

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

**ПО ПОВОДУ СТАТЬИ Я. Л. АЛЬПЕРТА «О МЕТОДЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО
СПУТНИКА ЗЕМЛИ»**

В опубликованной в УФН статье Я. Л. Альперта¹ ряд положений, относящихся как к общим физическим представлениям, так и к сущности предлагаемого метода исследования, а также многие приводимые в статье формулы вызывают возражения. Ниже приводятся соображения по этому поводу. Ссылки на страницы относятся к упомянутой статье.

1

Во введении (стр. 3) говорится: «Принципиально невозможно прямым путем изменить параметры, характеризующие состояние и поведение какой-либо среды, если размеры приборов становятся значительно меньше длины свободного пробега частиц, из которых состоит эта среда». Между тем известно, что ряд опытов по изучению среды успешно проведен в областях атмосферы, где длины свободных пробегов не только превышают размеры приборов, но и размеры ракет и спутников, несущих эти приборы. Ошибочности этого утверждения Я. Л. Альперта можно видеть, в частности, из статей, опубликованных в сборниках² и³, цитируемых в статье. Хотя для успешного проведения опытов по изучению среды, в которой летят ракеты и спутники, требуется соблюдение некоторых условий, последние не связаны с длинами свободных пробегов частиц. Так для измерения плотности воздуха с помощью ионизационного манометра необходимо, чтобы концентрация частиц газа была такова, чтобы расстояния между частицами газа были много меньше размеров прибора; однако увеличение длины свободного пробега по сравнению с размерами прибора не затрудняет, а облегчает измерения, ибо при этом измерения происходят в области свободного молекулярного течения, в которой отсутствуют погрешности измерений за счет аэродинамических эффектов типа ударных волн или пограничного слоя.

2

Предлагаемая⁴ в⁵ статье схема аппаратуры для проведения опытов представляет собой по существу сочетание схемы перемещающегося фазового зонда и дисперсионного интерферометра, предложенных Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси⁶. В статье приводятся выражения (4), (5), и (6) для фаз принимаемых со спутника сигналов и выражения (9) и (10) для частот этих сигналов, получаемые дифференцированием (4) и (5). Как видно из формул (9) и (10), в указанных выше выражениях частоты колебаний, излучаемых со спутника ω_1 и ω_2 , считаются постоянными (как это было бы в случае схемы «чистого» дисперсионного интерферометра, при которой на спутнике были бы установлены передатчики с частотами ω_1 и ω_2 , не зависящими от сигналов с Земли). В рассматриваемой Я. Л. Альпертом схеме частоты ω_1 и ω_2 должны быть функциями времени, т. е. сами содержать дошперовы компоненты. Следует отметить, что в указанных формулах, видимо вследствие опечатки, величины $k_{1,2}$ выражаются как $\frac{\omega_{1,2}e}{r}$ вместо $\frac{\omega_{1,2}}{c}$, из-за чего фаза приобретает не свойственную ей размерность.

3

В разделах 2 и 3 статьи показано, каким образом по описанному в этой же статье способу можно определить «полное число электронов в столбе с сечением 1 см² от низ-

ней границы ионосферы до высоты z_0 спутника в период прохождения его над точкой наблюдения, т. е. $N_{\text{п}}(z_0) = \int_0^{z_0} N dz$ » (стр. 5).

Рассмотрение этой задачи ведется в предположениях, что Земля и ионосфера плоские, спутник пролетает непосредственно над точкой наблюдения (задача двухмерная), электронная концентрация — функция только высоты над Землей, координаты спутника известны и что участок орбиты спутника над точкой наблюдения может быть представлен в виде отрезка прямой, параллельной Земле.

Оценки возможности пренебрежения определения $N_{\text{п}}(z_0)$ сферичностью Земли и ионосферы и вертикальными перемещениями спутника отсутствуют, хотя они отнюдь не очевидны.

Остановимся на предположении об отсутствии вертикальных перемещений спутника. Для определения $\frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0}$ предлагается использовать формулу (14), основанную

на формуле (12), выведенной без учета вертикальной скорости \dot{z}_0 . В разделе 4 статьи автор использует формулу (14) для оценки погрешности измерений $N_{\text{п}}(z_0)$ (стр. 12), из чего видно, что формула (14) рассматривается как расчетная. В сноске (на стр. 8) указывается, что учет \dot{z}_0 необходим лишь при увеличении угла места φ .

Нетрудно показать, что пренебрегать влиянием ионосферы на частоту принятых сигналов, создаваемым вертикальной скоростью спутника, нельзя ни при каких значениях φ , ибо, несмотря на сравнительную малость этой составляющей скорости, эффект, создаваемый ею, велик. Сохранив все предположения Альперта, указанные выше, но считая, что вертикальная скорость спутника \dot{z}_0 не равна нулю, при излучении со спутника радиоволны с постоянной частотой ω_1 (выше указывалось, что в¹ рассмотрение ведется по существу для такого случая) выражение для частоты принятых колебаний следует записать в виде

$$\dot{\Phi} = k_1 \dot{r}_0 \left(1 - \frac{a}{\omega_1^2} \frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0} \right) - k_1 \frac{a}{\omega_1^2} \frac{\dot{z}_0}{\sin \varphi} \left(N_0 - \frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0} \right). \quad (\Lambda)$$

