

## О нештатных ситуациях при запуске российского космического спутника связи «Экспресс-МД2»

© А.В. Кудрявцева

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*В последнее время отмечается увеличение аварийных запусков телекоммуникационных спутников связи и спутников двойного назначения. Исследована причина возникновения нештатной ситуации (НШС) при запуске российского космического спутника связи «Экспресс-МД2». С учетом отмены по техническим причинам планируемого запуска российского космического аппарата выдвинуто предположение, что основой для составления новой циклограммы полета послужила циклограмма-отчет ранее успешно запущенного канадского спутника Nimiq-6. При совмещении циклограмм обнаружен ряд сходств. В рамках работы проведен анализ двух циклограмм и вычислена возможная ошибка, совершенная при их пересчете. В результате исследования выявлена систематическая ошибка специалистов на Байконуре — рассогласование во времени между бортовым временем, установленным на энергонезависимых часах разгонного блока, и декретным временем, по которому была выполнена часть расчетов штатной циклограммы полета космического аппарата. Сделано заключение о том, что при наличии предварительно опубликованной циклограммы полетного задания можно вычислить момент возникновения и окончания НШС. Во избежание потери телеметрической связи необходимо иметь наземные (надводные) средства слежения.*

**Ключевые слова:** нештатная ситуация, спутник «Экспресс-МД2», космический аппарат, циклограмма.

По данным NORAD [1], ежегодно около 40 % запусков космических аппаратов (КА) осуществляется ракетами-носителями (РН), произведенными в России. Из анализа статистики запусков российских КА следует, что отказов при запусках с коммерческими полезными нагрузками значительно меньше по сравнению с федеральными запусками спутников. Начиная с 2011 г. неудачные запуски составили 7 % от общего их числа. Сбоями техники, как правило, сопровождаются основные российские группировки КА военного либо двойного назначения. Попытки ввода в эксплуатацию нового поколения спутников навигационной системы ГЛОНАСС заканчивались катастрофой или техническим выходом из строя действующего спутника на орбите. Группировку КА не удастся собрать с момента начала реализации проекта явного конкурента — американской системы GPS. На 12 успешно введенных в строй спутников приходится 11 потерянных.

Особого внимания заслуживает принцип выявления причин, на которые указывает Межведомственная комиссия Госкорпорации

(МВК) «Роскосмос» по итогам аварийного сбоя или катастрофы при запуске КА или нештатной ситуации (НШС) с ним [2]. Катастрофа КА практически полностью уничтожает доказательную базу, что затрудняет объективное расследование причины НШС. По-видимому, в качестве доказательства необходимо использовать косвенные данные, которые могут подтвердить или опровергнуть версию НШС. Согласно выводам по НШС, опубликованным МВК 7 августа 2012 г., запуск РН «Протон-М», выведившей на орбиту российский спутник связи «Экспресс-МД2» и индонезийский спутник «Телком 3», закончился нештатно. Вследствие сбоя в работе разгонного блока (РБ) «Бриз-М» спутники не были выведены на геостационарную орбиту. Причиной НШС на четвертом этапе полета стал сбой в тракте наддува топливного бака, в результате чего компоненты топлива перестали поступать в маршевую двигательную установку (МДУ) РБ и он автоматически (неаварийно — *Авт.*) прекратил работу в 02:00:01 ДМВ через 7,089 с после включения МДУ-3 РБ.

Анализ данных о работе РБ «Бриз-М» КА «Экспресс-МД2» позволил предположить версию событий полета, отличную от версии МВК. Планируемый заранее запуск российского КА был отменен по техническим причинам. Стандартное выведение КА на геопереходную орбиту выполняется по четырехимпульсной схеме и включает в себя доразгон для выхода на низкую орбиту, два импульса в перицентре орбиты для поднятия высоты апоцентра (один импульс невыгоден энергетически из-за малой тяги маршевого двигателя) и импульс в апоцентре для поднятия высоты апоцентра и изменения наклона. Запуск 7 августа 2012 г. запланировали провести по иной циклограмме полета. Поскольку полезная нагрузка была легче, чем при коммерческих пусках, предполагалось выполнить лишь один перигейный импульс большей продолжительности, что сокращало на виток продолжительность выведения КА на целевую орбиту, т. е. максимально приближенный к коммерческим пускам.

Вероятно, в качестве основы для составления новой циклограммы была использована циклограмма-отчет о летных испытаниях ранее успешно запущенного канадского спутника Nimiq-6. Время начала и окончания первых четырех этапов, отсчитываемое от момента команды «Контакт подъема» (далее КП), совпадало на протяжении нескольких часов. При этом имелись три существенных различия:

- время запуска канадского КА (22:12:14 ДМВ) было смещено относительно ДМВ и опережало время запуска российского спутника (22:31:00 ДМВ) на 1 126 с;

- вывод на переходную орбиту на четвертом этапе полета КА «Экспресс-МД2» осуществлялся по экономной схеме, объединяющей два этапа полета летных испытаний для КА Nimiq-6. Вследствие от-

сутствия временного интервала между двумя этапами расчетное полетное время вывода на переходную орбиту КА «Экспресс-МД2» от момента КП должно было уменьшиться по сравнению с временем вывода КА Nimiq-6;

- операция «Сброс ДТБ» (сброс дополнительных топливных баков) на пятом этапе полета для КА «Экспресс-МД2» по причине экономии была запланирована на переходной орбите.

