

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

**Тема лекции: Методы измерения параметров ветра в приземном слое**

**Цель лекции: изучить методы измерения параметров ветра в приземном слое, а также конструкцию анеморумбометров.**

Вопросы лекции:

1. Обзор методов измерения параметров ветра.
2. Преобразователи направления ветра.
3. Методы измерения скорости ветра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Гончаров И.В., Коковин Н.С.* Методы и средства гидрометеорологических измерений. Конспект лекций. — СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2016. — с. 52–67.
2. *Качурин Л.Г.* Методы метеорологических измерений: учебник. — Л.: ГМИ, 1985.— с.126-157.

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## 1. Обзор методов измерения параметров ветра. Преобразователи направления ветра.

Под ветром понимают горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. При этом различают два основных параметра — скорость ветра и его направление.

При измерении ветровых характеристик в прикладной метеорологии на первое место выдвигаются две задачи:

- измерение средней скорости и направления,
- измерение максимальной скорости.

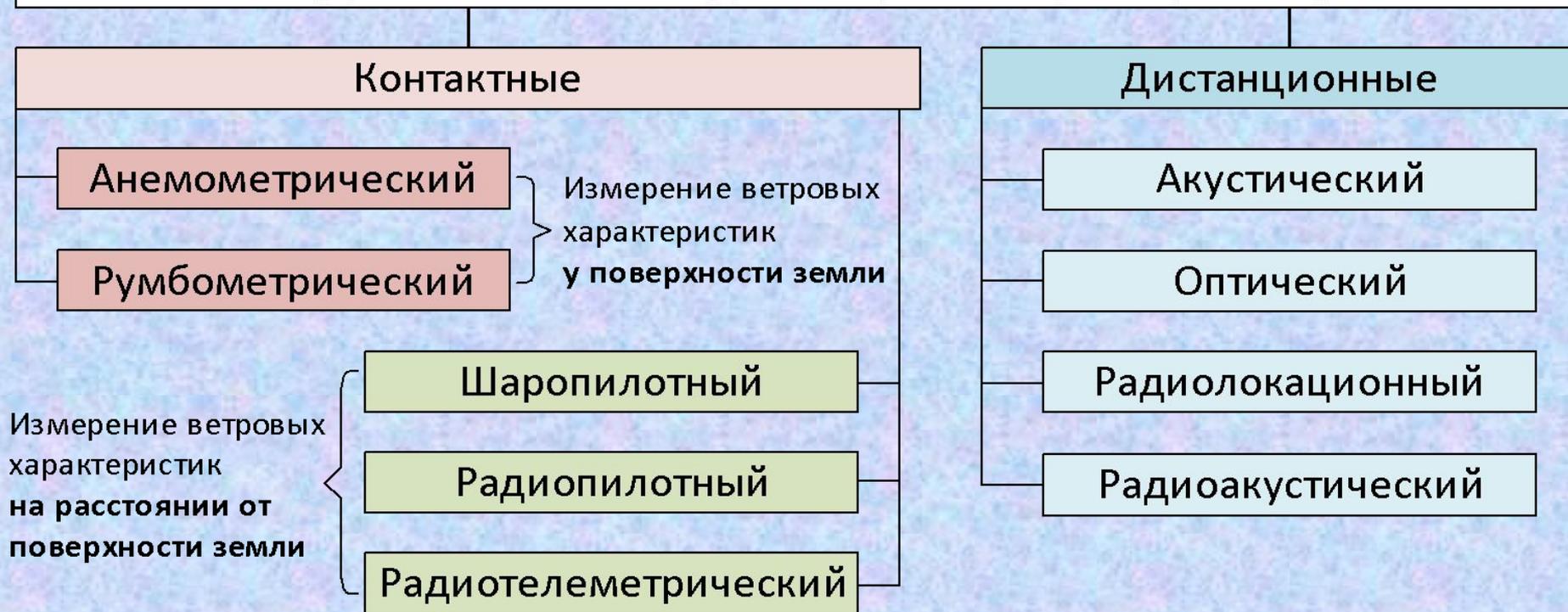
Изменчивость скорости ветра очень велика. При сильных шквалах и в области тропических циклонов она может превышать 50 м/с, а в отдельных порывах — достигать 100 м/с. У поверхности земли на небольших участках и на короткое время может устанавливаться полное безветрие — штиль.

