

551.594

Х. Ф. ТАММЕТ, Т. А. САЛУВЕРЕ

О ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ РОВНОЙ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Изучается связь горизонтальных составляющих электрического поля вблизи подстилающей поверхности с вертикальной составляющей и распределением объемного заряда.

Вектор напряженности электрического поля пересекает подстилающую поверхность, рассматриваемую как поверхность идеального проводника, перпендикулярно. Исключения составляют лишь грозовые процессы высокой скорости и частоты, которые здесь не рассматриваются. И. М. Имянитовым [1, 2] указано, что упомянутое обстоятельство недостаточно для обоснования предположения о вертикальности электрического поля в приземном слое над ровной поверхностью. Специально проведенные наблюдения [1] привели к неожиданным результатам — горизонтальная составляющая на высоте нескольких метров при нормальных условиях погоды оказалась одного порядка с вертикальной составляющей. Такие результаты требуют количественного объяснения, что заставляет изучать связь горизонтальных составляющих электрического поля с другими элементами атмосферного электричества.

Рассмотрим поле с горизонтальными составляющими E_x , E_y и вертикальной составляющей E_z . Из потенциальности электростатического поля вытекают соотношения

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = \frac{\partial E_z}{\partial x}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial z} = \frac{\partial E_z}{\partial y}. \quad (2)$$

Достаточно близко к подстилающей поверхности производные $\partial E_x/\partial z$ и $\partial E_y/\partial z$ могут приниматься не зависящими от высоты, при этом из формул (1), (2) и условия $E_x|_{z=0} = E_y|_{z=0} = 0$ следует пропорциональность горизонтальных составляющих к высоте. Горизонтальные составляющие вблизи подстилающей поверхности можно охарактеризовать производными по высоте, которые интерпретируются как коэффициенты пропорциональности или значения, приведенные к единичной высоте. При непосредственном представлении значений горизонтальных составляющих необходимо всегда указать соответствующую высоту.

Формулы (1), (2) применимы для косвенной оценки возможных значений горизонтальных составляющих. Для объяснения результатов И. М. Имянитова [1] требуется, чтобы относительно устойчивая во времени вертикальная составляющая изменялась в горизонтальном направлении над ровной поверхностью со скоростью порядка 100 в/м^2 .

Источником заметных горизонтальных составляющих в приземном слое может быть только низко расположенный объемный заряд [1]. Элект-

ростатическая задача для случая произвольного распределения объемного заряда аналитически не разрешима. Поэтому рассмотрим упрощенную модель, при которой плотность объемного заряда ρ над плоскостью $z = 0$ определяется выражением

$$\rho = \rho_0(z) + \rho_1 \exp\left(-\frac{z}{h}\right) \sin \frac{2\pi x}{l}, \quad (3)$$

где $\rho_0(z)$ — произвольная функция высоты, ρ_1 — амплитуда и l — длина волны переменной составляющей объемного заряда, h — постоянная, характеризующая затухание неоднородностей распределения объемного заряда с высотой. Составляющая E_x в описанном случае выражается

$$E_x = 2l\rho_1 \frac{\exp\left(-\frac{2\pi z}{l}\right) - \exp\left(-\frac{z}{h}\right)}{1 - \left(\frac{l}{2\pi h}\right)^2} \cos \frac{2\pi x}{l}. \quad (4)$$

