

# HYPOTHESIS ON ONE CAUSE OF TWO SPACE ROCKET ACCIDENTS

**Alexey G. GONCHAR,**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Launch Complexes Department of the Moscow Aviation Institute., Academician of K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, an expert of the Russian Academy of Sciences, chief designer of the direction of JSC "EKA", Moscow, Russia, [vkz2000@yandex.ru](mailto:vkz2000@yandex.ru)

**Fedor N. LYUBCHENKO,**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, employee of TsNIIMash (1975–2014), member of the Scientific and Technical Council of the Foundation for Advanced Research (2012–2014), Korolev, Russia, [fedornl@yandex.ru](mailto:fedornl@yandex.ru)

**ABSTRACT** | The data on two emergency launches of space rockets in 1975 and in 2015 under the manned programs of the USSR and Russia are analyzed.

On the base of the data analysis concerning the external manifestation and the course of two emergencies, a hypothesis is proposed about the possibility of their single cause, which is associated with the flows of charged particles that overcame the Earth's protective radiation belts and could lead to accidents during the launches of Soyuz and Progress spacecraft.

**Keywords:** launch vehicle, transport cargo ship, manned spacecraft, launch of a space rocket, launch of a spacecraft, emergency launch

# ГИПОТЕЗА ОБ ОДНОЙ ПРИЧИНЕ ДВУХ АВАРИЙ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ



**Алексей Григорьевич ГОНЧАР,**

доктор технических наук, профессор кафедры «Стартовые комплексы» института № 12 ФГБОУ ВО МАИ, академик РАКЦ, эксперт РАН, главный конструктор направления АО «ЭКА», Москва, Россия, [vkz2000@yandex.ru](mailto:vkz2000@yandex.ru)



**Федор Николаевич ЛЮБЧЕНКО,**

доктор физико-математических наук, с 1975 по 2014 – сотрудник ФГУП ЦНИИмаш (в настоящее время – АО «ЦНИИмаш»), в 2012 – 2014 – член научно-технического совета Фонда перспективных исследований, Королёв, Россия, [fedornl@yandex.ru](mailto:fedornl@yandex.ru)

**АННОТАЦИЯ** | В статье анализируются данные о двух аварийных пусках ракет космического назначения в 1975 и 2015 годах по пилотируемым программам СССР и России.

На основе анализа данных о внешнем проявлении и ходе двух аварийных ситуаций предложена гипотеза о возможности их единой причины. Гипотеза связана с потоками заряженных частиц, которые преодолели защитные радиационные пояса Земли и могли привести к авариям при запусках КА «Союз» и «Прогресс».

**Ключевые слова:** ракета-носитель, транспортный грузовой корабль, пилотируемый космический корабль, пуск ракеты космического назначения, запуск космического аппарата, аварийный пуск

## ВВЕДЕНИЕ

Написание настоящей статьи обусловлено двумя факторами:

1) по мнению авторов, вывод межведомственной комиссии, проводившей расследование аварийного запуска 28 апреля 2015 года ракетой-носителем «Союз-2.1а» транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс М-27М», является недостаточно обоснованным. Изначальную ошибку вывода определяет неверное изложение причинно-следственных связей возникновения аварии и объявление виновником случившегося изготовителя двигательной установки — Воронежский механический завод [1];

2) существует опасность возникновения подобной аварии в третий раз при запуске КА по пилотируемой программе, особенно с космонавтами на борту. Настоящую причину обеих произошедших аварий авторы расследовали и выдвигают в качестве гипотезы. Данную гипотезу необходимо либо опровергнуть, либо подтвердить и, в случае подтверждения, принять меры по предотвращению этой причины. Важно принять во внимание то, что ее последствия при запуске космонавтов могут быть трагичными, о чем свидетельствуют, например, описания аварии 1975 года, опубликованные в СМИ [2].

Изучая материалы по авариям и катастрофам советских и российских пилотируемых кораблей, опубликованные ТАСС [3] и другими СМИ [2], авторы пришли к выводу, что с большой вероятностью причина аварии 2015 года была аналогична причине аварии 5 апреля 1975 года — при запуске пилотируемого космического корабля «Союз-18-1». В ходе запуска в 1975 году на орбитальную станцию «Салют-4» должны были быть доставлены космонавты Василий Лазарев и Олег Макаров.

История этого запуска, как сказано выше, была описана в открытых СМИ значительно позднее [3]. Тогда же, в 1975 году, в СМИ появилось короткое сообщение: «После старта корабля "Союз-18-1" с космодрома Байконур произошел отказ третьей ступени ракеты-носителя "Союз" на высоте 192 км из-за сбоя автоматики, которая привела к преждевременному отделению корабля от третьей ступени ракеты-носителя» [3].

