

УДК 62-932.2

**О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО
ПОЛОЖЕНИЯ ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА В ЗОНАХ
ОТВЕТСТВЕННОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ
ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ**

***Бочаров В.А.**, студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

***Тарашкевич А.Д.**, студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Прикладная математика»*

Научный руководитель: Истомин В.В.,

*доцент, к.т.н., доцент, УВЦ Военный институт
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Научный консультант: Трекин В.В.,

к.т.н., с.н.с., начальник лаборатории НИИЦ РКО 4ЦНИИ МО РФ (г. Москва)

Харламов С.В.,

*старший преподаватель, к.т.н., УВЦ Военный институт
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

bauman@bmstu.ru

В настоящее время боеспособность любого государства во многом определяется состоянием его вооруженных сил. В условиях модернизации и при активном технологическом прогрессе важную роль занимает развитие средств радиолокации. Исходя из существующей военно-политической обстановки, есть особая потребность в современных и надежных радиолокационных станциях дальнего обнаружения (РЛС ДО).

Анализ научной литературы по радиолокации [1-9] показал, что существенным фактором, влияющим на эффективность работы радиолокационных станций дальнего обнаружения, является возмущенность естественной среды распространения, в особенности, изменения параметров приземной атмосферы, вызванные солнечным терминатором. Следовательно, особую **актуальность** приобретает необходимость учета этих параметров для развития радиолокационных станций дальнего обнаружения на современных научно-методических основах.

Целью работы является решение следующей задачи – учет изменений параметров среды на границе освещенной и неосвещенной областей атмосферы, обусловленных солнечным терминатором.

Солнечный терминатор представляет собой движущуюся границу резких градиентов параметров среды (освещенной и неосвещенной областей атмосферы) [7]. Однако это определение солнечного терминатора не совсем точно передает его физический смысл. В действительности под солнечным терминатором следует подразумевать переходную область, разделяющую атмосферу с различными параметрами и обусловленную сильными утренним и вечерним градиентами поглощаемой атмосферой солнечной радиации. Эта область резких изменений энергетики самой атмосферы не обязательно совпадает с оптической границей дня и ночи, поскольку оптический диапазон излучения Солнца слабо влияет на атмосферу. Таким образом, солнечным терминатором, перемещающимся в атмосфере со скоростью вращения Земли, является область резких (но не мгновенных, как упрощенно иногда считается) градиентов параметров атмосферы, обусловленных изменением количества поглощаемой атмосферой солнечной энергии в переходное время суток.

Угловая ширина терминатора, определяемая, в основном, угловым размером Солнца, равна, независимо от широты, примерно 0.5 градуса, а скорость его движения на экваторе составляет 450 м/с (и с увеличением широты уменьшается). Именно из-за этого движения (по аналогии с механизмами образования волн препятствиями в потоке жидкости или газа) естественно ожидать, что в области солнечного терминатора (СТ) возникают атмосферные волны (которые, в свою очередь, приводят к появлению атмосферных турбулентностей, неустойчивостей, неоднородностей), сопровождающие переход состояния атмосферы от дневного к ночному и наоборот. При этом хорошо известно [7,9], что именно неоднородности и неустойчивости параметров ионосферы обуславливают появление радиофизических эффектов, искажающих радиолокационный сигнал и снижающих качество функционирования РЛС ДО (в частности радиолокационных станций слежения за космическими объектами [1]).

Предварительный анализ ряда подходов к моделированию атмосферы в области солнечного терминатора показал [2], что терминатор является областью наиболее быстрого изменения таких параметров, характеризующих состояние атмосферы, как температура, давление, электронная концентрация. Данное обстоятельство является исключительно важным, поскольку именно эти параметры влияют и на распространение радиоволн метрового и дециметрового диапазонов, в которых функционируют РЛС ДО

[1]. Учитывая выше сказанное, определенный интерес (с точки зрения выделения и прогнозирования временных интервалов существенного изменения условий функционирования РЛС ДО) представляет решение задачи расчета временных периодов прохождения СТ через зону ответственности РЛС ДО.

