

Космическая станция впервые в мире была собрана над планетой 16 января 1969 года. Научные эксперименты советских ученых по изучению космического пространства шли с самого первого дня космической эры.

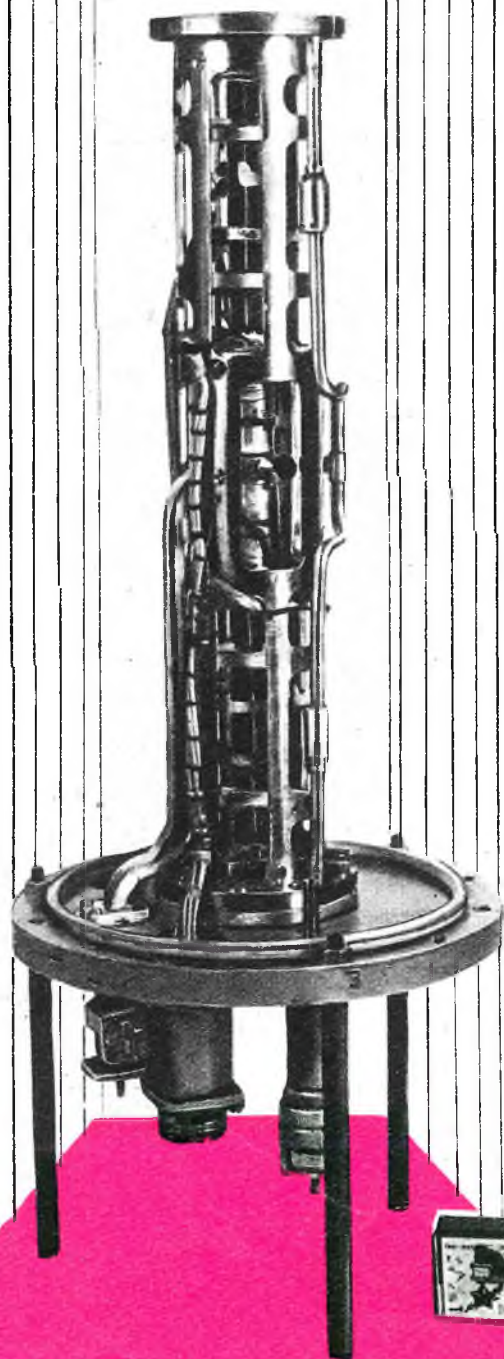
Об одном из таких экспериментов рассказывает кандидат физико-математических наук В. Чихачев.

О МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЧАСАХ, ВСЕМИРНОМ ВРЕМЕНИ, ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И СПУТНИКЕ „КОСМОС-97“

В. ЧИХАЧЕВ,

кандидат физико-математических наук

Квантовый молекулярный генератор, летавший в космос.



Перед началом операции командующий фронтом предлагает офицерам и генералам сверить часы. С этой минуты все участники будущего боя «настроены» на единое время... Но разве только бой? Без единого времени не может работать ни телеграф, ни железная дорога, ни опутывающая земной шар сеть авиалиний. Без него немислимо такое ответственное событие, как запуск космического корабля, во время которого все станции наблюдения и управления не имеют права даже на тысячную секунды выбиться из единого ритма.

ОШИБКИ СКОРОСТИ СВЕТА

Когда люди все вместе, в одной комнате, им ничего не стоит совместить стрелки своих часов. Если их разделяют сотни и тысячи километров, придется держать связь по радио. Но как ни быстра радиоволна, она пролетает путь от передатчика до приемника не мгновенно. Десять тысяч километров — и вот уже запаздывание почти на три сотых секунды. Может показаться, что учесть их не составит труда. Однако дело совсем не так просто. Скорость распространения радиоволны, скорость света только в популярных брошюрах равна точно 300 000 километрам в секунду. В действительности она меньше, а самое главное — отличается непостоянством. На нее влияет и состояние ионосферы, и метеорологическая обстановка на «пути следования», и характер земной поверхности, над которой пролетает волна: добротная суша или зыбкий океан. Поэтому сверить по радио часы удастся лишь до известной степени, и расхождение остается на совести капризной скорости света.

ПРЕДАТЕЛЬСКИЙ ЭФФЕКТ ДОППЛЕРА

Тогда предлагается такая идея: запустим спутник на небольшую высоту — 300—350 километров — и поставим на нем эталон времени. Может быть, теперь сверять часы удастся точнее? В самом деле: частоту волны связи можно выбрать такой, чтобы на нее практически не влияла ионосфера. К тому же волна будет распространяться только по вертикали — от спутника к приемной станции, и удастся точнее учесть влияние погоды. К сожалению, сразу находится недоброжелатель, который активно портит нашу, такую милую взгляду, идиллическую картинку. Его имя — эффект Доплера.

