

Статистические характеристики турбулентности в условиях городской застройки

Научный руководитель – Степаненко Виктор Михайлович

Дрозд Илья Дмитриевич

Студент (бакалавр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Кафедра метеорологии и климатологии, Москва, Россия

E-mail: drozdil.msu@gmail.com

В данной работе анализируются статистические характеристики турбулентности внутри городской застройки на основе измерений микрометеорологической мачты в Москве.

Описание турбулентного обмена энергией между атмосферой и поверхностью в условиях города - слабое место в прогностических и климатических моделях, так как на сегодняшний день нет единой теории, хорошо описывающей турбулентные процессы в пограничном слое атмосферы в регионах с неоднородной орографией. Чтобы внести свой вклад в изучение механизмов турбулентного обмена в сложной геометрии города, в 2019 году в Метеорологической обсерватории МГУ была введена в эксплуатацию 21-метровая микрометеорологическая мачта. С помощью трех ультразвуковых анемометров МЕТЕК на уровнях 2,2 м, 11,1 м, 18,8 м были измерены колебания температуры и три составляющие скорости ветра. В работе представлены результаты, основанные на данных, полученных с ноября 2019 года по май 2020 года.

Для работы с данными мачты был разработан алгоритм заполнения пропусков, основанный на гауссовом распределении заполняемых переменных до и после пробела, с учетом их ковариации. Новый метод заполнения пропущенных значений сравнивался с линейной интерполяцией и гауссовым распределением без учета корреляций между переменными и показал хороший результат. Для фильтрации ложных пиков использовался метод трех сигм.

Данные акустических измерений сравнивались с данными чашечных анемометров, установленных на аналогичной высоте поблизости. Рассчитаны основные статистические характеристики получаемых рядов данных. Получены связи турбулентных потоков тепла и импульса с турбулентными моментами других порядков. Наличие корреляции между третьим и вторым моментами в пограничном слое над сложной поверхностью, обнаруженное ранее в природных [1] и городских [2] ландшафтах, проверялось на данных мачты. В работе был выявлен рост изменчивости компонент скорости с высотой в пределах нижних 10 метров. Суточная амплитуда 20-минутного отклонения температуры пропорциональна суточной амплитуде средней температуре за 20-минутный период. Пропорциональность турбулентной кинетической энергии квадрату усредненной горизонтальной скорости была подтверждена для случая геометрически сложной поверхности.

Анализ данных поддержан Московским центром фундаментальной и прикладной математики.

Источники и литература

- 1) Barskov K. V. et al. Experimental study of heat and momentum exchange between a forest lake and the atmosphere in winter //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – Т. 96. – №. 1. – С. 012003.

- 2) Pashkin A. D. et al. An experimental study of atmospheric turbulence characteristics in an urban canyon //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 386. – №. 1. – С. 012035.