Последовательность событий в 1975 году была иной, нежели в 2015 году. Однако источником развития аварийной ситуации были, по мнению авторов, внешние воздействующие на ракету космического назначения (далее — РКН) факторы, описанные в настоящей статье.

ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ВЫДВИЖЕНИЯ ГИПОТЕЗЫ  
ОБ ОДНОЙ ПРИЧИНЕ АВАРИЙ

28 апреля 2015 года полет РКН до 525,405 секунды от момента отрыва от пускового устройства на стартовом комплексе на площадке 31 проходил без каких-либо отклонений от требований эксплуатационной документации.

В СМИ была объявлена следующая причина аварии: «2 мая 2015 года Государственная комиссия под председательством заместителя руководителя Роскосмоса Александра Иванова представила предварительные выводы по ситуации с ТГК "Прогресс М-27М", запуск которого был осуществлен 28 апреля 2015 г. с космодрома Байконур.

В целом пуск и отделение ТГК "Прогресс М-27М" проходили в штатном режиме до момента отделения ТГК от третьей ступени РН "Союз-2.1а". На 526,716 секунды полета произошло нештатное разделение третьей ступени РН и ТГК, в результате чего корабль оказался на орбите с апогеем на 40 км выше, а третья ступень РН — на орбите с апогеем на 20 км ниже расчетной траектории выведения» [1].

В ходе анализа хронологии событий 28 апреля 2015 года, зафиксированных средствами телеметрических измерений, авторы обратили внимание на следующую информацию, которая была в распоряжении аварийной комиссии.

На 525,405 секунды полета системами наземного комплекса управления КА был зафиксирован факт пропадания сигнала от автономной системы навигации (АСН), который затем, через 2,9 секунды (на 528,305 секунды), восстановился. Это произошло на высоте около 194 км, на участке траектории полета протяженностью около 20 км (определено расчетным путем, исходя из значений скорости комплекса «Третья ступень РН — ТГК» и времени, на которое пропал сигнал от АСН).

Высота траектории, на которой произошла авария в 2015 году (194 км), отличается всего на 1% от высоты траектории аварийного запуска пилотируемого космического корабля в 1975 году. Факты нарушений в работе систем разделения второй и третьей ступени РН присутствуют в обоих случаях. Перечисленное привело авторов статьи к выдвиганию гипотезы о возможной идентичности причин, приведших к указанным выше авариям в 1975 и в 2015 годах.

В результате развития аварийной ситуации в 2015 году произошло нештатное (до выдачи соответствующей команды от системы управления) разделение третьей ступени РН и ТГК, при котором были зафиксированы превышения допусков на параметры орбиты транспортного грузового корабля.

Нештатное разделение РН и ТГК сопровождалось следующими событиями.

На третьей ступени РН произошли:

— разгерметизация (возможно, частичное разрушение) баков окислителя и горючего,

— отказ двух локальных коммутаторов системы телеметрических измерений (МАС-1 и МАС-3), один из которых позднее частично восстановил свою работу.

На ТГК в это же время проявились признаки, свидетельствующие о возможном механическом воздействии (наиболее вероятно — из-за «вскрытия» верхнего днища бака окислителя третьей ступени РН) на приборы и агрегаты бортовых систем, которые расположены в агрегатном отсеке, что привело:

— к нераскрытию элементов конструкции,

— к повреждению приборов,

— к разгерметизации баков и арматуры двигательной установки.

Анализ имеющейся у авторов информации позволил сформулировать гипотезу о том, что в процессе завершения работы двигателя третьей ступени РН на высоте около 194 км комплекс «Третья ступень РН — ТГК» вошел в очень мощный поток заряженных частиц, движущихся от Солнца к Земле, протяженность которого в пространстве составляла около 20 км. Взаимодействие с потоком этих частиц могло привести к фиксации средствами контроля полета РКН внешних проявлений якобы аномальной работы отдельных систем комплекса, в том числе:

1) пропаданию сигналов как от АСН, так и от системы телеизмерений;

2) повышению температуры в местах возможного возникновения токов Фуко [4] в материале стенок баков третьей ступени РН (материал Д16);

3) возникновению сил, имеющих, по всей видимости, электромагнитный характер, возможно, сил Лоренца [4]. Эти силы, воздействуя только или в большей части на третью ступень РН, привели к ее «торможению» относительно ТГК и, как следствие, к механическому разрыву связей ТГК с третьей ступенью РН. Одновременно произошло «вскрытие» верхнего днища баков (так как система крепления комплекса «Третья ступень РН — ТГК» не была еще разорвана — не наступило штатное время выдачи сигналов на разрывные болты), о чем свидетельствует мгновенный спад давления в баках третьей ступени РН, вследствие чего произошло преждевременное (нештатное) отделение ТГК от третьей ступени РН.