Если нарисовать радиоволну в виде длинной пружины, соединяющей антенны приемника и передатчика, то сразу станет ясно, что приближающийся передатчик будет эту «пружину» сжимать, а удаляющийся — наоборот, растягивать. Иными словами — частота волны или увеличится или, напротив, уменьшится. Так в самом грубом виде выглядит пресловутый эффект. И нужно с ним решительно расправиться, чтобы использовать запущенный в космос эталон времени.

ПЛЮС НА МИНУС ДАЕТ НУЛЬ

Конечно, это не значит, что мы призываем поднять руку на священные физические законы, к коим относится и наш «враг». Уничтожить его невозможно, как невозможно уничтожить, например, земное притяжение.

Однако земное притяжение удастся скомпенсировать. На самолете, летящем по специальной траектории, или на спутнике, вращающемся по орбите, наступает состояние невесомости, хотя притяжение остается.

Поэтому в 1961 году коллектив советских ученых под руководством академика Н. Г. Басова рассмотрел несколько методов компенсации эффекта Доплера. Идея была такова. Предположим, эталон времени генерирует частоту 1000 герц (заранее предупреждаю, что цифры в этом примере абсолютно произвольны). Запустим его в космос, а на приемной станции Земли поставим второй точно такой же эталон. Как только спутник окажется в поле зрения наземной станции, пошлем ему навстречу сигнал наземного эталона. За счет эффекта Доплера радиоволна придет к приемнику спутника со сдвигом частоты: скажем, на 1 процент. Вместо 1000 герц приемник окажется настроенным на 1010 герц.

Теперь начинается самое главное. Радисты умеют делать с частотами все что угодно: складывать, вычитать, делить и умножать. Поэтому им не составляет труда удвоить и частоту эталона, что стоит на спутнике. Удвоенная частота — это 2000 герц, и никто не помешает вычест из нее только что принятую частоту 1010 герц. А остаток — 990 герц — выкинуть за борт, точнее — отправить туда, откуда пришел к спутнику сигнал: к наземной станции. По пути частота опять претерпит изменение (эффект Доплера не дремлет!) — и опять-таки ровно на 1 процент. В результате к 990 герцам, улетевшим со спутника, прибавится 10 герц, и приемная станция примет те же самые 1000 герц, которые мгновение назад от нее ушли. Эффект Доплера исчез!

А раз он исчез, — смело сравнивайте частоты бортового и наземного эталонов. Ошибки не будет.

Понятно, все только что сказанное — схема. Чтобы ее осуществить, нужно преодолеть немало технических сложностей. Под руководством профессора М. И. Борисенко была разработана специальная радиосистема для связи со спутником «Космос-97». Первым в мире спутником, на котором был установлен молекулярный квантовый эталон времени — «атомные часы», как его иногда называют.

ДОЛОГ ПУТЬ С ЗЕМЛИ В НЕБО

Квантовый генератор был создан в нашей стране в 1954 году Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым, ныне академиками, и одновременно — в США, профессором Чарльзом Таунсом.

Все трое были удостоены Нобелевской премии. Конечно, эти квантовые генераторы нельзя было поместить на спутник. Они были слишком громоздкими и хрупкими. Их создатели не очень-то заботились о габаритах: компактность экспериментальной установки вовсе ни к чему. И когда в 1960 году академик Басов пришел к выводу,

что создать квантовый генератор, пригодный к установке на спутник, можно, — проблему габаритов надо было решать в первую очередь.

К счастью, в космосе вакуум существует сам по себе. Молекулы, сделав свое дело, будут рассеиваться в пространстве без всяких «уговоров». Поэтому сразу же исчезает один из «факторов громоздкости» — тяжелые и неуклюжие откачивающие устройства.

А уменьшить до минимума размеры деталей и расстояния между ними — это задача хотя и сложная, но реальная.

Однако уменьшить размеры — это еще не все. Во время запуска могучие двигатели сотрясают корпус ракеты, а с ним — и спутник. Мощные вибрации способны серьезно повредить аппаратуру, особенно детали, взаимное расположение которых выдерживается при сборке с точностью до сотых миллиметра.

Четыре года ушло на то, чтобы создать конструкцию, отвечающую всем противоречивым требованиям космоса.

Но и после этого оставалось много неясных проблем, разрешить которые должен был сам космос.

