – 7 %; malfunctions in the upper stage – 7 %; malfunctions in an unmanned spacecraft – 7 %; malfunctions in the second stage of the launch vehicle – 6 %; the reason is not determined – 6 %. The largest number of emergency situations occurred during the launch of the Proton-M launch vehicles. The percentage of the number of emergency situations at the Baikonur cosmodrome from 2011 to 2020 by the type of launch vehicles the following: "Proton-M" – 33 %; Soyuz-2.1a – 27 %; Soyuz-U – 13 %; Soyuz-2.1b – 13 %; Zenit-2SB – 7 %; Soyuz-FG – 7 %. The largest number of abnormal situations occurred in the atmosphere. On the earth's surface, there were two emergency situations associated with the breakdown of the automation system and a malfunction of the computer unit. During the period under review, two abnormal situations occurred at the Vostochny cosmodrome. The first occurred in 2016 due to the activation of an automatic system that interrupted the launch. Possible causes of the abnormal situation: a problem with the drain valves; pinching the cable when installing one of the systems; incorrect soldering or abnormal docking of connectors. The second one was recorded in 2017. The reason for the abnormal situation is the imperfection of the algorithms of the software of the control system of the upper stage "Fregat" and incorrect azimuths of the launch.

Keywords: emergency situation, accident, launch vehicle, cargo ship, cosmodrome.

Актуальными проблемами освоения космоса всегда были высокий технический риск и рост числа аварий, что приводило к экологическим последствиям и значительному материальному ущербу. 24 октября 1960 г. на космодроме Байконур произошла самая крупная авария в истории ракетостроения. В результате пожара, по официальным данным, погибло 74 человека. Причиной аварии стал несанкционированный запуск двигателя второй ступени Р-16. Баки первой ступени были уничтожены, произошло взрывообразное возгорание компонентов ракетного топлива. Информация о катастрофе была засекречена, и первое упоминание о ней в советских СМИ появилось в 1989 г. 18 марта 1980 г. при подготовке к запуску ракеты-носителя «Восток-2М» произошел мощный взрыв. Недалеко от ракеты находились 141 человек, 48 из них погибли, 40 пострадали [1].

На стартовых площадках запуска ракет аварии могут происходить по разным причинам, начиная от ошибок в расчетах и заканчивая неисправностью самих

устройств. В работе рассмотрены и проанализированы нештатные ситуации, произошедшие на космодромах Байконур и Восточный с 2011 по 2020 гг. Проведен системный и статистический анализ.

В 2011 г. со стартового комплекса № 200/39 стартовала ракета-носитель «Протон-М» (серийный номер 99522) с новейшим российским спутником связи «Экспресс-АМ4». Из-за программной ошибки при работе разгонного блока «Бриз-М» спутник связи «Экспресс-АМ4» был выведен на нерасчетную орбиту [2–4].

В том же году произошла авария при запуске грузового корабля «Прогресс М-12М» ракетой «Союз-У» (серийный номер ПВБ L15000-132 132), стартовавшей с космодрома Байконур. На 325-й секунде полета произошло аварийное отключение двигателя третьей ступени ракеты. Около 2,6 тонн различных грузов и обломки «Прогресса М-12М» и «Союза-У» упали на территорию Республики Алтай. Причиной аварии стало засорение тракта подачи горючего [4, 5].

В том же году произошла нештатная ситуация при попытке вывода на межпланетную траекторию автоматической межпланетной станции «Фобос-Грунт» ракетаносителем «Зенит-2СБ» (серийный номер 2SB41.1, 2FG). Причина аварии – не произошло расчетное срабатывание маршевой двигательной установки перелетного модуля. В результате чего межпланетная станция не смогла покинуть окрестности Земли, оставшись на низкой околоземной орбите. Автоматическая межпланетная станция сгорела в плотных слоях земной атмосферы [4].

В 2012 г. с пусковой установки № 24 площадки № 81 космодрома Байконур был выполнен пуск ракеты-носителя «Протон-М» (серийный номер 935-31) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99532) и двумя спутниками «Экспресс-МД2» и «Телком-3». Во время второго включения двигателя разгонного блока нештатно остановились. Общее время работы двигателей составило 7 секунд, положенное время работы – 18 минут 5 секунд. Спутники не были выведены на положенную орбиту и не могут быть использованы по назначению [4].