Расчетные значения сил, которые могли вызвать торможение третьей ступени РН в ходе аварийного пуска в 2015 году и имели, как было сказано выше, вероятнее всего, электромагнитный характер, приведены в *таблице 1*.

Последовательность развития событий в ходе возникновения аварийной ситуации в 2015 году позволяет предположить следующее.

Причиной аварии в 1975 году также могло стать вхождение РКН с пилотируемым КА «Союз» в мощный поток заряженных частиц в ходе ее полета. Это привело к формированию ложной

команды на срабатывание части пироболтов и ее реализации в условиях «горячего» разделения второй и третьей ступеней РН, которое происходило до выключения двигательной установки (ДУ) второй ступени и после включения ДУ третьей ступени РН. Преждевременное срабатывание из-за ложной команды не всех, а только части пироболтов до установленного программой полета времени привело к «закрутке» комплекса «Вторая ступень РН — третья ступень РН – ПКК» при включении ДУ третьей ступени относительно не разорванных связей между ними, что и было зафиксировано по телеметрии в 1975 году.

**Таблица 1.** Расчеты сил, которые могли привести к аварийному пуску РКН

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ (характеристики)	ЗНАЧЕНИЕ	РАЗМЕРНОСТЬ
Изм. скорости блока "И" ΔV, по ТМИ, максимальное	9,7	м/сек
минимальное	4,9	м/сек
Масса ТК Прогресс (m)	10 528	кг
включающая: масса корабля на момент старта	7290	кг
топливо в баках КДУ	879	кг
топливо в баках системы дозаправки	494	кг
газ в баллонах средств подачи кислорода (СрПК)	50	кг
вода	420	кг
оборудование	1 395	кг
Предельно допустимое давление в баках третьей ступени РН-р≈	11	кг/см <sup>2</sup>
Диаметр бака 3-й ступени	266	см
Площадь (S=πr <sup>2</sup> )	55 543	см <sup>2</sup>
g=	9,8	м/сек <sup>2</sup>
Разрушающая сила, приводящая к вскрытию верхнего днища топливного бака блока «И» F=g*p*s	5 987 585	кг*м/сек <sup>2</sup>
F=m*a	5 987 585	кг*м/сек <sup>2</sup>
Значение ускорения, которое может привести к возникновению силы F=m*a должно быть: a=(g*p*s)/m	569	м/сек <sup>2</sup>
Сила действует в течение t=ΔV/a, максимально ≈	0,02	сек
минимально ≈	0,01	сек
Скорость на высоте 192 км, V ≈	6500	м/сек
<b>СПРАВОЧНО:</b> скорость на высоте 229 км при выключении ДУ 3-й ступени, V ≈	7594	м/сек

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная авторами в настоящей статье гипотеза о схожести причин двух аварий РКН в 1975 и в 2015 годах требует как теоретического (на моделях), так и экспериментального подтверждения (или ее отклонения), включая проведение измерений при выполнении реальных запусков космических аппаратов, особенно в рамках пилотируемой программы.

С учетом изложенного представляется целесообразным устанавливать на второй и третьей ступени РН «Союз», осуществляющих запуски

КА по пилотируемой программе, приборы для измерения информации по параметрам возможных потоков заряженных частиц, которые могут встретиться составным частям РКН в процессе выведения КА и ее передачи на наземные пункты. При этом прием и обработку этой информации могли бы осуществлять не только организации ГК «Роскосмос», но и организации РАН, например Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, расположенный в Иркутске.

## 18/1

Официальная история пилотируемых полетов в космос гласит — космический корабль «Союз-18» стартовал 24 мая 1975 года с космодрома Байконур с экипажем в составе Петра Климука и Виталия Севастьянова. Корабль успешно состыковался со станцией «Салют-4», на которой экипаж отработал два месяца. 26 июля того же года космонавты вернулись на Землю [3].

В этих словах нет ни слова лжи, однако, и правда не вся. Дело в том, что корабль Климука и Севастьянова для посвященных имел несколько иное название — «Союз-18В». О том, что случилось с «Союзом-18А», или, иначе, «Союзом-18-1», специалистам космической отрасли распространяться не рекомендовалось.