Поэтому нашей задачей является разработка методов оценки взаимного положения области зоны ответственности РЛС ДО и СТ. Анализ существующих моделей расчета восхода и захода Солнца для текущей географической точки [4] показывает, что они позволяют оценить время восхода (захода) Солнца, продолжительность сумерек (в нашем случае - СТ), но для фиксированной точки. Нас же интересует пространственное пересечение объема пространства занимаемого СТ и прохождение этого объема через зону ответственности РЛС ДО. Причем интерес представляет как время начала воздействия области СТ, так и последовательность его прохождения через зону РЛС ДО. При этом необходимо, чтобы данная процедура могла быть рассчитана для произвольной точки стояния РЛС ДО, ориентации и размеров ее зоны ответственности.

Таким образом, методика пространственно-временного сопоставления зоны действия РЛС и области солнечного терминатора должна базироваться, прежде всего, на формульных соотношениях для расчета времени пребывания СТ в соответствующей зоне. Исходными данными для такого расчета следует считать координаты точки дислокации РЛС и пространственные характеристики зоны действия. На рисунке 1 приведено пространственное положение границ СТ.

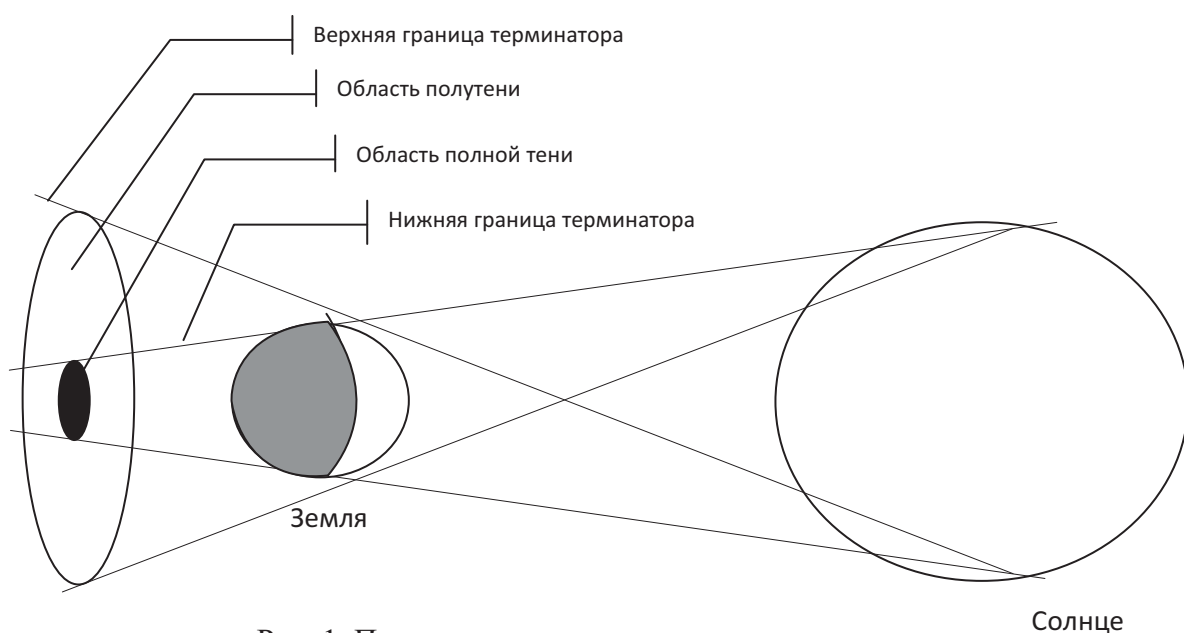


Рис. 1. Пространственное положение границ
солнечного терминатора

Разработка методики оценки взаимного положения области зоны ответственности РЛС ДО и СТ должна включать в себя несколько этапов. На первом этапе осуществляется выбор системы координат. В РЛС ДО, как правило, для известных координат точки стояния РЛС ДО (широта – φ_{TC} и долгота – λ_{TC}), пространственные характеристики любой точки в зоне ответственности характеризующуюся в горизонтальной топоцентрической системе координат (ГТСК) углом места, азимутом и дальностью. Однако область СТ связана с геоцентрической солнечно-эклиптической системой координат (ГСЭСК) формулой переходов [2]:

$$\begin{cases} X_T = D \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos \beta \\ Y_T = -D \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta \\ Z_T = D \cdot \sin \varepsilon \end{cases}$$

где X_T, Y_T, Z_T - координаты в ГСЭСК,

ε – угол места,

β – азимут,

D – дальность.