В 2013 г. произошла авария на 32 секунде после запуска ракеты-носителя «Протон-М» (8K82KM, серийный номер 535-43) с разгонным блоком «ДМ-03» (серийный номер 2Л). На борту находились три навигационных спутника системы ГЛОНАСС («Глонасс-М» № 747, 749, 750). Причиной аварии стала неправильная установка датчиков при сборке ракеты в ноябре 2011 г. Датчики были перевернуты на 180 градусов, что привело к получению системой управления ракеты некорректных данных о ее ориентации. Ущерб для экологии Казахстана оценили в 14 млрд тенге, а потери России – в 100 млн долларов [4–6].

В 2014 г. произошел аварийный запуск «Протона-М» (8K82KM, серийный номер 935-45) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99547) и спутником связи «Экспресс-АМ4Р» (платформа Eurostar 3000). На 545-й секунде полета у ракеты отказал рулевой двигатель третьей ступени, в результате чего головная часть (разгонный

блок и спутник) не успела отделиться от носителя. Все составные части, а также компоненты топлива сгорели в плотных слоях атмосферы. Причиной аварии стала неисправность, которая привела к разрушению подшипника турбонасосного агрегата ступени ракеты [4, 5].

В 2015 г. стартовавшая с космодрома Байконур ракета «Союз-2.1а» (14А14, 372РН16, серийный номер G15000-022) не смогла вывести на расчетную орбиту грузовой корабль «Прогресс М-21М» (серийный номер 426), который направлялся к международной космической станции. 8 мая того же года грузовой корабль сошел с орбиты и сгорел в плотных слоях атмосферы, фрагменты корабля упали в воды Тихого океана на 900 км западнее Маркизовских островов. Причиной невыхода на орбиту стало нештатное разделение третьей ступени «Союза» с «Прогрессом». Согласно заключению комиссии по расследованию аварии чрезвычайное происшествие произошло из-за разгерметизации баков носителя с окислителем и горючим. К этому привели недостатки при опытно-конструкторских работах по совместному использованию ракеты и корабля [4–6].

В этом же году аварией завершился запуск с Байконура «Протона-М» (8K82KM серийный номер 935-54) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99555) и мексиканским спутником связи MexSat-1. На 497-й секунде полета отказал рулевой двигатель РД-0214 третьей ступени ракеты. Разгонный блок, третья ступень ракеты и спутник упали на территорию Забайкальского края. Причина аварии – «повышенные вибрагрузки, вызванные увеличением дисбаланса ротора турбонасосного агрегата, связанного с деградацией свойств его материала под действием высоких температур и несовершенством системы балансировки» [4, 5].

В 2016 г. во время запуска ракеты-носителя «Союз-2.1б» со спутником дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с космодрома Байконур автоматическая система запуска дала отбой на осуществление старта.

По информации источника в ракетно-космической отрасли, автоматика сработала до начала работы двигателей ракеты. Пуск ракеты был перенесен на резервную дату – 13 марта [7].

В этом же году произошел аварийный запуск с Байконура ракеты «Союз-У» (серийный номер R15000-148) с кораблем «Прогресс МС-04» (11Ф615А61, серийный номер 434, ISS-65P). На 383-й секунде полета, во время работы третьей ступени ракеты, перестала поступать телеметрическая информация. Потеря корабля произошла на высоте около 190 км над землей. Большая часть обломков сгорела в плотных слоях атмосферы, часть фрагментов упала в 100 км западнее Кызыла. Госкомиссия, расследующая причины аварии, пришла к выводу, что «произошло нештатное механическое разделение» третьей ступени ракеты и корабля. Причина аварии – разрушение бака окислителя третьей ступени «Союза-У» из-за возгорания насоса окислителя двигателя РД-0110. К возгоранию могло привести попадание посторонних частиц в полость насоса или возможное нарушение технологии сборки двигателя [4–6].

В 2017 г. произошла нештатная ситуация после запуска ракеты-носителя «Союз-2.1а» со спутником дистанционного зондирования Земли «Канопус-В-ИК» и 72 малыми аппаратами. Не вышли на связь два малых космических аппарата «МКА-Н» № 1, 2 российской компании «Даурия Аэропейс». Не смогли определить координаты одного из наноспутников Dove американской компании Planet Lab. Краудфандинговый спутник «Маяк» Московского политехнического университета не смог раскрыть свой солнечный парус размером 3×3 метра [7].