Между тем полет этого корабля является одной из самых драматичных страниц отечественной космонавтики, а его экипажу пришлось пережить то, что не выпадало больше никому.

Командиром корабля «Союз-18-1» являлся Василий Лазарев, а бортинженером — Олег Макаров.



Командир космического корабля «Союз-12» подполковник Василий Лазарев (слева) и бортинженер Олег Макаров. Александр Моклецов / РИА Новости

## Летающий доктор

Лазарев, уроженец Алтайского края, после службы в армии поступил в медицинский институт, стал хирургом, работал военным медиком. Служил Лазарев в батальоне аэродромно-технического обеспечения авиаполка 30-й воздушной армии. Но с детства он сам мечтал о полетах, и в 1952 году 24-летний медик делает резкий поворот — поступает в Харьковское высшее военное авиационное училище в Чугуеве и заканчивает его по ускоренной программе, получив специальность «летчик-истребитель».

Естественно, что столь разносторонний специалист оказался чрезвычайно востребован — Лазарев испытывал самолеты различных типов и модификаций, привлекался к испытаниям различного высотного оборудования летчиков (скафандр, противоперегрузочные костюмы, кислородное оборудование).

Он участвовал в экспериментальных полетах стратостата «Волга» — того самого, с которого парашютист Евгений Андреев в рамках эксперимента «Звезда» совершил уникальный «прыжок из космоса». Василий Лазарев налетал на «Волге» 28 часов.

Когда зашла речь об испытаниях «новой техники», как аккуратно называли полет человека в космос, Лазарев оказался в числе первых добровольцев. Он проходил медкомиссию вместе с Гагариным, Титовым и другими членами первого отряда, но получил отвод от медиков.

Настойчивости ему было, однако, не занимать — в 1964 году он был отобран для подготовки к полету на трехместном космическом корабле «Восход». Лазарев оказался вторым дублером врача Бориса Егорова. И хотя в самом полете он участия не принял, на сей раз на него обратили внимание, и в итоге Василий Лазарев стал членом отряда советских космонавтов.

## Инженер, прорвавшийся в космос

Лазарев проходил подготовку по нескольким программам, в том числе в рамках пилотируемого советского лунного проекта. Именно тогда его напарником по экипажу стал Олег Макаров.

Олег Макаров, уроженец Тверской области, прежде чем оказаться в рядах космонавтов, создавал для них технику. В 1957 году он окончил МВТУ имени Баумана и пришел на работу в ОКБ № 1 — знаменитое конструкторское бюро Сергея Королёва. Макаров занимался разработкой первых советских пилотируемых космических кораблей.

Как и многие другие молодые инженеры КБ Королёва, он хотел и сам слетать в космос. В 1966 году Макаров был зачислен в отряд космонавтов и несколько лет готовился по лунной программе. Инженер был в числе тех, кто должен был отправиться в лунную экспедицию одним из первых.

Однако поражение в «лунной гонке» заставило Советский Союз пересмотреть свои приоритеты.

Лазарева и Макарова, из которых сложился отличный экипаж, перевели на подготовку к полету на станцию «Салют-2».

## «Испытательный» экипаж

Подготовка шла в тяжелой обстановке. Пилотируемая программа СССР была прервана после гибели экипажа корабля «Союз-11» из-за разгерметизации при возвращении на Землю.

Станция «Салют-2», куда должны были лететь Лазарев и Макаров, вышла из строя, и программа полетов вновь была пересмотрена.

Серия неудач подорвала уверенность советских специалистов. Новый «Союз-12» проверяли многократно, для экипажа были разработаны новые скафандры, призванные исключить повторение трагедии «Союза-11».

И все-таки, как ни проверяй, как ни старайся исключить неожиданности, всего учесть нельзя. Экипажу «Союза-12» в известном смысле предстояло вновь сде-

лать то, что сделал Гагарин, — открыть другим дорогу в космос.

Эту миссию возложили на Василия Лазарева и Олега Макарова.

27 сентября 1973 года «Союз-12» с Лазаревым и Макаровым успешно стартовал с космодрома Байконур. Полет продолжался 1 сутки 23 часа 15 минут 32 секунды и завершился благополучно. Конструкторы выдохнули — пилотируемая программа спасена! Лазарев и Макаров стали Героями Советского Союза, после чего начали готовиться к новому космическому полету — на сей раз на орбитальную станцию «Салют-4».