Временной интервал между двумя этапами полета вычисляется следующим образом. Для КА Nimiq-6 продолжительность операции «Сброс ДТБ» составила 52 с (44 с инерционного полета и 8 с — работа двигателей малой тяги (ДМТ)). Операция «Сброс ДТБ» была выполнена до момента вывода КА на переходную орбиту по истечении 13 719,089 с от КП или в 02:00:53,089 ДМВ (табл. 1).

*Таблица 1*

**Циклограмма полета КА Nimiq-6**

№	Операция	Расчетное полетное время		ДМВ	Данные источника информации	
		ч:м:с от КП	с от КП		Время, с от КП	Отклонение, с
3	Контакт подъема	00:00:00.000	0,000	22:12:14,000	0,000	0,000
27	Включение системы обеспечения запуска СОЗ-4 РБ					
281	Отделение ДТБ					
33	Выключение МДУ-4 РБ (вывод КА на переходную орбиту)		13 719,089	02:00:53,089		0,000

Для российского КА «Экспресс-МД2» в связи с принятым решением об экономии топлива необходимо было пересчитать время запуска пятого этапа, на котором планировалась операция «Сброс ДТБ» на переходной орбите ( $13\ 667,089 = 13\ 719,089 - 52$  с от КП). Поскольку время запуска российского КА было смещено относительно канадского времени на 1 126 с, то время начала пятого этапа должно было соответствовать 02:18:55 ДМВ, а окончания — 02:19:03 ДМВ (табл. 2) [3].

**Штатная циклограмма полета КА «Экспресс-МД2»**

№	Операция	Расчетное полетное время		ДМВ	Данные источника информации	
		ч:м:с от КП	с от КП		Время, с от КП	Отклонение, с
3	Контакт подъема	00:00:00,000	0,000	22:31:00,000	0,000	0,000
26	Включение МДУ-3 РБ		12 534,000	01:59:54,000		
27	Выключение МДУ-3 РБ (вывод КА на переходную орбиту)		13 618,000	02:17:58,000		
32	Включение СОЗ-4 РБ		13 667,089	02:18:55		
33	Отделение ДТБ		13 675,089	02:19:03		

Складывается впечатление, что из-за крайне ограниченного времени принятия решения специалисты могли совершить логическую ошибку, проведя арифметические операции сначала с второстепенным членом таблицы расчета полетного задания, а затем с основным. А именно, от времени окончания четвертого этапа вывода на переходную орбиту КА Nimiq-6 вычли 52 с (02:00:53 ДМВ – 52 с = 02:00:01 ДМВ) и уже затем пересчитали расчетное полетное время в секундах от КП (02:00:01 ДМВ = 12541 с от КП) (табл. 3).

Таблица 3

**Расчетная циклограмма полета КА «Экспресс-МД2»**

№	Операция	Расчетное полетное время		ДМВ	Данные источника информации	
		ч:м:с от КП	с от КП		Время, с от КП	Отклонение, с
3	Контакт подъема	00:00:00,000	0,000	22:31:00,000	0,000	0,000
26	Включение МДУ-3 РБ		12 534,000	01:59:54,000		
27	Выключение МДУ-3 РБ		13 618,000	02:17:58,000		
32	Включение СОЗ-4 РБ		12 541,089	02:00:51		1 126,000
33	Отделение ДТБ		13 675,089	02:17:23		

Во время летных испытаний российского КА был реализован следующий сценарий полета на четвертом и пятом этапах (табл. 4).

**Запуск пятого этапа российского КА состоялся через 7,089 с после включения МДУ-3 РБ** или на 1 126 с раньше, чем было необходимо для включения СОЗ-4 РБ:  $12\ 541 = 13\ 719 - 52 - 1\ 126$ , с от КП, или **в 02:00:01 ДМВ**. Старт пятого этапа РБ **автоматически** (неаварийно — *Авт.*) прекратил работу четвертого этапа РБ.

Таблица 4

Циклограмма полета КА с НШС

№	Операция	Расчетное полетное время		ДМВ	Данные источника информации	
		ч:м:с от КП	с от КП		Время, с от КП	Отклонение, с
3	Контакт подъема	00:00:00,000	0,000	22:31:00,000	0,000	0,000
26	Включение МДУ-3 РБ		12 534,000	01:59:54,000		
27	Выключение МДУ-3 РБ		12 541,089	02:00:51		(-)
32	Включение СОЗ-4 РБ		12 541,089	02:00:51		(+)
33	Отделение ДТБ		13 675,089	02:17:23		(+) 8,000
						Взрыв

Работа ДМТ СОЗ-4 РБ на пятом этапе должна была завершиться в соответствии с циклограммой полетного задания по истечении 13 675 с полета от КП, т. е. через запредельное время эксплуатации для двигателей такого типа. О результате работы СОЗ-4 РБ в таких условиях Роскосмосу стало известно от специалистов системы NORAD.

