

УДК 551.501.755; 551.501.796

DOI: 10.17223/00213411/64/8/16

А.И. ПОТЕКАЕВ¹, Л.Г. ШАМАНАЕВА^{1,2}, В.В. КУЛАГИНА³

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИНИСОДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ *

По результатам постобработки минисодарных измерений трех компонент скорости ветра и их дисперсий в нижнем 200-метровом слое атмосферы проанализирована суточная почасовая динамика кинетической энергии атмосферы, приведенной к единице массы воздуха, и ее компонент $E_{\text{ТКЕ}}$ (обусловленной турбулентными пульсациями скорости ветра) и $E_{\text{МКЕ}}$ (обусловленной средней скоростью ветра), уделяя особое внимание турбулентной кинетической энергии. Показано, что в течение суточного периода непрерывных минисодарных наблюдений, $E_{\text{ТКЕ}}$ была мала до высот 50 м, росла в диапазоне высот от 50 до 100 м, а на высотах более 100 м наблюдался ее быстрый рост. Отмечено существенное влияние времени суток на результаты наблюдений. Так, в ночное время кинетическая энергия не превышала 20 Дж/кг, а затем с течением времени росла от 20 до 50 Дж/кг. В утренние часы энергия была максимальной. После восхода солнца турбулентная кинетическая энергия быстро уменьшалась и система подстилающая поверхность – приземный слой воздуха переходила в состояние равновесия. Как следствие, разброс значений турбулентной кинетической энергии уменьшался. Наиболее существенные изменения наблюдались в диапазоне высот 100–200 м. На высотах до 50–100 м время суток не оказывало существенного влияния, $E_{\text{ТКЕ}}$ была мала и практически не изменялась со временем. Независимо от времени суток максимальная турбулентная кинетическая энергия наблюдалась в диапазоне высот 100–200 м, который и представляет самую большую опасность для беспилотных летательных аппаратов. Приведены соответствующие численные оценки.

Ключевые слова: пограничный слой атмосферы, кинетическая энергия атмосферы, приведенная к единице массы воздуха, акустическое зондирование, минисодар, турбулентность, суточная динамика.

Введение

Кинетическая энергия играет важную роль в физике атмосферного пограничного слоя (АПС), исследовании его структуры и динамики, разработке адекватных физических представлений и построении реалистичных математических моделей [1–3]. Она является одной из характеристик АПС, определяющей как глобальную, так и локальную циркуляцию атмосферы, перенос момента количества движения, тепла и влаги. Более того, она необходима для прогноза и расчета полей метеопараметров и диффузии загрязняющих примесей, а также для анализа и прогноза условий распространения акустического излучения. В последнее время актуальность исследований физики АПС значительно возросла в связи с революционным развитием и применением легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [4], которые, как правило, изготавливаются из легких материалов, используются в АПС (особенно микро- и мини-размерные БПЛА) и, таким образом, подвержены сильному влиянию кинетической энергии турбулентности.

Для измерения и прогноза средних значений и дисперсии компонент скорости ветра в АПС в настоящее время разработан ряд методов с использованием лидаров, содаров и радиолокаторов [5–8]. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Например, показатель преломления звуковых волн примерно в 10^6 раз больше, чем радио- и оптических волн. На фоне сильного взаимодействия звуковых волн с атмосферой возможности получения информации круглосуточно в реальном масштабе времени с существенно большим пространственным и временным разрешением делают содары уникальными инструментами для исследования поля скорости ветра в АПС.

Применение минисодаров позволяет одновременно получать длинные временные ряды непрерывных наблюдений высотных профилей как средних значений, так и дисперсий трех компонент скорости ветра и анализировать их пространственно-временную динамику [3, 7, 9]. При этом получают данные с высоким пространственным (до нескольких метров) и временным разрешением (статистически надежные профили скорости ветра доступны с осреднением, как правило, от 1 до 30 мин). Это позволяет использовать результаты минисодарных измерений для оценки кинетической энергии как средней, так и турбулентной компонент скорости ветра. Так, в [9] были приведены предварительные результаты анализа пространственно-временной динамики кинетической энергии турбулентности в единице массы воздуха на основе данных минисодарных измерений.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИОА СО РАН.

Уважаемые читатели!

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

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