## Аварийная ситуация

В январе 1975 года Лазарев и Макаров были дублерами экипажа «Союза-17» — Алексея Губарева и Георгия Гречко. По установившейся традиции, дублиеры отправляются в космос следующими.

Старт «Союза-18» был назначен на 5 апреля 1975 года. В отличие от полета на «Союзе-12», специалистам этот запуск экстраординарным не казался — ведь те же Губарев и Гречко благополучно добрались до станции, полностью отработали программу полета и успешно вернулись.

5 апреля тоже все начиналось благополучно. Традиционные предполетные процедуры, посадка экипажа в корабль, старт... Ракета, как и положено, в 11:04 уносит «Союз-18» в небо.

Все шло нормально, в положенный срок отделилась первая ступень, затем в расчетном режиме произошел сброс головного обтекателя. На 261-й секунде полета должно было произойти отделение второй ступени, однако вместо этого ракету стало ощутимо раскачивать, причем амплитуда увеличивалась. Очень быстро стало ясно — носитель, не донеся космонавтов до расчетной орбиты, отказал. Сработала аварийная система, отстрелившая возвращаемый аппарат.



Ракета-носитель «Союз-У» с космическим кораблем «Союз-18» перед стартом на космодроме Байконур / Александр Моклецов / РИА Новости

## 26 g

Произошло это на высоте чуть менее 200 километров, то есть де-факто уже в космосе. При этом аварийный спуск происходил в неуправляемом режиме. Проще говоря, спускаемый аппарат «Союза-18» падал из космоса.

В условиях неуправляемого спуска перегрузки значительно возрастают. В ситуации, в которой оказались советские космонавты, эти перегрузки представляли прямую угрозу для жизни.

Василий Лазарев, описывая свои ощущения в тот момент, сравнивал их с машиной, наехавшей прямо на грудь. Лазарев вспоминал: «Однажды, перенеся на центрифуге нагрузку в 10 g, я обратил внимание сопровождавшего меня врача на множество красных точек, покрывавших спину испытателя, которого крутили до меня. Врач спокойно ответил: "Это мелкие сосуды полопались. У тебя на спине то же самое"».

Но когда «Союз-18» летел к Земле, на его экипаж навалились перегрузки в 20 g. Какой величины тяжесть, давившая на космонавтов, достигла на пике, точно не известно. Василий Лазарев рассказывал, что специалисты, разбирая телеметрию, отметили, что на несколько секунд она выросла до безумных 26 g. В этот момент у космонавтов отказало зрение и была зафиксирована остановка сердца.

На Земле у специалистов не было полной картины происходящего, но и без этого у многих прибавилось седых волос.

В себя космонавты пришли тогда, когда сработала парашютная система. Тренированные организмы выдержали немислимые перегрузки, хотя, продлись они чуть дольше, выжить экипажу «Союза-18» было бы не суждено.

## Гнев конструктора Глушко

Командир корабля Василий Лазарев рассказывал, что, придя в себя, он увидел, как бортинженер ему что-то говорит. Но понять, что именно, он не мог — временно отключился и слух.

Экипаж попытался связаться с ЦУПом, чтобы уточнить, где приземлится спускаемый аппарат. Но связи не было. Вернее, космонавты не слышали ЦУП, зато в ЦУПе прекрасно слышали, что говорят на борту.

— Олег, куда садимся? — спрашивал Лазарев.

— В Китай или на Тихий океан, — съязвил бортинженер, после чего охарактеризовал происшедшее в отборных русских выражениях, крайне неслестно отозвавшись о работе двигателей второй ступени.

Макаров не знал, что его слова слышит генеральный конструктор Валентин Глушко. Услышав «критику» бортинженера, Глушко пошел пятнами, приказал отключить трансляцию и громкогласно пообещал, что Макаров больше никогда в космос не полетит.

Сам «прыжок в космос» занял чуть больше четырех минут, а вместе с посадкой весь полет продлился меньше 22 минут. Но приключения экипажа продолжались.

Макаров не зря говорил о Китае и Тихом океане. Дело в том, что аварийная посадка при отказе второй ступени

ориентировочно должна была произойти на Алтае либо, если не повезет, в Китае, отношения с которым у СССР тогда были весьма непростыми. В случае отказа третьей ступени космонавтов ожидало «купание» в океане.

## На краю Теремка

В результате случилось меньшее из зол — «Союз-18» приземлился в глухом труднодоступном районе к юго-западу от Горно-Алтайска, но на советской территории.

