

# Природа возникновения ветров и закономерность развития ветровых процессов

Шаповалов Д.А.

Белорусский национальный технический университет

## *Введение*

Ветер вызван разницей в давлении между двумя разными воздушными областями. Если существует ненулевой барический градиент, то ветер движется с ускорением от зоны высокого давления в зону с низким давлением. На планете, которая вращается, к этому градиенту прибавляется сила Кориолиса. Таким образом, главными факторами, которые образуют циркуляцию атмосферы в глобальном масштабе, является разница в нагреве воздуха и солнечным ветром между экваториальными и полярными районами, которые вызывают разницу в температуре и, соответственно, плотности потоков воздуха, а в свою очередь и разницу в давлении (а также силы Кориолиса). В результате действия этих факторов, движение воздуха в средних широтах в приповерхностной области вплотную к ветру приводит к образованию геострофического ветра и его движению, направленного практически параллельно изобарам.

## *1. Основные сведения*

Важным фактором, который говорит о перемещениях воздуха, является его трение об поверхность, которая задерживает это движение и заставляет воздух двигаться в сторону зон с низким давлением. Кроме того, локальные барьеры и локальные градиенты температуры поверхности способны создавать местные ветры. Разница между реальным и геострофическим ветром называется агеострофическим ветром. Он отвечает за создание хаотичных вихревых процессов, таких как циклоны и антициклоны. В то время как направление приповерхностных в тропических и полярных районах определяется преимущественно эффектами глобальной циркуляции атмосферы, которые в умеренных широтах обычно слабые и циклоны вместе с антициклонами заменяют друг друга и изменяют свое направление каждые несколько дней.

Скорость ветров увеличивается с высотой, а их горизонтальная составляющая значительно больше вертикальной. Последнее обстоятельство является основной причиной возникновения резких порывов ветра и некоторых других мелкомасштабных эффектов. Суммарная кинетическая энергия ветров оценивается величиной порядка  $0,7 \times 10^{21}$  Дж. Вследствие трения, в основном в атмосфере, а также при контакте с земной и водной поверхностями эта энергия непрерывно рассеивается, при этом рассеиваемая мощность— порядка 1200 ТВт ( $1,2 \times 10^{15}$  Вт), что равно примерно 1% поглощенной энергии солнечного излучения.

## *2. Классификация ветра*

На метеорологических станциях ветер оценивается направлением и скоростью. Направлением ветра принято считать ту сторону горизонта, откуда дует ветер. На практике используется 16-румбовая система установления направления ветра. Ветры классифицируются на основании шкалы Бофорта.

Сила ветра – по шкале баллов, которую предложил британский адмирал Бофорт в 1805г. Лишь в 1874г она была принята Международным метеорологическим комитетом для всеобщего применения на телеграфе. Шкала 12-балльная, а в Америке – 17-балльная.

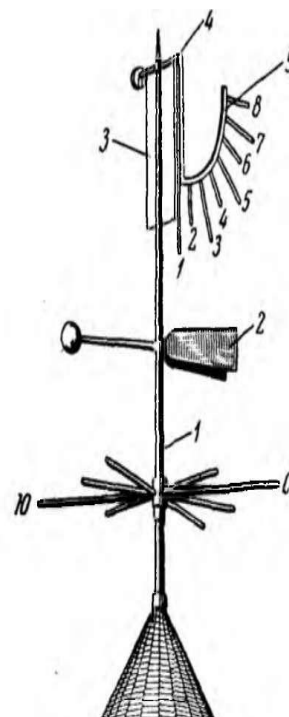
Отсчет направления ветра начинается с севера и продолжается по часовой стрелке. Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с), в километрах в час (км/ч) или баллах.

### 3. Измерение направления и скорости ветра

Направление ветра в метеорологии определяется как направление, из которого дует ветер. Самым простым прибором для установления направления ветра является флюгер. Ветроуказатели, установленные в аэропортах, также способны примерно показывать скорость ветра, в зависимости от которой изменяется наклон прибора.