Вы знаете, что аппаратуру спутника прячут в корпус, где ей создают относительно комфортные условия. К ее услугам, например, система терморегулирования, которая защищает и от перегрева, и от переохлаждения. Квантовый же генератор в корпус не спрячешь. Он стоит снаружи, открытый всем космическим стихиям. Его поджаривает Солнце, атакуют космические лучи и электроны радиационных поясов Земли. Как отзовется он на такое жестокое обхождение? Будет стойко выдерживать заданную частоту или она начнет «гулять»? Эти и множество других вопросов проверка на Земле разрешить не могла.

КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР МОЖЕТ РАБОТАТЬ НЕ ТОЛЬКО НА МОЛЕКУЛАХ АММИАКА. АТОМЫ ВОДОРОДА, НАПРИМЕР, ОТЛИЧНО СПРАВЛЯЮТСЯ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. И ХОТЯ ТОЧНОСТЬ ВОДОРОДНОГО ГЕНЕРАТОРА В СОТНИ РАЗ ВЫШЕ, ЧЕМ АММИАЧНОГО, В КОСМОС ОН ПОДНИМЕТСЯ НЕ СКОРО: МЕШАЮТ РАЗМЕРЫ. АТОМЫ ВОДОРОДА ЛЕГКИ, НО ГЕНЕРАТОР — УВЫ! — СТРАДАЕТ «ТУЧНОСТЬЮ».

ПРАВ ЛИ ЭЙНШТЕЙН?

Опыт — если, конечно, можно назвать опытом такое грандиозное дело, как запуск спутника, — показал, что все эти трудности мы разрешили правильно. Что квантовые часы, находящиеся на Земле, можно с требуемой точностью — одиннадцать нулей после запятой — «привязать» к часам на спутнике, а эффект Доплера уменьшить почти в сто тысяч раз. Что нет никаких принципиальных препятствий для создания всемирной службы «атомного» времени.

В этом месте я вижу иронические улыбки наиболее осведомленных читателей и слышу их вопрос: «А как же теория относительности? Ведь спутник летит с большой скоростью, — значит, по теории относительности часы на нем будут отставать от земных, и привязать одни к другим вам все равно не удастся».

Вопрос справедливый. Но ведь мы и не забывали о теории относительности. Больше того, когда мы работали над спутниковым квантовым генератором для «Космоса-97», мы все время думали о ней. Мы знали, что часы на спутнике будут немного отставать, и ввели необходимые поправки в расчеты. Так что связать космический и земной генераторы — вещь вполне достижимая.

Больше того, с помощью квантового генератора можно поставить различные опыты, проверяющие знаменитую общую теорию относительности.

Согласно принципам относительности, частота электромагнитных колебаний, распространяющихся в поле тяготения, должна изменяться при изменении напряженности поля. Американский ученый Паунд в 1960—64 годах измерил это смещение частоты на гамма-лучах. Он поместил два измерительных элемента в двадцати метрах один над другим. Как ни мало это расстояние, напряженность поля тяготения в точках расположения элементов различна. Частота колебаний гамма-лучей должна была измениться на 0,000000000002 процента. Не то что вообразить — подумать страшно о таком ничтожном изменении. А ведь его еще нужно измерить! Однако Паунду это удалось. Сдвиг частоты оказался именно таким, как предсказывали формулы. Можно сказать, что Паунд сумел «взвесить» гамма-квант, то есть частицу с массой 10^{-29} грамма (двадцать девять нулей после запятой!).

Кванты радиоволн гораздо легче. Теоретически они должны весить 10^{-39} грамма — разница в 10 миллиардов раз. Но с помощью квантовых часов, установленных на спутнике, мы сможем их взвесить.

Мы не ставили перед собой задачу проверить теорию относительности на первом же запуске. Первый запуск мы рассматривали лишь как эксперимент по отработке конструкции, по проверке аппаратуры в условиях космического полета. Это было нашей целью. И задачу свою запуск полностью выполнил.

В баллоне с аммиаком — 20 атмосфер. А наружу под давлением в 30 тысяч раз меньшим должно выходить всего лишь 10^{17} — 10^{18} молекул в секунду: что-то около нескольких миллионных грамма. Никакой кран типа водопроводного, пусть даже микроскопически маленький, не в силах так тонко регулировать напор струи. Спасло положение молекулярное сито. Его разрабатывали больше года. Еще бы: ведь при диаметре в 3 миллиметра оно должно быть продырявлено тысячами отверстий!

«В соответствии с программой исследования космического пространства... в Советском Союзе 26 ноября 1965 года был произведен запуск искусственного спутника Земли «Космос-97»...»