В момент посадки над Лазаревым и Макаровым вновь нависла угроза гибели. По инструкции, экипаж после приземления должен был отстрелить парашют. Однако у спасателей был свой взгляд на ситуацию. Во время различных экспериментов они обратили внимание на то, что при посадке в горном районе спускаемый аппарат после отстрела парашюта может запросто покачаться по склону с самыми печальными последствиями. Поэтому экипажу «Союза-18» спасатели дали неофициальную рекомендацию: в случае чего сначала осмотритесь, а уж потом отстреливайте парашют.

Этот совет и спас космонавтов. Когда они выбрались, обнаружили, что спускаемый аппарат стоит на склоне горы, в 150 метрах от пропасти, и не скатывается только потому, что парашют наглухо запутался в верхушках деревьев.

Единственное, что во всем этом было забавным, так это название горы, на которой оказались покорители космоса: Теремок-3.

В месте посадки лежал густой снег, температура была минус семь, и космонавтам необходимо было выживать в прямом смысле этого слова.

Подступиться к Лазареву и Макарову у спасателей не получилось. Первым, кто к ним добрался, оказался геолог, который высадился с вертолета геологической партии. Однако поднять космонавтов наверх вертолетчик не смог. Штатная спасательная партия, штурмуя Теремок-3, угодила под лавину, и уже их пришлось спасать — к счастью, обошлось без жертв.

На следующий день одному из вертолетов ВВС, не входивших в официальную спасательную группу, удалось на свой страх и риск поднять космонавтов и геолога и эвакуировать их в безопасный район.

## «Урезанный» полет — урезанные награды

К действиям космонавтов никаких претензий быть не могло — их поведение иначе как героическим назвать нельзя. Но в СССР сообщать о космических неудачах было не принято, в СМИ попадала информация только о тех случаях, которые уж совсем нельзя скрыть.

Ветераны советской прессы вспоминают, что журналистов 5 апреля 1975 года выставили с Байконура сразу после того, как стало ясно, что что-то пошло не так.

Единственное сообщение об инциденте в советских СМИ появилось только 8 мая и было спрятано во внутренних полосах газет: «5 апреля 1975 года произведен запуск ракеты-носителя с пилотируемым космическим

кораблем "Союз" для продолжения экспериментов совместно со станцией "Салют-4". На борту корабля находился экипаж в составе Героев Советского Союза летчиков-космонавтов СССР Лазарева Василия Григорьевича, Макарова Олега Григорьевича. На участке работы третьей ступени произошло отклонение параметров движения ракеты-носителя от расчетных значений, и автоматическим устройством была выдана команда на прекращение дальнейшего полета по программе и отделение космического корабля для возвращения на Землю. Спускаемый аппарат совершил мягкую посадку юго-западнее города Горно-Алтайска. Поисково-спасательная служба обеспечила доставку космонавтов на космодром. Самочувствие товарищей В. Г. Лазарева и О. Г. Макарова хорошее».

После этого молчание длилось еще восемь лет, пока о некоторых подробностях происшедшего не разрешили написать «Красной звезде».

Космонавтов за полет отметили, но по «урезанному» варианту — по заведенному в СССР порядку, за второй полет полагались вторая «Золотая Звезда» Героя Советского Союза и орден Ленина, однако Лазарева и Макарова отметили только орденами Ленина за героизм.

А у аварийного «Союза-18» отняли номер, передав его следующему кораблю. Так и остался он в истории под странным наименованием «Союз-18-1».

## Перегрузки не прошли даром

Сами космонавты считали, что ничего особенно героического они не совершили, и сожалели только о том, что полет сорвался.

Официально заявляли, что страшные перегрузки никак не отразились на здоровье космонавтов. Действительно, поначалу казалось, что так оно и есть — и Лазарев, и Макаров остались в отряде.

Но затем выяснилось, что испытание не прошло даром — у космонавтов начали обнаруживаться болезни, одна за другой.

Макаров, который был на пять лет моложе, продержался в строю дольше — вопреки угрозам конструктора Глушко, он еще дважды летал в космос, на «Союзе-27» и «Союзе Т-3». Кстати, во время старта «Союза Т-3» командиром дублирующего экипажа был Василий Лазарев, провожавший в космос своего давнего напарника.

Самому Лазареву полететь к звездам больше не было суждено. В 1985 году он был уволен из Вооруженных сил в запас и отчислен из отряда космонавтов в связи с состоянием здоровья. Он умер 31 декабря 1990 года в возрасте 62 лет.

Олег Макаров после ухода из отряда космонавтов имел проблемы с сердцем, настолько серьезные, что в 1998 году ему была сделана операция. Однако восстановиться полностью он так и не смог — 28 мая 2003 года умер от инфаркта в возрасте 70 лет.