Типичными приборами, предназначенными непосредственно для измерения скорости ветра, служат разнообразные анемометры, использующие способные вращаться чаши или пропеллеры. Для измерения с большей точностью, в частности для научных исследований, используют измерения скорости звука или измерения скорости охлаждения нагретой проволоки или мембраны под действием ветра. Другим распространенным типом является анемометров является трубка Пито, который измеряет разницу динамического давления между двумя концентрическими трубками под действием ветра и широко используется в авиационной технике.

Флюгер (нидерл. Vleugel) — метеорологический прибор для измерения направления (иногда и скорости) ветра. В России до XVIII века употреблялись слова прапор, прапорица. Флюгер в российских письменных источниках появился в форме «флюгель» в Уставе морском 1720 года.

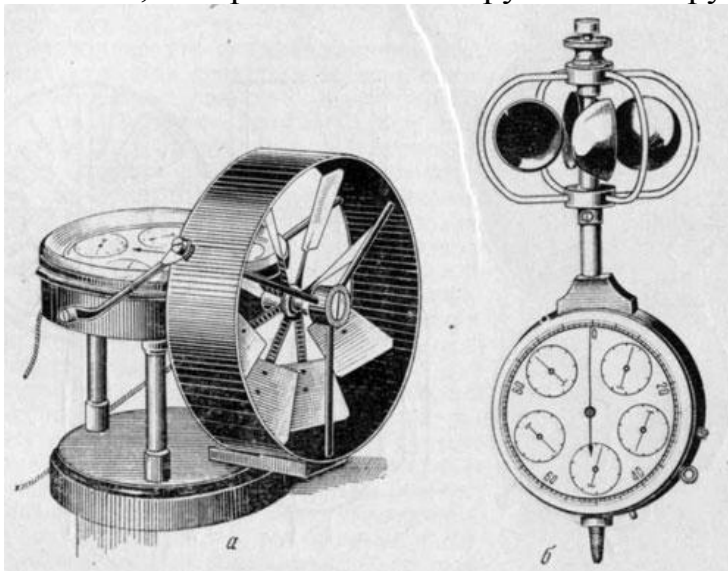


Флюгер, измеряющий одновременно направление и силу ветра называют флюгером Вильда.

Флюгер представляет собой металлический флаг, расположенный на вертикальной оси и поворачивающийся под воздействием ветра. Противовес флага направлен в сторону, откуда дует ветер. Направление ветра может определяться по горизонтальным штифтам, ориентированным по восьми румбам, а на современных флюгерах — с помощью электронного прибора (энкодера).

На флюгере, перпендикулярно направлению ветра, может устанавливаться свободно качающаяся металлическая пластина (см. флюгер Вильда), по углу отклонения которой от вертикали определяется сила ветра. В современных флюгерах для определения силы ветра используется легкий пропеллер.

Анемометр (от др.-греч.  $\alpha\upsilon\epsilon\omicron\varsigma$  — ветер и  $\mu\epsilon\tau\rho\omega$  — измеряю) — метеорологический прибор для измерения скорости ветра. Состоит из чашечной (или лопастной) вертушки, укрепленной на оси, которая соединена с измерительным механизмом. При возникновении воздушного потока, ветер толкает чашечки, которые начинают крутиться вокруг оси.



В зависимости от конструкции анемометра, он либо замеряет число оборотов чашечек вокруг оси за заданное время, что равно определённому расстоянию, после чего рассчитывается средняя скорость ветра, расстояние делится на время (анемометр ручной). Либо чашечки соединены с электрическим индукционным тахометром, что позволяет прибору сразу показывать скорость ветра на данный момент, без дополнительных вычислений, и следить за изменениями в скорости ветра в режиме реального времени (анемометр индукционный).

Скорость ветра на метеорологических станциях большинстве стран мира обычно измеряют на высоте 10 м и усредняют за 10 минут. Исключение составляют США, где скорость усредняют за 1 минуту, и Индия, где её усредняют за 3 минуты. Период усреднения имеет важное значение, поскольку, например, скорость постоянного ветра, измеренная за 1 минуту, обычно на 14 % выше значения, измеренного за 10 минут. Короткие периоды быстрого ветра исследуют отдельно, а периоды, за которые скорость ветра превышает усредненную за 10 минут скорость как минимум на 10 узлов (82 м/с), называются порывами. Шквалом называется удвоение скорости ветра, сильнее определенного порога, который длится минуту или больше.

