

Д О К Л А Д Ы
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1963



Том 148, № 6

4585
Пролонгация в ВАСХ. И

И. М. ИМЯНИТОВ, Г. Л. ГДАЛЕВИЧ, Я. М. ШВАРЦ

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ У ПОВЕРХНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАКЕТ

(Представлено академиком А. Л. Минцем 4 X 1962)

Анализ измерений напряженности электростатического поля у поверхности геофизических ракет (¹) показал, что неодинаковость показаний двух симметрично расположенных датчиков может объясняться тремя факторами: разностью толщин слоев объемного заряда у каждого из них, существованием внешнего электростатического поля, усиливаемого у поверхности ракеты или спутника каким-либо механизмом, и токами помехи.

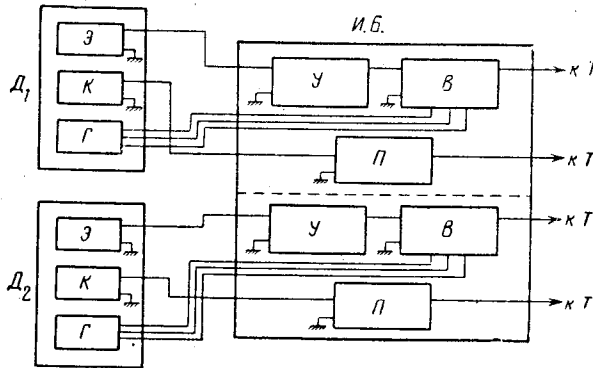


Рис. 1. Блок-схема измерения напряженности электростатического поля. D_1 , D_2 — датчики, Э — электростатический генератор, Г — электромагнитный генератор, К — коллектор, И. Б. — измерительный блок, У — усилитель, В — синхронный детектор, П — катодный повторитель

Для выяснения относительной значимости этих факторов было проведено измерение напряженности электростатического поля с помощью электростатического флюксметра, сконструированного в соответствии с соображениями, изложенными в (²), у поверхности стабилизированной геофизической ракеты АН СССР, пуск которой состоялся 15 ноября 1961 г.

Блок-схема прибора представлена на рис. 1. Датчики электростатического флюксметра размещались на поверхности цилиндрической части ракеты симметрично относительно ее оси в двух диаметрально противоположных точках. Аппаратура действовала по тому же принципу, что и описанная в (¹), но методика измерений была несколько модифицирована. Во-первых, рабочие пластины электростатического генератора датчика флюксметра были изготовлены из металлической сетки. Это позволило уменьшить как модуляцию, так и абсолютную величину потоков излучений и заряженных частиц, попадающих на поверхность измерительной пластины (²). Во-вторых, подбор параметров входной цепи и применение специальных методов настройки позволили настроить синхронный детектор В на минимум напряжения помехи с точностью около 3° и таким образом повысить отношение напряжения сигнала к напряжению помехи (³). В-третьих, измерялась величина тока, создаваемого потоком заряженных частиц, проникающим через сеточные пластины электростатического генератора и попадающим на коллектор К. Последнее позволило оценить величину тока помехи и получить представление об эффективности мер, принятых для борьбы с ним.

Диапазон измерений применяемой аппаратуры составил ± 6 в/см. Погрешность измерения, связанная с воздействием тока помехи, воздействием объемного заряда, создаваемого потоком заряженных частиц, проникающим через сеточные пластины датчика флюксметра и моделирующегося при вращении экранной пластины, и аппаратурной ошибкой, не превышала 0,4 в/см. Невыгодной особенностью используемой схемы измерений была зависимость показаний прибора от места расположения источника поля. Это приводило к тому, что абсолютные значения напряженности электростатического поля у поверхности ракеты определялись с точностью порядка 20—25%.

Результаты измерения представлены на рис. 2, кривые 1 и 2. Напряженность электростатического поля сравнительно мало изменяется по высоте. Ее величина, измеренная одним датчиком, изменяется в пределах 0,5—1 в/см, другим — 1,8—2,5 в/см. Следует отметить, что во время полета ракеты датчик D_2 освещался Солнцем под углом 4° , другой датчик находился в тени. Ток на коллекторы датчиков по всей траектории не превышал 10^{-9} а/см².

Были вычислены полусуммы (см. рис. 2, 3) и полуразности (рис. 2, 4) показаний обоих датчиков. Результаты вычислений представлены на рис. 2.

Видно, что напряженность электростатического поля, соответствующая собственному заряду ракеты (кривая 3), в среднем имеет величину порядка 1,5 в/см. С учетом ошибки измерений и неточности определения истинного значения величины напряженности это означает, что среднее значение напряженности электростатического поля, обусловленное его собственным зарядом, в опыте 15 ноября 1961 г. меньше 2 в/см, но больше 1 в/см. Таким образом, ракета была заряжена отрицательно.

Во время опыта параллельно измерялась электронная концентрация на разных высотах. По данным о напряженности поля и электронной концентрации можно вычислить потенциал ракеты, создаваемый ее собственным зарядом. Он составлял несколько вольт. Значение полуразности напряженностей (кривая 4) колеблется в пределах 0,5—1 в/см. Верхний предел величины нельзя объяснить ошибкой измерений.