В 2018 г. ракета «Союз-2.1а» не смогла стартовать с грузовым кораблем «Прогресс МС-08» в расчетное время с космодрома Байконур, пуск был отменен. Согласно источнику в ракетно-космической отрасли, к отмене пуска могли привести непрохождение сигнала через разъем к борткомпьютеру

или неисправность компьютера. Компьютерный блок был заменен, и 13 февраля ракета «Союз-2.1а» с грузовым кораблем «Прогресс МС-08» стартовала с космодрома Байконур [7].

В этом же году произошла крупнейшая авария в истории отечественной пилотируемой космонавтики за последние десятилетия. Ракета-носитель «Союз-ФГ» (серийный номер U15000-062) не смогла вывести на орбиту космический корабль «Союз МС-10» с новым экипажем МКС. На борту находились Алексей Овчинин (Россия) и Ник Хейг (США), которым удалось эвакуироваться на Землю в спасательной капсуле. Причина аварии – неправильная работа датчика разделения первой и второй ступеней. Далее один из боковых блоков первой ступени не отошел на необходимое расстояние и ударил по баку горючего второй ступени, что привело к разрыву бака [4, 7].

В 2019 г. произошла нештатная ситуация на третьей ступени ракеты «Союз-2.1б», которая привела к тому, что разгонный блок «Фрегат» со спутником EgyptSat-A был выведен на суборбитальную траекторию с перигеем на 57 километров ниже номинального. Спутник был выведен на расчетную орбиту за счет запасов топлива и работы интеллектуальной системы «Фрегат», которая смогла скорректировать недовыведение. Причина нештатной ситуации – досрочное выключение двигателя третьей ступени ракеты «Союз-2.1б», связанное с преждевременным окончанием окислителя, из-за недолива перед пуском. Недолив произошел вследствие неправильной настройки датчиков уровня заправки топливом в баке ракеты [7].

В этом же году ракета-носитель «Союз-2.1а» с кораблем «Союз МС-14» успешно стартовала с Байконура. Позднее беспилотный космический корабль «Союз МС-14» с роботом FEDOR на борту не смог пристыковаться к модулю «Поиск» Российского сегмента МКС [7].

В табл. 1 представлено описание нештатных ситуаций на космодроме Байконур за 2011–2020 гг.

Таблица 1
 Нештатные ситуации на космодроме Байконур за 2011–2020 гг.

Дата нештатной ситуации	Причина нештатной ситуации	Последствия	Место возникновения: атмосфера/ земная поверхность
18 августа 2011 г.	ошибки при формировании циклограммы (точное расписание команд, которые подаются на приборы космического аппарата) работы разгонного блока «Бриз-М»	не известно	атмосфера
24 августа 2011 г.	засорение тракта подачи горючего	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
8 ноября 2011 г.	несрабатывание маршевой двигательной установки перелетного модуля	материальные потери	атмосфера
6 августа 2012 г.	нештатная остановка двигателей разгонного блока	материальные потери	атмосфера
2 июля 2013 г.	неправильная установка датчиков при сборке ракеты	ущерб для экологии – 14 млрд тенге, потери России – 100 млн долларов	атмосфера
16 мая 2014 г.	отказ рулевого двигателя третьей ступени	материальные потери	атмосфера
28 апреля 2015 г.	разгерметизация баков носителя с окислителем и горючим	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
16 мая 2015 г.	деградация свойств материала ротора турбонасосного агрегата под действием высоких температур и несовершенство системы балансировки	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
12 марта 2016 г.	отбой системы автоматики	последствий нет	земная поверхность
1 декабря 2016 г.	разгерметизация баков носителя с окислителем и горючим, брак при сборке ракетного двигателя РД-0110	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
14 июля 2017 г.	не определена	неизвестно	атмосфера
11 февраля 2018 г.	неисправность компьютерного блока	неизвестно	земная поверхность
11 октября 2018 г.	неправильная работа датчика разделения первой и второй ступеней	материальные потери	атмосфера
21 февраля 2019 г.	неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом в баке ракеты	неизвестно	атмосфера

24 августа 2019 г.	поломка оборудования системы стыковки «Курс» на модуле «Поиск»	неизвестно	атмосфера
-----------------------	--	------------	-----------

С 2011 по 2020 гг. на космодроме Байконур зарегистрировано 15 нештатных ситуаций. Наибольшее количество было за-

фиксировано в 2011 г. (рис. 1). В 2020 г. нештатных ситуаций на космодроме Байконур не произошло.