По данным NORAD, РБ российского спутника связи «Экспресс-МД2» и индонезийский спутник «Телком 3» взорвались, создав облако фрагментов, потенциально опасных для Международной космической станции (МКС) и других КА на околоземной орбите.

Следует отметить, что Россия отказалась от размещения в Южном полушарии системы надводных кораблей, осуществляющих слежение за своими спутниками, передав эту функцию НАСА и ЕКА. При этом можно констатировать периодическую потерю телеметрической связи. «Непонятны частые сбои с нашими аппаратами в тот период, когда они летят над теневой для России стороной Земли — там, где мы не видим аппарат и не принимаем с него телеметрию. Не хочется никого обвинять, но сегодня есть очень мощные средства воздействия на космический аппарат, возможности применения которых нельзя исключить», — заявил глава Роскосмоса В.А. Поповкин в период многомесячного немого полета КА «Фобос-Грунт».

Научно-исследовательское судно (НИС) «Космонавт Виктор Пацаев» — единственное в мире судно космической связи — до 1994 г. входило в состав командно-измерительного комплекса, предназначенного для контроля и управления полетами спутников и межпланетных станций, приема и обработки информации, связи с космонавтами. Практически это плавучий измерительный пункт на акватории Мирового океана. Для осуществления этой работы корабль был оснащен универсальной телеметрической системой и специальной техникой. Он и сегодня выполняет прежние задачи — обеспечивает связь с МКС. Судно на плаву, износ корпуса составляет 7 %, судовые механизмы исправны. Экипаж старается поддерживать его в рабочем состоянии. Однако через год предполагается утилизация НИС «Космонавт Виктор Пацаев».

**Заключение.** Без выявления действительных причин возникновения НШС гарантий успешных запусков РН и полетов российских спутников быть не может. Российские средства слежения в настоящее время не позволяют поддерживать постоянную прямую связь с КА, и поэтому приходится пользоваться иностранными ретрансляционными сетями. Потери телеметрической связи можно было бы избежать при осуществлении слежения российскими наземными (надводными) средствами.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Live real time satellite tracking and predictions. URL: <http://www.n2yo.com/>
- [2] Федеральное космическое агентство. URL: <http://www.federspace.ru/>
- [3] ГКНПЦ имени М.В. Хруничева. URL: <http://www.khrunichev.com/main.php?id=7>

Статья поступила в редакцию 02.06.2016

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Кудрявцева А.В. О нештатных ситуациях при запуске российского космического спутника связи «Экспресс-МД2». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2016, вып. 7.

<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2016-07-1510>

*Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на XL Академических чтениях по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 26–29 января 2016 г.*

**Кудрявцева Анастасия Викторовна** родилась в 1993 г., студентка магистратуры кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
e-mail: [anastasia.nnn2011@yandex.ru](mailto:anastasia.nnn2011@yandex.ru)

## **About emergency situations with the federal space launch of communication satellite "Express - MD2"**

© A.V. Kudryavtseva

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Russia

*Recently there has been an increase of emergency launches of telecommunication satellites and dual purpose satellites. The article investigates the cause of the emergency situation (ES) with the federal space launch of communication satellite "Express - MD2". Knowing that the planned in advance launch of the Russian spacecraft has been canceled due to technical reasons, it is suggested that the new cyclogram was based on the cyclogram-report of the previously successfully launched Canadian satellite «Nimiq- 6". When matching cyclograms a number of similarities was found. In the frame of the work the analysis of the two cyclograms was conducted and the possible error committed in their translation was calculated. The study revealed a bias of experts at Baikonur, which was a time mismatch between the on-board time set in the volatile booster clock, and the day-light saving time, according to which a part of the old spacecraft flight cyclogram calculations was made. Thus having previously published flight task cyclogram it is possible to calculate the time of the ES occurrence and its end. To avoid loss of telemetry it is necessary to have the ground (above-water) tracking aids.*

**Keywords:** *emergency situation, the satellite "Express – MD2", spacecraft, cyclogram.*

### REFERENCES

- [1] *Live real time satellite tracking and predictions.* Available at: <http://www.n2yo.com>
- [2] *Federalnoe Kosmicheskoe Agentstvo* [Federal Space Agency]. Available at: <http://www.federspace.ru/>
- [3] *Gosudarstvennyy kosmicheskij nauchno-proizvodstvennyy tsentr imeni M.V. Khrunicheva* [Khrunichev State Research and Production Space Center]. Available at: <http://www.khrunichev.ru/>

**Kudryavtseva A.V. (b. 1993),** M. Sc. Student, Department of Ecology and Industrial Safety, Bauman Moscow State Technical University.  
e-mail: [anastasia.nnn2011@yandex.ru](mailto:anastasia.nnn2011@yandex.ru)