Поэтому, используя известные формулы перехода [2], необходимо перевести положение текущей точки зоны обзора РЛС ДО из ГТСК в ГСЭСК. Кроме того, расчеты для определения факта попадания соответствующей опорной точки на луче диаграммы направленности РЛС в область солнечного терминатора, проводимые в этой системе координат, имеют наиболее простой и удобный вид. В качестве основы для расчета некоторых характеристик СТ, можно воспользоваться формульными соотношениями, приведенными в [3].

$$\begin{bmatrix} X_{GO} \\ Y_{GO} \\ Z_{GO} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -X_T \\ -Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sin \varphi_{TC} & 0 & \cos \varphi_{TC} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \varphi_{TC} & 0 & \sin \varphi_{TC} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_3 \cdot \cos \varphi_{TC} \\ 0 \\ R_3 \cdot \sin \varphi_{TC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \lambda_{TC} & -\sin \lambda_{TC} & 0 \\ \sin \lambda_{TC} & \cos \lambda_{TC} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где X_{GO}, Y_{GO}, Z_{GO} - координаты в относительной геоцентрической системе,

φ_{TC} – широта,

λ_{TC} – долгота,

R_3 – радиус Земли.

К ним относится расчет углового значения звездного времени, определение значения склонения и прямого восхождения Солнца для текущей даты.

После проведения подготовительных расчетов осуществляют процедуру определения текущего положения каждой опорной точки на луче диаграммы направленности РЛС относительно границ солнечного терминатора, а по полученной совокупности всех точек зоны ответственности – пространственно-временные границы влияния СТ в зоне ответственности РЛС ДО. Обобщение полученных результатов позволит получить «объемную» картину движения области СТ по зоне обзора исследуемой РЛС.

Вывод. С помощью разрабатываемой модели можно с высокой точностью рассчитать время прохождения области солнечного терминатора по зоне действия любой РЛС, и определить, таким образом, часы суток, в которые качество работы данной РЛС ДО может отличаться от требуемого, а сопоставление изменения выходных характеристик указанной РЛС ДО на исследуемом временном интервале влияния СТ позволит оценить степень воздействия указанного явления на качество работы РЛС ДО, а сопоставление качества работы РЛС ДО с разными рабочими частотными диапазонами - степень чувствительности того или иного частотного диапазона к СТ и сформулировать рекомендации по выбору частотного диапазона наименее чувствительного к данному геофизическому фактору.

Список литературы

1. Алмазов В.Б., Белов А.А., Кохин В.Н., Теоритические основы радиолокации. Харьков: ХВУ, 1996.
2. Информационные технологии в радиотехнических системах. Под ред. И.Б. Федорова. 2011.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров: Пер. с англ. / Под общей ред. Арамановича А.Г. М.: Наука, 1973.
4. Монтенбрук О., Плегер Т. Астрономия с персональным компьютером. Пер. с немецкого/ Под ред. О.Монтенбрука, Т.Пфлегера – М.: Мир, 1993. – 279с. с ил.
5. Сосулин Ю.Г. Теоритические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. Пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1992.
6. Современная радиолокация (анализ, расчет и проектирование систем). Пер. с англ. под ред. Кобзарева Ю.Б. - М ; "Советское радио", 1969. - 704 с.

7. Сомсиков В.М. Волны в атмосфере, обусловленные солнечным терминатором. Геомагнетизм и аэрономия. 1991. - №1, том 31. - С. 1-11.
8. Основы теории полета космических аппаратов. Под ред. Г.С. Нариманова и М.К. Тихонравова. М.: "Машиностроение", 1972. - 608 с.
9. Ширман Я.Д., Манжос В.Н., Леховицкий Д.И. Некоторые этапы развития и проблемы теории и техники разрешения радиолокационных сигналов // Радиотехника. 1997. №1. С.31-42.