

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ВОЗДУХА В АТМОСФЕРЕ

Г.И. Мазуров¹, И.А. Тарабукин¹, В.И. Акселевич¹

¹Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, Россия

POSSIBILITIES OF MEASURING THE SPEEDS OF MESOSCALE VERTICAL AIR FLOWS IN THE ATMOSPHERE

G.I. Mazurov¹, I.A. Tarabukin¹, V.I. Akselevich¹

¹Main Geophysical Observatory A.I. Voeikov, St. Petersburg, Russia

Представляется новый прибор для измерения мезомасштабных вертикальных потоков воздуха в атмосфере. Рассматриваются возможности его совершенствования, направления применения. Анализируются результаты первых измерений. Обсуждаются достоинства и недостатки прототипа прибора.

A new device for measuring mesoscale vertical air flows in the atmosphere is presented. The possibilities of its improvement, directions of application are considered. The results of the first measurements are analyzed. The advantages and disadvantages of the prototype device are discussed.

Вертикальные потоки воздуха в основном определяют качественно, считая, что на наветренной стороне зданий в городе, возвышенностей и гор развиваются восходящие потоки, а на подветренной нисходящие (рис. 1). Из него видно, что развиваются и завихрения. Все эти потоки оказывают влияние на формирование облачности различных ярусов и вызывают турбулентность атмосферы, что приводит к болтанке летательных аппаратов (ЛА), а также они влияют на распределение примесей по вертикали. Чем выше здания и возвышенности и чем больше скорость горизонтальных потоков (ветра), тем сильнее будут развиваться вертикальные потоки. Кроме того, скорость этих потоков зависит от степени нагрева Солнцем освещенной и теневой сторон зданий и возвышенностей.

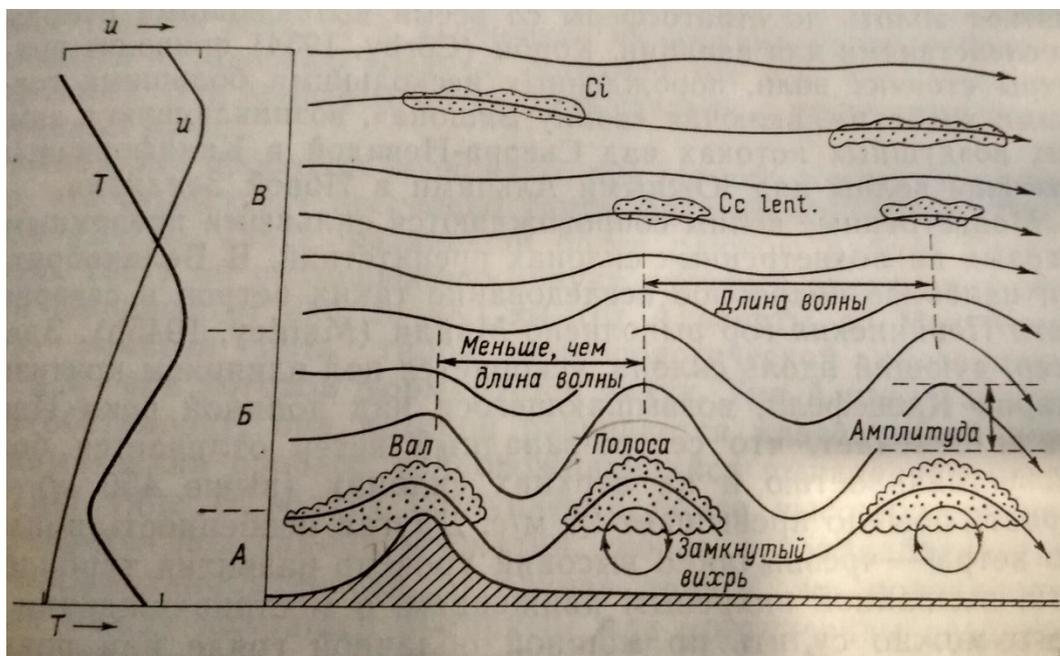


Рис. 1. Качественное выявление влияния скорости ветра (u), который усиливается с высотой до тропопаузы, и различной стратификации температуры (T) на развитие форм облаков под влиянием восходящих и нисходящих потоков воздуха, а также завихрений (замкнутый вихрь) за горным хребтом высотой около 1 км. Слои А и В – понижение температуры с высотой, слой Б – повышение. Показаны длины волн и их амплитуды, которые с высотой уменьшаются [1]

Интенсивность этих потоков формирует уровни загрязнения воздуха и отрицательно влияет на безопасность полетов всех видов ЛА. Так, восходящий вертикальный поток будет увеличивать подъемную силу ЛА, а нисходящий – уменьшать. В обоих случаях будет изменяться угол атаки, что отрицательно воздействует на безопасность полета. При этом при восходящих потоках длина разбега уменьшается, а пробега – увеличивается. При нисходящих потоках наблюдается обратная картина. Роль вертикальных потоков воздуха возрастает в связи с более широким внедрением в практику малоразмерных беспилотных ЛА. Похоже на влияние сдвига ветра. Для многих метеорологических и аэронавигационных задач полезно знать количественную величину вертикальных потоков воздуха (их интенсивность) и направленность.

По площади развития следует выделить 3 вида вертикальных движений воздуха: микромасштабные (сантиметры и метры), мезомасштабные (десятки и сотни метров) и синоптического масштаба (сотни километров).