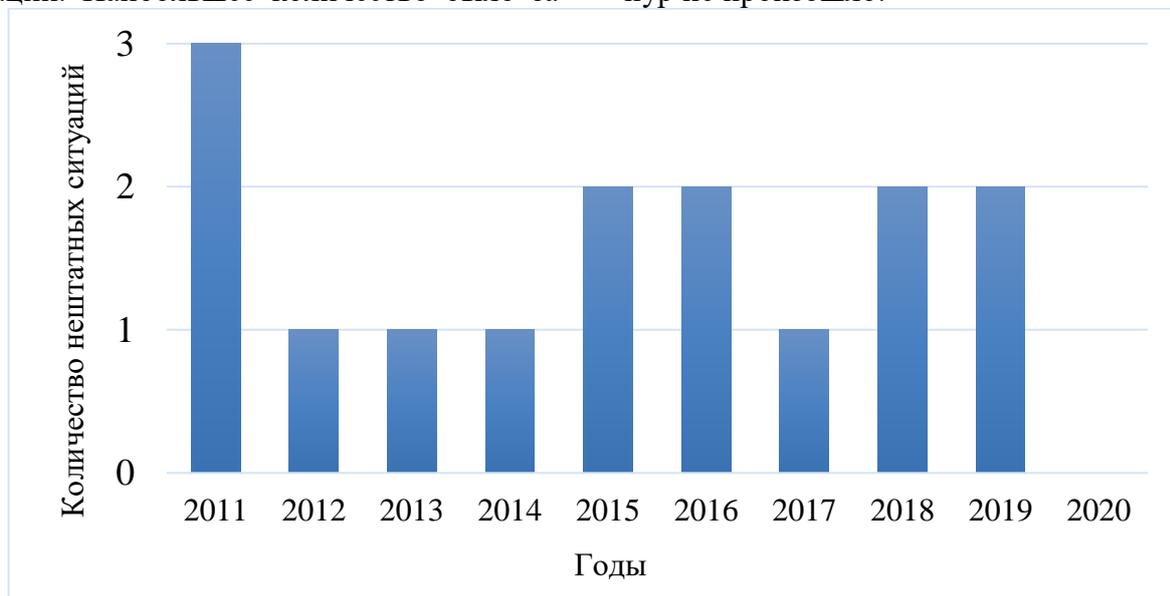


Рисунок 1. Распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг.

За рассматриваемый период времени нештатные ситуации чаще всего происходили вследствие ошибки персонала. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций следующее: ошибки персонала (недостатки при опытно-конструкторских работах, сборке ракеты, неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом) – 27 %; компьютерные неисправности

и срабатывание систем автоматики – 20 %; неисправности в третьей ступени ракета-носителя – 20 %; неисправности в перелетном модуле – 7 %; неисправности в разгонном блоке – 7 %; неисправности в беспилотном космическом корабле – 7 %; неисправности во второй ступени ракета-носителя – 6 %; причина не определена – 6 % (рис. 2).



Рисунок 2. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг.

На рис. 3 представлено процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М».

Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей следующее: «Протон-М» – 33 %; «Союз-2.1а» – 27 %; «Союз-У» – 13 %; «Союз-2.1б» – 13 %; «Зенит-2СБ» – 7 %; «Союз-ФГ» – 7 %.

