

Г. Л. ГДАЛЕВИЧ

ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ У ПОВЕРХНОСТИ ЛЕТАЮЩЕЙ В ИОНОСФЕРЕ РАКЕТЫ

(Представлено академиком А. Л. Минцем 17 V 1962)

Полет ракеты в ионосфере сопровождается возмущением среды вблизи ее поверхности. Одной из причин этого возмущения является электростатический заряд ракеты. Для ряда задач (в частности, для производимых при помощи ракет ионосферных измерений) представляет интерес взаимодействие заряда ракеты с заряженными частицами среды. Поэтому измерение напряженности электростатического поля у поверхности летящей в ионосфере ракеты имеет и научное и практическое значение.

В 1957—1958 гг. были проведены измерения напряженности электростатического поля у поверхности запущенных вертикально геофизических ракет АН СССР. В опытах использовался метод электростатического флюксметра⁽¹⁾. Измерительная и экранная пластины флюксметра представляли собой плоские диски с 6 равномерно расположенными вырезами в виде секторов. Расстояние между пластинами было выбрано равным 3 мм. Электродвигатель, используемый для вращения экранной пластины, имел стабилизированную скорость вращения 9000 об/мин. Два электростатических флюксметра были установлены в диаметрально противоположных точках цилиндрической части корпуса ракеты. Вырабатываемое ими напряжение, пропорциональное напряженности электростатического поля, подавалось на измерительную схему и с помощью радиотелеметрической системы зарегистрированные значения передавались на Землю.

Использование двух флюксметров принципиально позволяет отделить напряженность поля, созданную собственным зарядом тела, от составляющей напряженности внешнего электростатического поля в направлении прямой, соединяющей точки установки флюксметров⁽¹⁾.

Измерение напряженности электростатического поля у поверхности летящей в ионосфере ракеты осложнено наличием модулированных вращением экранной пластины постоянных токов, текущих на измерительную пластину. Эти токи создаются свободными заряженными частицами среды и фотоэффектом под воздействием солнечного ультрафиолетового излучения.

Особенностью примененной измерительной схемы было одновременное использование автоматического переключателя чувствительности и синхронного детектора. Это позволило расширить диапазон измерений и для измеренных значений напряженности электростатического поля различить, вызываются ли изменения выходного сигнала измеряемым (рабочим) током, создаваемым за счет электростатического поля у поверхности ракеты, или модулированными постоянными токами («токами помехи»). Синхронный детектор ослабляет влияние токов помехи на выходные сигналы примерно в 5 раз. В то же время на автоматический переключатель чувствительности токи помехи влияют так же, как и рабочие токи. Поэтому, если входной сигнал, измеренный по показаниям на выходе в момент переключения чувствительности, в 5 раз меньше сигнала, при котором должно происходить переключение, измеренные значения напряженности определяются токами помехи, а не рабочими токами. Наибольшая чувствительность схемы (до ее переключе-

чения) была такова, что напряжению $0,1$ в на выходе соответствовала напряженность поля $E = 0,2$ в/см. Переключение чувствительности должно было происходить в случае отсутствия токов помех при $E = 6$ в/см.

Первый из описываемых экспериментов проведен 9 IX 1957 г. в 19 час. 54 мин. после захода Солнца при погружении -6° , что соответствует высоте земной тени, равной примерно 30 км. Ракета, во время ее полета в ионосфере, не была стабилизирована и могла вращаться. Второй эксперимент проведен 21 II 1958 г. в 12 час. 40 мин. Ракета во время этого эксперимента была стабилизирована на протяжении всего полета. К сожалению, в этом эксперименте не были получены результаты измерений вблизи вершины траектории. Третий эксперимент проведен 27 VIII 1958 г. в 8 час. 06 мин. Как и в предыдущем эксперименте, ракета во время ее полета в ионосфере была стабилизирована.

Наиболее интересным результатом, полученным на некоторых высотах во всех трех экспериментах, являлось отличие друг от друга напряженностей электростатического поля, измеренных одновременно двумя флюксметрами. Это отличие может быть вызвано либо ошибками эксперимента, связанными с токами помех, либо действительным различием напряженностей электростатического поля в местах установки флюксметров. Последнее означает, что в местах расположения флюксметров различны толщины слоя объемного заряда, окружающего ракету.

Как показали лабораторные испытания аппаратуры, максимальная среднеквадратичная аппаратурная ошибка для измеренных значений $E \leq 3$ в/см не превышает $0,6$ в/см. Поэтому, если рассматривать отличия напряженностей, превышающие $1,2$ в/см, то можно не рассматривать аппаратурных ошибок.

Токи помех могут быть вызваны: а) движением ракеты, вызывающим неодинаковость потоков заряженных частиц на измерительные пластины двух флюксметров; б) фотоэмиссией с измерительных пластин под действием ультрафиолетового и рентгеновского излучений Солнца; в) движениями среды, связанными с ионосферными ветрами; г) наличием внешнего электростатического поля. Те же причины могут создать различие напряженностей электростатических полей вблизи обоих флюксметров, т. е. вызвать различие «рабочих» токов, согласно принятой выше терминологии.

Таким образом, различие напряженностей электростатического поля, измеренных флюксметрами одновременно, обусловлено истинным различием напряженностей в местах расположения флюксметров только в том случае, если «рабочие» токи значительно превышают токи «помех».

Анализ работы переключателя чувствительности показывает, что за исключением нескольких выбросов в результатах экспериментов 21 II 1958 г. (высоты 250 — 280 км на восходящей ветви траектории) и 27 VIII 1958 г. (высоты 380—415 км, рис. 3), величина плотности токов помехи не превышала $5 \cdot 10^{-10}$ а·см $^{-2}$, и основная часть измеренных значений связана с истинными значениями напряженности электростатического поля у поверхности летящей в ионосфере ракеты.

