

УДК 520.1: 551.5:551.55

DOI: 10.17223/00213411/63/2/55

В.В. НОСОВ, В.П. ЛУКИН, Е.В. НОСОВ, А.В. ТОРГАЕВ

ТУРБУЛЕНТНЫЕ МАСШТАБЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ МОНИНА – ОБУХОВА В ГОРНОМ АНИЗОТРОПНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ *

С целью прогноза распространения коротковолновых электромагнитных волн в атмосфере (включая оптические) выполнены исследования характеристик горной турбулентности. Для этого продолжены многолетние наблюдения дневной и ночной стратификаций турбулентной атмосферы в Саянской солнечной обсерватории. Для измерений использован новый мобильный аппаратно-программный ультразвуковой комплекс АМК-03-4, разработанный для измерения характеристик турбулентных метеополей. Получены новые экспериментальные данные для турбулентных масштабов скорости V_* (скорость трения) и температуры T_* , являющихся важными характеристиками турбулентности в теории подобия Монина – Обухова. Проведено сравнение экспериментальных результатов с данными, полученными авторами ранее в разное время в различных климатических и географических регионах. Экспериментально подтверждены положения теории подобия в атмосферном пограничном слое. Показано, что традиционная теория подобия может быть распространена на произвольный анизотропный (в частности, горный) пограничный слой. Это решает проблему прогноза характеристик турбулентности в анизотропном слое, включая горные регионы.

Ключевые слова: турбулентность, теория подобия, турбулентные масштабы скорости и температуры.

Введение

Как известно, в широко применяемых радиотехнических и телекоммуникационных системах электромагнитные волны распространяются в некоторой (коммуникационной) среде. В такой среде часто используются проводные линии (как токопроводящие, так и синхронные оптические цифровые сети). Однако в настоящее время быстро развиваются и линии беспроводной связи. Для этой цели обычно применяется коротковолновое излучение: микроволновое (с длиной волны 30 см – 1 мм) и оптическое, включающее в себя инфракрасный (1 мм – 0.8 мкм), видимый (0.8–0.4 мкм) и ультрафиолетовый (0.4–0.1 мкм) диапазоны. В атмосферных (беспроводных) телекоммуникационных системах коммуникационной средой является земная атмосфера, физические свойства которой оказывают заметное влияние на распространение коротковолнового излучения. Известно [1], что в условиях незамутненной атмосферы качество сигнала, принятого коротковолновым приемником, определяется, в основном, атмосферной турбулентностью, которая вносит случайные искажения в фазовый фронт волны (что приводит к флуктуациям фазы и амплитуды). В системах, работающих с изображениями объектов, турбулентность ухудшает качество изображений, а в более простых импульсных системах приводит к случайной временной задержке передаваемых импульсов, создавая помехи. В большей степени влияние турбулентности сказывается на длинных трассах, в том числе в спутниковой связи и при наблюдении внеатмосферных оптических и микроволновых объектов. В этой связи корректное задание турбулентных характеристик атмосферы является важной предпосылкой для точного прогноза результатов распространения коротковолнового электромагнитного (включая оптическое) излучения в турбулентной атмосфере.

Теоретические положения и результаты

Теория подобия [1–4], разработанная в работах А.С. Монина и А.М. Обухова по физике турбулентности, позволяет прогнозировать турбулентные характеристики атмосферы, необходимые для прогноза распространения электромагнитных волн. Однако традиционная теория подобия была сформулирована только для изотропного пограничного слоя [1–4], имеющего ровную и одинаково нагретую подстилающую поверхность.

Целью настоящей работы является уточнение (и необходимое расширение) некоторых аспектов теории подобия на основе накопленных авторами обширных экспериментальных данных на-

* Экспериментальные исследования в настоящей работе были профинансированы проектом П.10.3.5 (AAAA-A17-117021310146-3). Теоретические исследования частично поддержаны Российским научным фондом (грант № 20-17-0187).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>