А драматичная история их полета в 1975 году, которая с легкостью затмевает сюжет голливудской «Гравитации», и по сей день для большинства остается неизвестной...

## ТОКИ ИНДУКЦИИ В МАССИВНЫХ ПРОВОДНИКАХ

Поместим виток провода в переменное магнитное поле. Виток замкнут, при этом в цепи отсутствует гальванометр, который мог бы показать наличие тока индукции в нашем контуре. Но ток можно обнаружить, так как проводник будет нагреваться при прохождении по нему тока. Если, не изменяя остальные размеры витка, увеличить только толщину провода, из которого сделан контур, то ЭДС индукции ( $\epsilon \sim \Delta\Phi/\Delta t$ ) не изменится, так как останется прежней скорость изменения магнитного потока. Однако уменьшится сопротивление витка ( $R \sim 1/S$ ). Как результат, сила тока индукции ( $I_i$ ) увеличится. Мощность, которая выделяется в контуре в виде тепла, прямо пропорциональна  $I_i^2$ , следовательно, температура проводника увеличится. Итак, опыт показывает, что кусок металла при помещении его в магнитное поле нагревается, что указывает на возникновение индукционных токов в массивных проводниках при изменении магнитного потока. Такие токи называют вихревыми токами или токами Фуко.

### Определение токов Фуко

#### Определение

Токами Фуко называют вихревые индукционные объемные электрические токи, которые появляются в проводниках при помещении проводников в переменное магнитное поле.

#### Свойства токов Фуко

По своей природе вихревые токи не отличаются от токов индукции, которые возникают в проводах.

Направление и сила токов Фуко зависят от формы металлического проводника, от направления переменного магнитного потока, свойств металла, скорости изменения магнитного потока. Распределение токов Фуко в металле может быть очень сложным.

В проводниках, которые имеют большие размеры в направлении, перпендикулярном к направлению тока индукции, вихревые токи могут быть весьма велики, что приводит к значительному повышению температуры тела.

Свойства вихревых токов нагревать проводник применяют в индукционных печах для плавления металлов.

**Токи Фуко**, как и другие токи индукции, подчиняются правилу Ленца, то есть они имеют такое направление, что взаимодействие их с первичным магнитным полем **тормозит то движение, которым вызвана индукция**.

Вектор магнитной индукции **B** показан зелеными стрелками, вектор **V** скорости движения пластин — черными стрелками, силовые линии вектора плотности электрического тока **I** — красным цветом (эти линии замкнутые, «вихревые»).

Источником магнитного поля является постоянный магнит, его фрагмент показан сверху рисунка серым цветом. Вектор магнитной индукции **B** направлен от северного (**N**) полюса магнита, магнитное поле пронизывает пластину. В материале пластины, входящем под магнит, то есть слева, магнитная индукция изменяется во времени, возрастает ( $dB_n/dt > 0$ ), и в соответствии с законами Фарадея и Ома в материале пластины возникает (наводится, «индуцируется») замкнутый (вихревой) электрический ток. Этот ток течет против часовой стрелки и, по закону Ампера, создает свое собственное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого показан синей стрелкой, направленной перпендикулярно плоскости протекания тока, вверх (рис. 1).

Справа, в материале пластины, удаляющемся от магнита, магнитное поле тоже меняется во времени, однако оно ослабевает, и силовые линии возникающего справа еще одного электрического тока направлены по часовой стрелке.

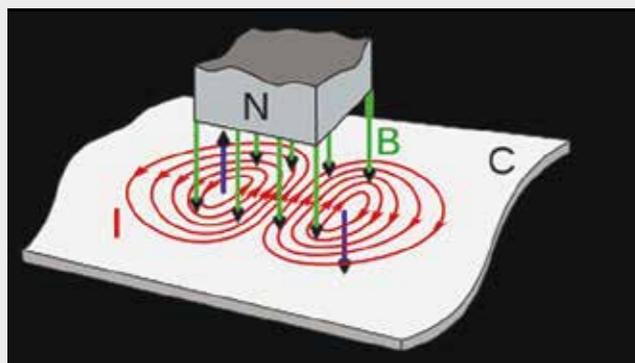


Рис. 1. Иллюстрация возникновения токов Фуко в движущейся в постоянном магнитном поле проводящей (металлической) пластине C