Существуют способы измерения микромасштабных вертикальных потоков воздуха и других газов в закрытых помещениях, строящихся зданиях и шахтах. Они имеют целью расчет мощности вентиляционных устройств и определение места их установки. Для этого используются анемометр типа АРИ-49 или крыльчатый анемометр типа АССО-3 [2], которыми измеряют скорости воздушных потоков в нескольких точках исследуемого помещения. Ось вращения датчика ориентируют перпендикулярно набегающему потоку. Полученные результаты осредняют. На эту процедуру требуется достаточно много времени.

Для атмосферы с ее достаточно крупномасштабными вертикальными потоками такой способ не подходит. В Российской Федерации имеются горные районы и районы с возвышенностями (например, Краснодарский край). В них необходимо измерять вертикальные потоки не только на склонах возвышенностей (см. рис. 1), но и, например, потоки вблизи кучево-дождевого облака, которые меняются по знаку на противоположные, вблизи разогретых стен и крыш зданий и т.п. Вертикальные потоки воздуха применяются и для ввода реагента в облако с целью активного воздействия на него [3].

Для измерения скоростей вертикальных потоков воздуха в пограничном слое атмосферы предлагается использовать прибор «Анемометр вертикальных потоков воздуха». В нем датчик скоростей анеморумбометра М63М-1 повернут на 90^0 и убран измеритель направления (румбов). Кроме того, сделана защита от ветра с тем, чтобы исключить влияние горизонтальных потоков воздуха (рис. 2). Известно, что скорости ветра, как правило, значительно больше скорости вертикальных потоков. Однако, при некоторых аэро-синоптических ситуациях (прохождение атмосферных фронтов, смерчей, шквалов и т.п.) они могут быть соизмеримы. Установить датчик можно на высоте 2 м или на уровне флюгера. В этом случае сможем измерять скорости вертикальных потоков воздуха на склонах гор, вблизи зданий при прохождении атмосферных фронтов, смерчей, торнадо и вблизи кучево-дождевого облака. Это позволит увеличить точность численного моделирования последнего, а также подробнее рассмотреть особенности загрязнения пограничного слоя атмосферы.

В настоящее время скорости вертикальных потоков воздуха синоптического масштаба не измеряются, а рассчитываются численным путем и в соответствии с этим составляются карты вертикальных токов.

Необходима проверка экспериментальным путем предлагаемого прибора, его градуировка и сравнение полученных результатов измерений с вычисленными, а также выявление оптимальных размеров ветровой защиты.

Можно попробовать для увеличения пространственного масштаба осреднения скоростей вертикальных потоков увеличить диаметр приемного устройства (датчика скорости) примерно до 1 м, повернув анеморумбометр М63М-1 на 90^0 и, сделав ветровую защиту.

Значения измеренных средних скоростей потоков позволят рассчитать примерный объем воздуха, переносимый по вертикали с определенной площади за 1 час или 10 часов. За больший промежуток расчет производить нельзя, так как вмешивается суточный ход притока солнечной радиации.

Целесообразно внести конструктивные изменения в существующие анемометры или анеморумбометры, убрав датчик направления ветра у последних, расположив ось вращения горизонтально и, закрепив на определенной высоте.

Нами изготовлен действующий макет в натуральную величину анемометра для измерения вертикальных потоков воздуха (рис. 2) и с его помощью проведены соответствующие измерения. Датчиком является четырехлопастная вертушка, расположенная горизонтально, которая имеет защиту от ветра, и вращается под влиянием набегающих вертикальных потоков в ту или другую сторону. Измерения этим прибором вертикальных потоков выполнялись в течение весны и лета 2018 года. Они показали, что прибор реагирует на восходящие потоки воздуха на наветренной стороне здания и нисходящие потоки на подветренной их стороне, скорости потоков увеличиваются с усилением ветра и увеличением влияния высоты солнцестояния, а также реагирует на вид подстилающей поверхности (свежую вспашку, асфальт и травяной покров или воду). При антициклональном типе погоды, когда ветры слабые, интенсивность вертикальных потоков зависит от интенсивности притока солнечной радиации (конвекции). К одному дистанционному пульту может быть подключено два датчика скорости вертикальных потоков, удаленных на расстояние до 10 км. При прохождении атмосферных фронтов, шквалов, смерчей и кучево-дождевых облаков скорости вертикальных потоков оказываются значительными и даже соизмеримыми со скоростями ветра (горизонтальными потоками). В последнем случае они меняются на противоположные. На индикацию могут выводиться средние скользящие значения скорости потоков за 2 и 10 минут, а также максимальные скользящие значения характеристик потоков за тот же период.



Рис. 2. Слева фотоснимок четырехлопастной вертушки (вид снизу) в корпусе ветровой защиты и справа фотоснимок общего вида приемного устройства на треноге (вид сбоку) без указателя скорости вертикальных потоков.

Недостатками прибора являются трудность транспортировки, громоздкость, отсутствие мобильности. Для ликвидации последнего недостатка прибор можно устанавливать на подвижное средство.

Достоинства прибора: результаты измерений вертикальных токов позволяют впервые перейти от качественных рассуждений к количественным оценкам, что особенно важно при моделировании.

Литература

1. Смит К. Основы прикладной метеорологии. Л.: Гидрометеиздат. – 1978. - 424 с.
2. Плотников А.Д., Сучкова Л.И. Сравнительный анализ приборов и методов измерения скорости и направления ветра. //Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Ползуновский альманах. №2. – 2010. - С. 119-122.
3. Качурин Л.Г. Физические основы воздействий на атмосферные процессы. Л.: Гидрометеиздат. – 1973. – 366.