

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ПО ЗНАЧЕНИЮ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ОТРАЖАЕМОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Белинский А.С.¹, Кузнецов И.Е.¹

¹ – ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, bas1405@yandex.ru

Аннотация. Предлагается методика оценки напряженности электрического поля по значению радиолокационной отражаемости метеорологического объекта. Реализация этой методики позволит повысить безопасность применения перспективных авиационных комплексов.

Ключевые слова: радиолокационная информация, водность облаков, напряженность электрического поля, радиолокационная отражаемость облака, атмосферно-электрический разряд.

В настоящее время для улучшения лётно-тактических характеристик боевых самолетов и вертолетов выполняются дорогостоящие программы, предусматривающие снижение веса конструкции летательных аппаратов за счет применения новых, более перспективных материалов, к числу которых относятся так называемые композиционные материалы. Благодаря своим качествам (высокая удельная прочность, возможность комбинирования с различными материалами, малая радиозаметность, снижение общей массы воздушного судна (ВС)) композиционные материалы позволят улучшить летные и эксплуатационные характеристики самолета. Однако повышенная электрическая активность атмосферы все равно будет оказывать влияние на радиоэлектронное оборудование самолета, что может привести к искажению навигационной информации, нарушению работы других агрегатов ВС, и соответственно может привести к аварийным или катастрофическим последствиям.

Наибольшая опасность угрожает ВС при полетах в зонах активных грозовых облаков (Cu²,Cb), которые хорошо прогнозируются, диагностируются как наземными и бортовыми радиолокационными станциями (РЛС), так и визуально, то поражения самолетов молниями в этих облаках составляют небольшую долю от общего числа случаев. Подавляющее число поражений происходит в системах Ns-As, маскирующих конвективную облачность, или в чистых слоисто-дождевых и слоисто-кучевых облаках, в особенности, при полётах на малых и предельно малых высотах. При анализе бюллетеней авиационных событий государственной авиации 54 % случаев поражения различных частей ВС обнаруживалось при послеполетном осмотре. При этом роль ВС, попавшего в зону облачности, где достаточно велики электрические поля, но условий для возникновения самостоятельного разряда молнии не имеется, оказывается существенной. За счет эффектов поляризации и электризации самолета ситуация доводится до атмосферно-электрического разряда.

Цель работы – разработка методики оценки электрически активных зон (ЭАЗ) в атмосфере на основе радиолокационного мониторинга метеорологических объектов для повышения безопасности применения перспективных авиационных комплексов.

В результате радиолокационного зондирования атмосферы пользователь получает информацию об отражаемости и высоте радиоэха облачности и зон осадков. Радиолокационная отражаемость Z , являясь микрофизической интегральной характеристикой облака, зависит лишь от размера рассеивающих излучение облачных частиц в единице радиолокационного объема и не зависит от технических параметров метеорологических радиолокаторов (МРЛ). Зная максимальную отражаемость в километровом слое облака

и его высоту, можно осуществить переход от значений радиолокационной отражаемости в облачности и осадках к их водности g_{ω} [1, 4].

Абсолютной водностью облаков (или просто водность) называют массу капель воды и кристаллов льда, содержащихся в единичном объеме воздуха (чаще всего в 1 м^3) [2, 3]

$$g_{\omega} = 2.33 \cdot 10^{-2} \pi \rho_w N_0^{\frac{3}{7}} Z^{-\frac{4}{7}}, \quad (1)$$

где ρ_w – плотность частиц осадков, $N_0 = 3,8 \cdot 10^6 \text{ м}^{-4}$ для ледяных кристаллов ($T \leq -22^\circ\text{C}$), $N_0 = 8,0 \cdot 10^6 \text{ м}^{-4}$ для капель ($T > -22^\circ\text{C}$), $N_0 = 12,0 \cdot 10^6 \text{ м}^{-4}$ для градин, Z – радиолокационная отражаемость облака.

Падение капель под действием сил тяжести приводит к макроскопическому разделению зарядов. В верхней части облака образуется слой, содержащий преимущественно положительные объёмные заряды, в нижней части облака создаётся преобладание отрицательных зарядов. Если ток, обусловленный падением капель, компенсируется током проводимости в возникшем при разделении зарядов электрическом поле, то достигается стационарное электрическое состояние облака. Для напряжённости стационарного электрического поля получается

$$E = \frac{q_w g \zeta}{6\pi\eta\lambda}. \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2) получим

$$E = \frac{2.33 \cdot 10^{-2} \pi \rho_w N_0^{\frac{3}{7}} Z^{-\frac{4}{7}} g \zeta}{6\pi\eta\lambda}. \quad (3)$$

В случае полидисперсного облака общая водность равна сумме «парциальных» водностей. Если все капли равновесно заряжены, то электрическое поле облака не зависит от размера капель и определяется только водностью облака. Таким образом, с использованием формулы (3) можно рассчитать значение напряженности электрического поля на интересующем участке атмосферы, сравнить его с критериальным, при котором происходит поражение ВС электрическим разрядом. При напряженности электрического поля $E > 10^4 \text{ В/м}$ область атмосферы будет классифицироваться как электрически опасная и следовательно производится разработка рекомендаций органам управления воздушным движением (УВД) по недопущению попадания ВС в электрически опасные зоны.

Литература

1. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Евтеев Б.Ф., Камалдина И.И. Характеристики электрически активных зон в слоистообразных облаках / О.В. Лапина Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 159 с.
2. Билетов М.В., Кузнецов И.Е., Тищенко А.И. Основы радиолокационной метеорологии. М.: Воениздат, 2008. 325 с.
3. Имянитов И.М. Электризация самолетов в облаках и осадках. Л.: Гидрометиздат, 1969. 211 с.
4. Облака и облачная атмосфера. Справочник. / Под ред. Мазина И.П., Хргиана А.Х. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 646 с.

**METHOD OF ESTIMATION OF THE ELECTRIC STATE
OF THE ATMOSPHERE BY VALUE RADAR REFLECTIVITY
OF A METEOROLOGICAL OBJECT**

Belinskuy A.S.¹, Kuznetsov I.E.¹

¹ – "Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin" (Voronezh)», Voronezh, Russia, bas1405@yandex.ru

Abstract. The method of estimation of the electric field intensity value by the value of radar reflectance of a meteorological object is proposed. The implementation of this technique will improve the safety of advanced aircraft systems.

Key words: radar information, the water content of the clouds, the electric field strength, radar uragement clouds, atmospheric electrical discharge.