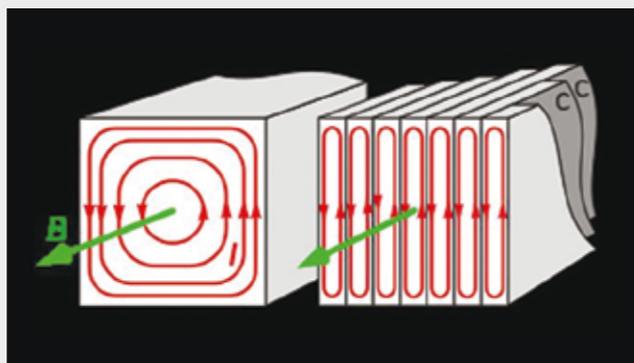


Рис. 2. Сила Лоренца



Рис. 3. Комплекс «Третья ступень ракеты-носителя космического аппарата «Союз»» в полете

Точно под магнитом «левый» и «правый» вихри токов направлены в одну и ту же сторону, плотность суммарного электрического тока максимальна. На движущиеся в этой области электрические заряды, поток которых образует электрический ток, в сильном магнитном поле действует сила Лоренца, направленная (по правилу левой руки) против вектора скорости **V** (рис. 2). Эта сила Лоренца **тормозит пластину C**. Взаимодействие магнитного поля магнита и магнитного поля индуцированных токов приводит к тому, что результирующее распределение потока магнитного поля в окрестности полюса **N** магнита отличается от случая неподвижной пластины **C** (и зависит от скорости **V**), хотя суммарный поток вектора магнитной индукции остается неизменным (при условии, что материал магнита и пластины **C** не входит в насыщение).

© Гончар А.Г., Любченко Ф.Н., 2021

**История статьи:**  
Поступила в редакцию: 16.01.2021  
Принята к публикации: 09.02.2021

**Модератор:** Плетнер К.В.  
**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**  
Гончар А.Г., Любченко Ф.Н. Гипотеза об одной причине двух аварий ракет космического назначения // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 80 – 89.

#### Литература

1. Роскосмос: Названа основная причина аварии ТГК «Прогресс М-27М» [Электронный ресурс] // Военное обозрение. 2015. 12 мая. URL: <https://topwar.ru/74747-roskosmos-nazvana-osnovnaya-prichina-avarii-tgk-progress-m-27m.html> (Дата обращения: 09.02.2021).
2. Хронология аварий и катастроф советских и российских пилотируемых кораблей [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС. 2018. 11 октября. URL: <https://tass.ru/info/5663496> (Дата обращения: 09.02.2021).
3. Андрей Сидорчик. «Союз» без номера. В 1975 году советские космонавты выжили, упав из космоса [Электронный ресурс] // Аргументы и факты. 2014. 27 ноября. URL: [https://aif.ru/society/history/soyuz\\_bez\\_nomera\\_v\\_1975\\_godu\\_sovetskie\\_kosmonavty\\_vyzhili\\_upav\\_iz\\_kosmosa](https://aif.ru/society/history/soyuz_bez_nomera_v_1975_godu_sovetskie_kosmonavty_vyzhili_upav_iz_kosmosa) (Дата обращения: 09.02.2021).
4. Вихревые токи [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вихревые\\_токи](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вихревые_токи) (Дата обращения: 09.02.2021).

#### References

1. Roskosmos: Nazvana osnovnaya prichina avarii TGK "Progress M-27M". Voennoe obozrenie, 2015. May 12. Available at: <https://topwar.ru/74747-roskosmos-nazvana-osnovnaya-prichina-avarii-tgk-progress-m-27m.html> (Retrieval date: 09.02.2021).
2. Khronologiya avarii i katastrof sovetskikh i rossiyskikh pilotiruemym korablye. Informatsionnoe agentstvo TASS, 2018. October 11. Available at: <https://tass.ru/info/5663496> (Retrieval date: 09.02.2021).
3. Andrey Sidorchik. "Soyuz" bez nomera. V 1975 godu sovetskie kosmonavty vyzhili, upav iz kosmosa. Argumenty i fakty, 2014. November 27. Available at: [https://aif.ru/society/history/soyuz\\_bez\\_nomera\\_v\\_1975\\_godu\\_sovetskie\\_kosmonavty\\_vyzhili\\_upav\\_iz\\_kosmosa](https://aif.ru/society/history/soyuz_bez_nomera_v_1975_godu_sovetskie_kosmonavty_vyzhili_upav_iz_kosmosa) (Retrieval date: 09.02.2021).
4. Vikhrevye toki. Wikipediya. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Vikhrevye\\_toki](https://ru.wikipedia.org/wiki/Vikhrevye_toki) (Retrieval date: 09.02.2021).