Для исследования скорости ветров во многих точках используют зонды, скорость которых определяют с помощью ГЛОНАСС или GPS, радионавигации или слежения за зондом с помощью радара или теодолита. Другими методами является использование таких методов как содары, доплеровские лидары и радары, способные измерять доплеровский сдвиг электромагнитного излучения, отраженного или рассеянного аэрозольными частицами или даже молекулами воздуха. В дополнение, радиометры и радары используют воздух для измерения неравенства водной поверхности, что хорошо отражает приповерхностную скорость ветра над океаном. С помощью съемки движения облаков с геостационарных спутников можно установить скорость ветра на больших высотах.

Типичным способом представления данных по ветрам служат атласы и карты ветров. Эти атласы обычно составляются для климатологических исследований и могут содер-

жать информацию как о средней скорости, так и об относительной частоте ветров каждой скорости в регионе. Обычно атлас содержит средние за час данные, измеренные на высоте 10 м и усредненные за десятки лет. Для отдельных потребностей используются и другие стандарты составления карт ветра. Так, для нужд ветроэнергетики измерения проводят на высоте более 10 м, обычно 30-100 м, и приводят данные в виде средней удельной мощности ветрового потока.

Наибольшая скорость порыва ветра на Земле (на стандартной высоте 10 м) была зарегистрирована автоматической метеорологической станцией на австралийском острове Барроу во время циклона Оливия 10 апреля 1996 года. Она составляла 113 м/с (408 км/ч). Второе по величине значение скорости порыва ветра составляет 103 м/с (371 км/ч). Оно было зарегистрировано 12 апреля 1934 года в обсерватории на горе Вашингтон в Нью-Гемпшире. Над морем Содружества дуют самые быстрые постоянные ветры — 320 км/ч. Скорости могут быть большими во время таких явлений, как смерч, но их точное измерение очень тяжело и надежных данных для них не существует. Для классификации смерчей и торнадо по скорости ветра и разрушительной силе применяют Шкалу Фудзиты. Рекорд для скорости ветра на равнинной местности был зафиксирован 8 марта 1972 года на военно-воздушной базе США в Туле, Гренландия — 333 км/ч.

#### ***4. Ветровой режим на территории Беларуси***

Ветровой режим на территории Беларуси обусловлен общей циркуляцией атмосферы над континентом Евразии и над Атлантическим океаном и определяется существованием центров действия атмосферы: Исландской депрессии – на протяжении всего года, Сибирского антициклона – зимой и Озерского антициклона – летом. Под их влиянием с ноября по март преобладают юго-западные ветры, а с мая по сентябрь – северо-западные. Скорость ветра зимой – 4-5 м/с, летом – 2-3 м/с. Сильные ветры бывают редко (5-10 дней в году). Зимой – при прохождении холодного фронта, летом – при ливнях бывают бури. Летом изредка бывают смерчи. На берегах больших озер существует бризовая циркуляция.

Средняя скорость ветра по периодам имеет следующие значения:

1940-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2001
3,6 м/с	3,2 м/с	3,1 м/с	2,9 м/с

Как известно, в формулы ветровой нагрузки и энергии, переносимой ветром, скорость ветра входит в квадрате и кубе, поэтому наблюдаемое уменьшение скорости является весьма существенным. В частности, оно означает уменьшение переносимой энергии в среднем более чем 1,5 раза.

#### ***Заключение***

Сейчас нет достаточно обоснованных прогнозов того, как будет меняться скорость ветра в ближайшие десятилетия. Но сам факт уменьшения скорости ветра, даже просто как возможные колебания, должен учитываться в соответствующих расчетах, в частности, при разработке нетрадиционных источников энергии.

#### ***Литература***

1. Леонович И.И. Дорожная климатология: учебник / И.И. Леонович. – Мн.: БНТУ, 2005. – 485 с.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ветер> – Характеристика ветра