Рассмотрим, например, измерение напряженности электростатического поля между 200—300 км. Без учета ошибки величина полуразности равна 1 в/см. С учетом ошибки метода и неточности измерения истинного значения напряженности электростатического поля у обоих датчиков $3,6 \text{ в/см} \geq E_2 \geq 1,6 \text{ в/см}$, $1,2 \text{ в/см} \geq E_1 \geq 0,1 \text{ в/см}$. Это означает, что величина полуразности должна быть меньше 1,8 в/см, но больше 0,2 в/см. Таким образом, на определенных высотах существует разность показаний двух датчиков, имеющая величину, по крайней мере, порядка десятых долей вольта на сантиметр. Эта разность показаний не может быть связана с действием магнитного поля Земли. Она не может быть также связана с разностью толщин слоев у обоих приборов. Измерение униполярных токов на тело с помощью зондов Лэнгмюра, проведенное на той же ракете, показало, что толщина слоев практически должна быть одинаковой у обоих датчиков. К тому же увеличение толщины слоя, возникающее под действием освещения Солнцем, должно было привести к уменьшению отмеченной разности.

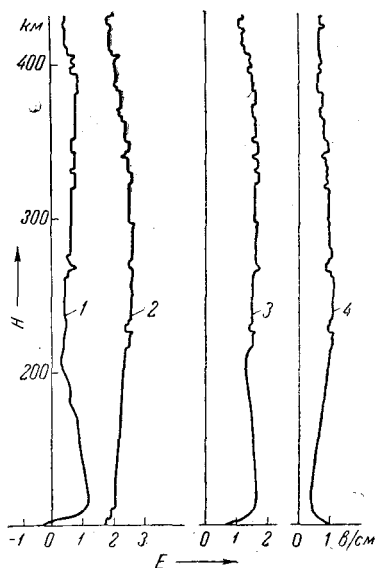


Рис. 2

Оценим величину внешней напряженности поля в ионосфере, сделав некоторые предположения о характере явлений вблизи поверхности ракеты в присутствии электрического поля. Пусть на отрицательно заряженном теле 3 (рис. 3) размещены две плоские проводящие пластины 1 и 2, соединенные с телом проводником. Примем, ради определенности, заряд тела отрицательным. До появления внешнего поля обе пластины находились в одинаковых условиях и толщина слоя у каждой из них составляла δ . Пусть в среде возникнет поле напряженностью E_n , направленное как указано на рис. 3. При этом возрастет ток положительно заряженных частиц на пластину 1 и отрицательно заряженных частиц на пластину 2. Толщина слоя у пластины 1 станет равной $\delta_1 < \delta$, а у пластины 2 $\delta_2 > \delta$. Напряженность поля у пластин 1 и 2 изменится как за счет появления добавочного поля E_1 и E_2 у пластин от внешнего поля E_n , так и за счет изменения поля от собственного заряда благодаря изменению толщин слоев. Если предположить, что величина направленной скорости, приобретаемая частицами во внешнем поле, составляет малую часть от величины тепловой скорости, то деформация слоев

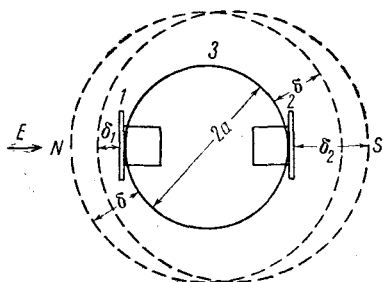


Рис. 3

ев в этих случаях невелика. Поэтому в слабых полях $\delta_1 = \delta_2 = \delta$. Дополнительно поле, создаваемое зарядами, индуцированными на пластинах 1 и 2 внешним полем, очевидно, также не должно проникать в ионосферу за пределы слоя толщиной δ . Это предположение справедливо, если разность потенциалов от внешнего поля на участке длиной $2a$ много меньше потенциала тела от собственного заряда. Так как поверхность тела эквипотенциальна, падение потенциала U внешнего поля на участке, занимаемом телом, должно быть сосредоточено на участках δ_1 и δ_2 . Тогда, если $a \gg \delta$, $U \approx 2aE$. Напряженность поля E у стенки тела, создаваемая внешним полем E_n , равна

$$E = E_n \frac{a}{\delta}.$$

Коэффициент усиления напряженности внешнего поля a/δ у стенок тела в нашем случае близок к 100.

Таким образом, исходя из указанных предположений, можно сделать вывод — в ионосфере во время опыта существовало электрическое поле, напряженностью порядка 10^{-3} в/см.

Нам представляется, что полученные результаты могут оказаться полезными как для понимания физики ионосферы, так и для трактовки результатов исследований, проведенных непосредственными методами. Мы надеемся, что продолжение подобных исследований позволит оценить масштабы изучаемого эффекта и выяснить его причину.

Авторы выражают благодарность К. И. Грингаузу за обсуждение результатов работы.

Поступило
13 IX 1962

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Л. Гдалевич, ДАН, 146, № 5 (1962). ² И. М. Имянитов, Я. М. Шварц, Искусственные спутники Земли, в. 3, 1959, стр. 77. ³ Я. М. Шварц, Радиотехника и электроника, 6, 1, 153 (1961).