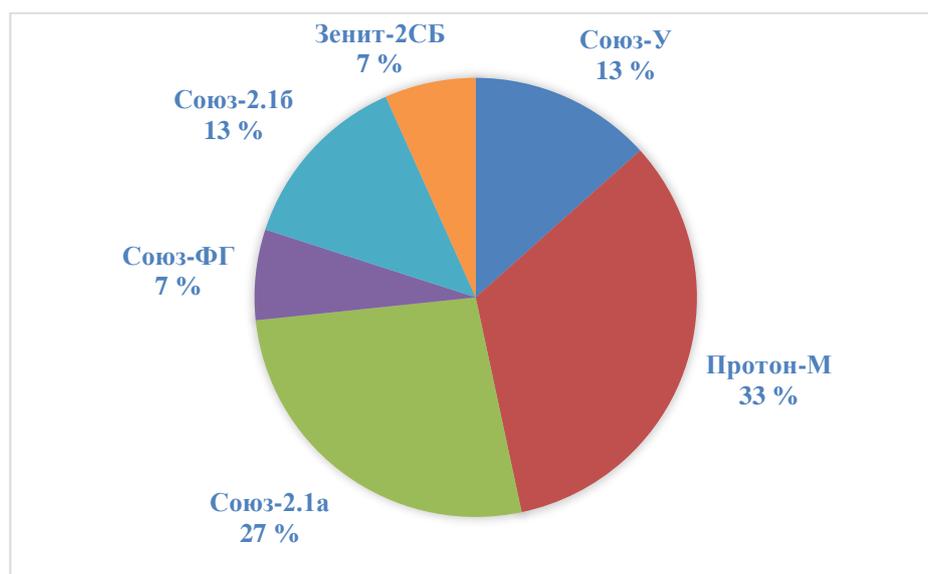


Рисунок 3. Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей

На рис. 4 представлено распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по месту возникновения. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере.

На земной поверхности произошли две нештатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока.

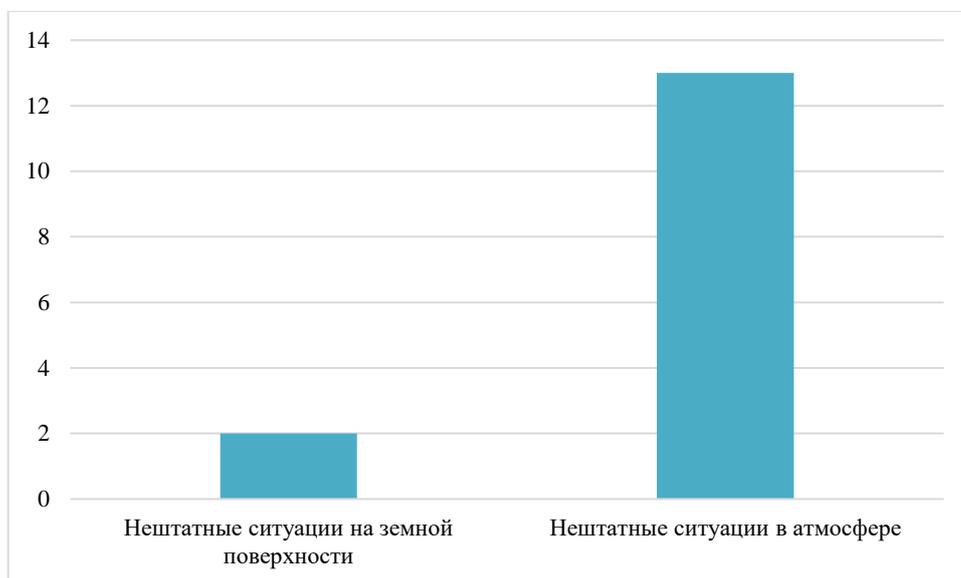


Рисунок 4. Распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по месту возникновения

27 апреля 2016 г. должен был состояться первый исторический пуск ракеты-носителя «Союз-2.1а» с космодрома Восточный с тремя спутниками, однако сработала автоматическая система, которая прервала запуск. Причина нештатной ситуации – не прошло подтверждение нормальной работы систем [7, 8].

Были выявлены недостатки в работе одного из кабелей, который был заменен. При подготовке к первому запуску было предложено более двадцати пожеланий для улучшения работы различных систем. Существуют и другие версии произошедшего: автоматическая отмена запуска могла произойти на этапе наддува баков ракеты-носителя, проблема могла возникнуть с дренажными клапанами. В качестве причины

рассматривается пережатие кабеля при монтаже одной из систем, некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Пуск успешно был произведен 28 апреля [7, 8].