Вблизи подстилающей поверхности, где $z \ll h$ и $z \ll l$, учтем в разложениях экспоненциальных функций лишь линейные члены. При этом получим для амплитуды E_x соотношение

$$E_{x \text{ ампл}} \approx \frac{4\pi\rho_1 z}{1 + l/2\pi h}. \quad (5)$$

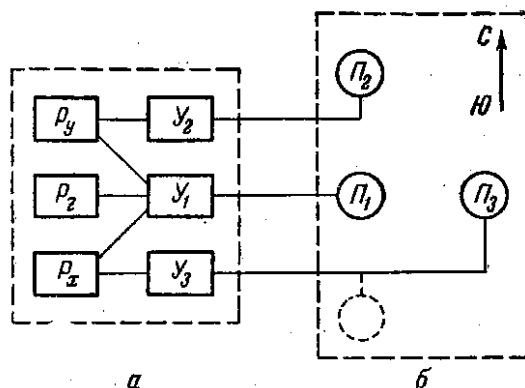
Обозначая разность максимальных и минимальных плотностей объемного заряда в пределах круглой области с диаметром h вблизи подстилающей поверхности через $\Delta\rho$ и допуская приближение с относительной ошибкой до $1/(1 + 2\pi)$, приводим соотношение (5) к виду

$$E_{x \text{ ампл}} \approx 2\pi\Delta\rho z. \quad (6)$$

Хотя действительное распределение объемного заряда отличается от рассмотренного, можно предположить, что действительные значения горизонтальных составляющих одного порядка со значениями, определенными согласно настоящей модели. Практическая оценка возможных максимальных значений горизонтальных составляющих вблизи подстилающей поверхности производится по формуле

$$\left. \frac{\partial E_{\text{гор}}}{\partial z} \right|_{\text{макс}} \left(\frac{b}{\text{м}^3} \right) \sim \frac{\Delta\rho}{110} \left(\frac{\text{эл. зар.}}{\text{см}^3} \right). \quad (7)$$

При этом $\Delta\rho$ оценивается по разности максимальной и минимальной плотностей объемного заряда вблизи подстилающей поверхности в области с размерами порядка высоты слоя значительного нарушения горизонтальной однородности распределения объемного заряда. При наблюдениях в одной точке над ровной однородной поверхностью можно $\Delta\rho$ оценивать по разности плотностей объемного заряда в соответствующем промежутке времени, так как объемный заряд переносится ветром. Для объяснения результатов И. М. Имянитова [1] потребовалось бы $\Delta\rho$ порядка $10\,000 \text{ эл. зар./см}^3$. Это значение, а также ранее указанную сильную зави-



Установка для изучения составляющих электрического поля вблизи подстилающей поверхности:

a — расположение датчиков полимеров P_1, P_2, P_3 ; *b* — блок-схема усилительного и регистрирующего устройства; Y_1, Y_2, Y_3 — усилители и демодуляторы полимеров; P_3 — регистратор вертикальной составляющей; P_y и P_x — регистраторы составляющих ЮС и ЗВ, управляемые разностями выходных сигналов $Y_2 - Y_1$ и $Y_3 - Y_1$.

симось E_z от горизонтальных координат, трудно признать реальным. Поэтому авторы склонны объяснить упомянутые результаты [1] экспериментальными ошибками. Основным источником систематических ошибок при методе И. М. Имянитова [1, 2], по-видимому, является определение коэффициентов формул перерасчета при помощи несовершенной установки моделирования.

Соотношения (1), (2) позволяют предложить более совершенную методику экспериментального изучения горизонтальных составляющих при помощи трех расположенных на уровне ровной подстилающей поверхности полимеров. Расположение полимеров и блок-схема регистрирующего устройства изображены на фигуре.

Удаление полимеров $П_2$ и $П_3$ от $П_1$ следует выбирать не более максимального расстояния, при котором зависимость входного сигнала регистраторов P_x и P_y от расстояния пропорциональна. Максимальное допустимое расстояние должно быть установлено экспериментально, например при помощи той же установки, но располагая полимер $П_3$ в одну линию с полимерами $П_1$ и $П_2$, как это показано на фигуре пунктиром.

Тартуский государственный
университет

Поступила
28.VI 1962

ЛИТЕРАТУРА

1. Имянитов И. М. Измерение горизонтальной составляющей электрического поля в атмосфере. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 13, 1949.
2. Имянитов И. М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы, Гостехтеоретиздат, 1957.