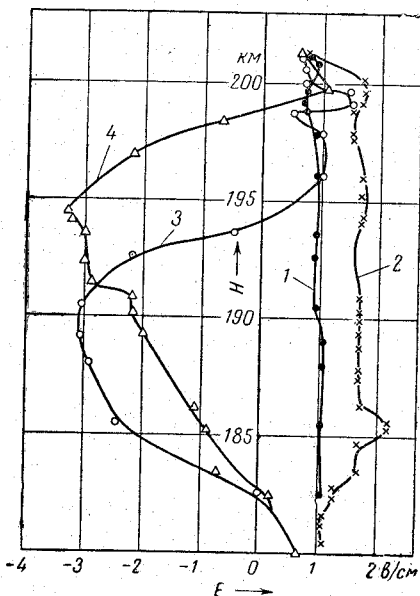


Рис. 1.

На рис. 1 и 2 представлены результаты измерений вблизи вершин траекторий, полученные соответственно 9 IX 1957 г. и 27 VIII 1958 г. На всех рисунках приняты обозначения: 1, 2 — результаты измерений одного флюксметра во время подъема и спуска ракеты соответственно; 3, 4 — то же для другого флюксметра. Все эффекты, связанные с движением ракеты, совершенно отсутствуют в вершине траектории и малы вблизи нее. Поэтому отличие измеренных флюксметрами значений напряженностей, приведенное на рис. 1 и 2, не может быть объяснено эффектами, связанными с движением ракеты.

На рис. 3 приведены результаты, полученные в эксперименте 27 VIII 1958 г. Как видно из рисунка, разность значений напряженностей, измеренных во время полета, меняет величину и даже знак, хотя расположение флюксметров на протяжении всего полета относительно Солнца не изменялось. Следовательно, указанные отличия не созданы и фотоэмиссией электронов. Таким образом, без привлечения эффектов, связанных с наличием

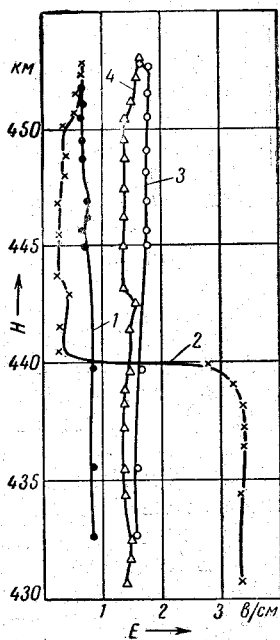


Рис. 2

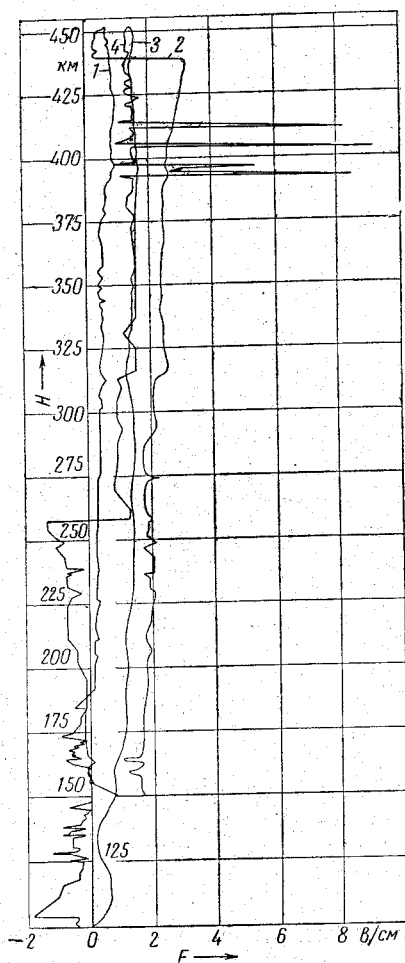


Рис. 3

внешнего электростатического поля, объяснить полученные результаты невозможно.

Рассмотрение приведенных на рис. 1 и 3 экспериментальных данных показывает, что: 1) на большей части траектории напряженность электростатического поля у поверхности летящей в ионосфере ракеты колеблется в пределах 0,2—3 в/см и соответствует отрицательному заряду ракеты; 2) имеются участки, на которых ракета имеет положительный заряд.

Величина плотности заряда ракеты, рассчитанная на основе полученных значений напряженности электростатического поля в предположении, что

ракета является однородным проводящим цилиндром, лежит в пределах $5 \cdot 10^{-5} \div 10^{-3}$ CGSE $\cdot \text{см}^{-2}$.

Анализ результатов приводит к выводу, что в ионосфере в ряде случаев зарегистрировано внешнее электростатическое поле, не связанное с появлением в ионосфере ракеты. Оценка величины напряженности этого внешнего поля должна производиться с учетом специфики явлений, происходящих вблизи тела, находящегося в плазме, и должна явиться предметом специального рассмотрения. При измерениях напряженности поля методом электростатического флюксметра целесообразно применять методику, предложенную в (2), в значительной степени исключающую влияние токов помех, с которыми связана часть изложенных выше результатов.

В заключение автор выражает свою искреннюю благодарность за руководство работой К. И. Грингаузу и И. М. Имянитову.

Поступило
14 V 1962

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. М. Имянитов, Приборы и методы для изучения атмосферного электричества, М., 1957. ² И. М. Имянитов, Я. М. Шварц, Искусственные спутники Земли, в. 3, 1959, стр. 77.