Здесь $K_1 = \frac{\omega_1}{c}$; остальные обозначения соответствуют принятым в¹. (Вывод выражения (A) опущен редакцией УФН из-за недостатка места.) Первый член этого выражения, зависящий от r_0 , совпадает с формулой (12) статьи; второй член, содержащий \dot{z}_0 , в статье не учтен. Очевидно, что в некоторых областях ионосферы, в частности в районе высот около 200 км, при приближении к главному максимуму ионизации величина локальной электронной концентрации N_0 в месте прохождения спутника может весьма значительно превышать среднюю электронную концентрацию в столбе от поверхности Земли до спутника $\frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0}$. С другой стороны, вертикальная скорость \dot{z}_0 в примере, рассмотренном Альпертом, имеет значение, примерно, 170 м/с (в случаях же второго и третьего советских спутников, как известно из опубликованных данных, имела значение порядка 500 м/с). Поэтому в выражении для изменения частоты принимаемого сигнала, создаваемого ионосферой, совершенно недопустимо пренебречь членом

$$k_1 \frac{a}{\omega_1^2} \frac{\dot{z}_0}{\sin \varphi} \left(N_0 - \frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0} \right) \text{ по сравнению с членом } k_1 \dot{r}_0 \left(1 - \frac{a}{\omega_1^2} \frac{N_{\text{п}}(z_0)}{z_0} \right).$$

Пользоваться при определении $\frac{N_{\text{п}}(z)}{z_0}$ выражением (12) статьи, выведенном при указанном пренебрежении, нельзя ни при каких значениях угла места: при малости φ из-за роста $\frac{z_0}{\sin \varphi}$, а при росте φ из-за уменьшения r_0 .

4

При рассмотрении задачи об определении параметров ионосферных неоднородностей вдоль траектории движения спутника Я. Л. Альперт описывает электронную концентрацию функцией

$$N(x, z) = N(z) \left(1 + m \cos \frac{2\pi x}{\Lambda} \right), \quad (\text{B})$$

в которой параметр m характеризует «глубину модуляции» электронной концентрации, а Λ — линейные размеры неоднородности.

Физически это равносильно предположению о том, что линейные размеры мелко-масштабных неоднородностей одинаковы во всей области высот от нижней границы ионосферы до орбиты спутника. Если учесть различие физических условий в различных

областях ионосферы (хотя бы огромный диапазон длин свободных пробегов частиц), то это предположение представляется произвольным, ни на чем не основанным. Так как согласно (Б) m и Λ не зависят от высоты z , то непонятно, как можно узнатъ, что результаты измерений, основанных на предполагаемой зависимости $N(x, z)$ типа (Б), характеризуют именно неоднородности вдоль траектории движения спутника, как это утверждается на стр. 6. По-видимому, это утверждение является результатом недоразумения. Представляется очевидным, что измерения флюктуаций допплеровых частот или фаз колебаний, принятых со спутника в данном наблюдательном пункте, могут характеризовать только флюктуации интегральной электронной концентрации в столбе от спутника до наблюдателя и ничего более.

Следует отметить, что в приводимых в¹ формулах, относящихся к этой задаче, также имеются недоразумения. Так, частота принимаемых колебаний для случая периодической горизонтальной структуры ионосферы (формула (17)) обращается в бесконечность при $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$, что, очевидно, не должно иметь места.

* * *

Изучение различных характеристик (в том числе и допплеровых частот) принимающих на Земле радиоволны, излучаемых с искусственных спутников, может дать и уже дало ценные сведения о свойствах и состоянии ионосферы. Однако приведенные выше соображения приводят к выводу, что изложенный в статье метод исследования ионосферы рассмотрен Я. Л. Альпертом недостаточно корректно и не может быть использован для измерения тех параметров ионосферы, о которых идет речь в статье.

K. I. Гриングауз

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Л. Альперт, УФН 64, вып. 1 (1958).
2. Rocket exploration of the upper atmosphere, Pergamon Press, London, 1954.
3. УФН 63, вып. 1а и 1б, 1957.
4. Новейшие исследования распространения радиоволни вдоль земной поверхности, под ред. Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси, М.—Л., 1945.

ИСПРАВЛЕНИЕ К СТАТЬЕ И. М. ФРАНКА

«Оптика источников света, движущихся в преломляющих средах»

В статье И. М. Франка, опубликованной в УФН, том 68, вып. 3, формула (4) на стр. 402 должна читаться так:

$$\frac{nv}{c} \cos \theta = 1.$$

Успехи физических наук, т. LXIX, вып. 2.

Редакторы Г. В. Розенберг и В. А. Угаров.

Техн. редактор В. Н. Крючкова.

Корректор З. В. Моисеева.

Сдано в набор 13/VIII 1959 г. Подписано к печати 29/IX 1959 г. Бумага 70×108/16.
Физ. печ. л. 11,0+1 вкл. Усл. печ. л. 16,24. Уч.-изд. л. 14,97. Тираж 4415. экз. Т-11003.
Цена 12 р. Заказ 1177

Государственное издательство физико-математической литературы.
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Московская типография №5 Мосгорсонархоза.
Москва, Трехпрудный пер., д. 9.