28 ноября 2017 г. ракета «Союз-2.1б» (14A14, 372PH17, серийный номер N15000-001) с разгонным блоком «Фрегат» и 19 спутниками стартовала с космодрома Восточный и штатно достигла промежуточной орбиты. Позднее Роскосмос сообщил, что связь со спутником «Метеор-М» № 2-1, который должен был отделиться первым, установить не удалось, так как аппарат отсутствовал на целевой орбите. Разгонный блок со спутниками упал в океан [4, 7, 9].

В табл. 2 представлено описание нештатных ситуаций на космодроме Восточный за период 2011–2020 гг.

Таблица 2
Нештатные ситуации на космодроме Восточный за 2011–2020 гг.

Дата нештатной ситуации	Причина нештатной ситуации	Последствия	Место возникновения: атмосфера/земная поверхность
27 апреля 2016 г.	проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов (причина не выяснена)	не известно	земная поверхность
28 ноября 2017 г.	несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера

Анализ нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. показал, что наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в 2011 г. Основными причинами возникновения нештатных ситуаций были: ошибки персонала (недостатки при опытно-конструкторских работах, сборке ракеты, неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом), компьютерные неисправности и срабатывание систем автоматики, неисправности в третьей ступени ракета-носителя. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М», «Союз-2.1а». Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере. На земной поверхности произошли две не-

штатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока.

За рассматриваемый период на космодроме Восточный произошли две нештатные ситуации. Первая произошла в 2016 г. вследствие срабатывания автоматической системы, которая прервала запуск. Возможные причины нештатной ситуации: проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Вторая была зафиксирована в 2017 г. Причина нештатной ситуации – несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска.

Литература

- 10 громких катастроф в истории космонавтики. URL: <https://dymontiger.livejournal.com/620802.html> (дата обращения: 25.05.2021).
- Третьяков И. А., Кравченко А. В. Основные проблемы космических запусков за 2014–2018 годы // Сб. мат. V Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню космонавтики «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (8–12 апреля 2019 г., Красноярск): в 3 т.; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2019. Т. 1. С. 174–176.
- Беляков Г. П., Анищенко Ю. А., Сафронов М. В. Риски космических проектов. Анализ неудачных космических запусков // Вестник СибГАУ. 2014. № 5 (57). С. 208–215.
- Астрономия. URL: <http://www.astro.websib.ru/kosmo/sprav/avaria> (дата обращения: 25.05.2021).
- ТАСС. URL: <https://tass.ru/info/4764721> (дата обращения: 12.05.2021).
- Inform БЮРО. URL: <https://informburo.kz/stati/kakie-avarii-proizoshli-na-baykonure-za-poslednie-gody-i-chto-eto-znachit-dlya-kosmonavтики.html> (дата обращения: 12.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20210217/situatsii-1597823332.html> (дата обращения: 17.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20160504/1426080068.html> (дата обращения: 17.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20171212/1510707313.html> (дата обращения: 21.05.2021).

References

1. 10 gromkih katastrof v istorii kosmonavтики. URL: <https://dymontiger.livejournal.com/620802.html> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
2. Tret'yakov I. A., Kravchenko A. V. Osnovnye problemy kosmicheskikh zapuskov za 2014–2018 gody // Sb. mat. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj Dnyu kosmonavтики «Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики» (8–12 aprelya 2019 g., Krasnoyarsk): v 3 t.; SibGU im. M. F. Reshetneva. – Krasnoyarsk, 2019. T. 1. S. 174–176.
3. Belyakov G. P., Anishchenko YU. A., Safronov M. V. Riski kosmicheskikh proektov. Analiz neudachnykh kosmicheskikh zapuskov // Vestnik SibGAU. 2014. № 5(57). S. 208–215.
4. Astronomiya. URL: <http://www.astro.websib.ru/kosmo/sprav/avaria> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
5. TASS. URL: <https://tass.ru/info/4764721> (data obrashcheniya: 12.05.2021).
6. Inform BYURO. URL: <https://informburo.kz/stati/kakie-avarii-proizoshli-na-baykonure-za-poslednie-gody-i-chto-eto-znachit-dlya-kosmonavтики.html> (data obrashcheniya: 12.05.2021).
7. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20210217/situatsii-1597823332.html> (data obrashcheniya: 17.05.2021).
8. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20160504/1426080068.html> (data obrashcheniya: 17.05.2021).
9. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20171212/1510707313.html> (data obrashcheniya: 21.05.2021).