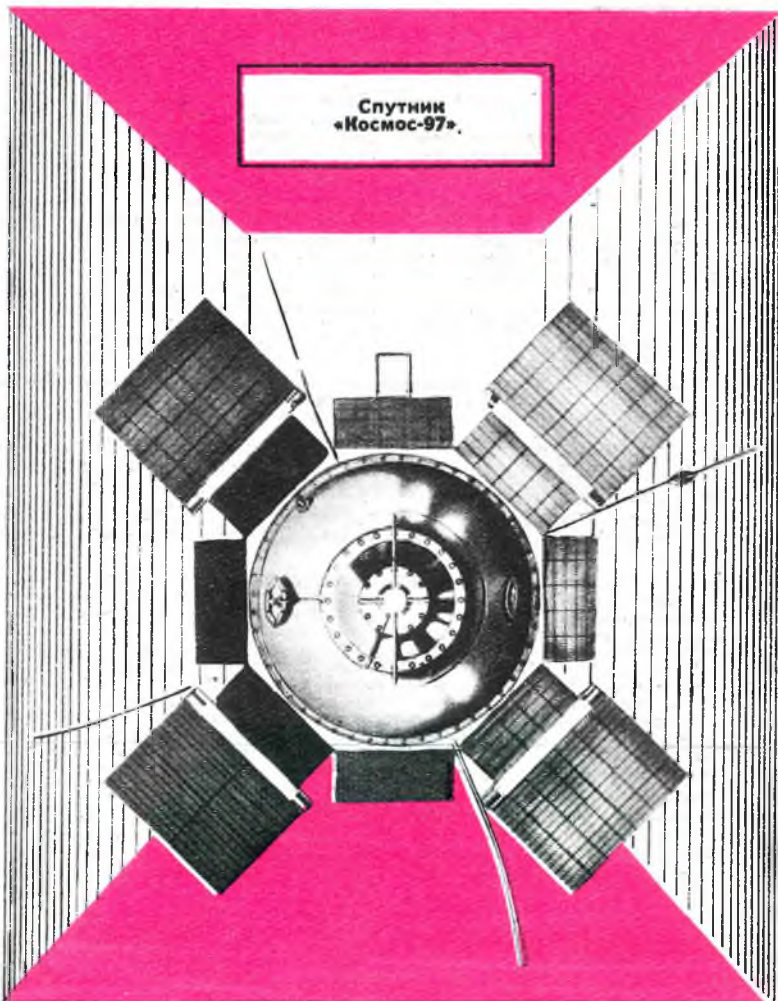
[(Сообщение ТАСС от 27/XI-65 г.)

«РУССКИЕ ВПЕРЕДИ.

...Русские предприняли нечто такое, что может явиться большим шагом вперед в разрешении проблемы связи с глубоким космосом.»

[(«Сайенс ньюс лентер» от 12 августа 1967 года)

Между этими сообщениями прошло два года. Срок, необходимый для того, чтобы провести эксперимент, обработать результаты и опубликовать сообщение в соответствующем научном журнале.



КВАНТЫ СРЕЗАЮТ «ОБОЧИНУ»

В заключение мне хочется рассказать еще об одном возможном применении квантового генератора в космосе. В «Сайенс ньюс лентер» об этом говорилось так: «...большой шаг вперед в разрешении проблемы связи с глубоким космосом...». Как расшифровать эти слова?

В статье «Лазер умер — да здравствует лазер!», помещенной в журнале (№ 11, 1968 г.), подробно рассказывалось о том, что такое полоса частот. Поэтому я не буду повторяться, а скажу лишь, что полоса частот для связи выбирается, исходя из двух требований. Во-первых, она должна быть достаточно широкой, чтобы по ней без помех проходило сообщение, которое мы хотим передать. А во-вторых, у нее должны быть «обочины», которые гарантируют, что полезный сигнал не выйдет из полосы частот, если генератор передатчика и генератор приемника (есть и такой) окажутся нестабильны по частоте.

Сократить ширину «обочин» — это значит уменьшить мощность помех, пролетающих в приемник. И вот, если в качестве генератора приемника и передатчика взять квантовый генератор, то благодаря стабильности его частоты, «обочины» удастся свести практически к нулю.

Это в принципе решает задачу создания исключительно надежной радиолинии от Земли до Марса или до Венеры.

ЧТО ПОТОМ?

Создать квантовые часы для работы в космосе очень нелегко. Американские ученые предполагают сделать это не раньше 1971 года. Поэтому мы горды тем, что нашей стране принадлежит честь проложить еще одну неизведанную тропу в науке. «Космос-97» заложили фундамент будущих исследований и разработок, среди которых найдется место и проверке теории относительности, и созданию службы точного времени, и дальнейшей связи и многому другому.