Характер изменчивости скорости и направления ветра зависит от метеорологических условий и рельефа местности. Мгновенные значения скорости и направления ветра являются неустойчивыми характеристиками, так как они непрерывно варьируют около средних значений. Обычно при производстве измерений для скорости ветра достаточен интервал осреднения, равный 10 мин (иногда 2 мин), для направления — 2 мин.

По степени изменчивости мгновенных значений скорости и направления ветра можно оценить его **порывистость**. Мгновенной принято считать скорость, осредняемую за интервал 2-5 секунд. Порывистость ветра характеризуется максимальными значениями мгновенной скорости.

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## Инструментальные методы измерения параметров ветра



В *контактных методах* измеритель физически контактирует со средой.

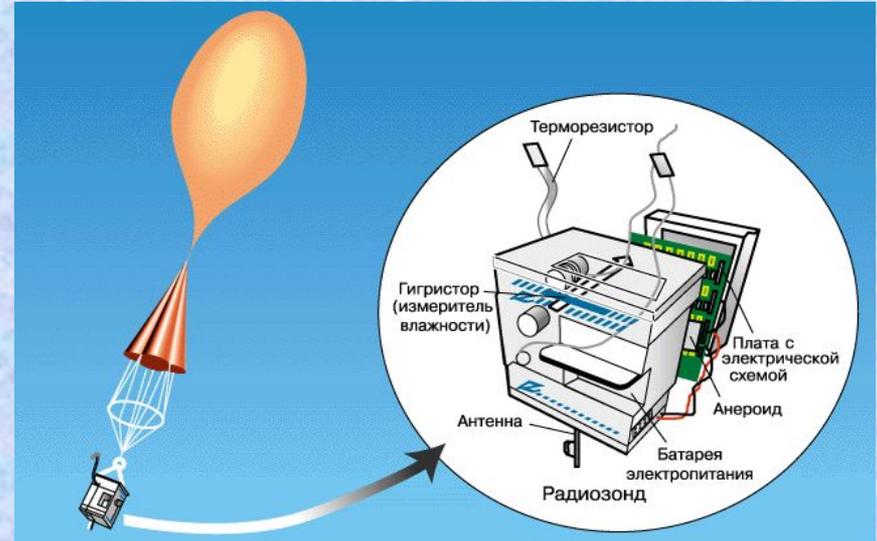
*Активные дистанционные методы* зондирования атмосферы основаны на рассеянии и отражении электромагнитных и звуковых волн объектами различной природы, присутствующими в атмосфере.

# Обзор существующих средств обнаружения сдвига ветра

## Контактные измерители.



Румбометр и анемометр



Радиозонд

## Дистанционные измерители.



ЛИДАР  
WindTracer



СОДАР PCS.64



Радиоакустическая  
система МЕТЕК  
PCS.200-64



Радар 1Б67-1

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

**Контактные измерители.** Измерение ветровых характеристик у поверхности земли.

*Для измерения скорости ветра в приземном слое служат **анемометры**, а для измерения его направления — **румбометры**.*

Измерение направления ветра.

В гидрометеорологических подразделениях чувствительные элементы датчиков параметров ветра располагаются на открытой местности, на высоте 10-12 метров от поверхности земли.

Чувствительными элементами при измерении направления ветра являются флюгарки. Их форму и размеры подбирают, исходя из заданных значений чувствительности к изменению направления воздушного потока и проявляющейся при этом инерции.

Угол поворота флюгарки вслед за изменением направления воздушного потока преобразуется затем в электрический сигнал.

Для преобразования угла поворота флюгарки в электрический ток применяют:

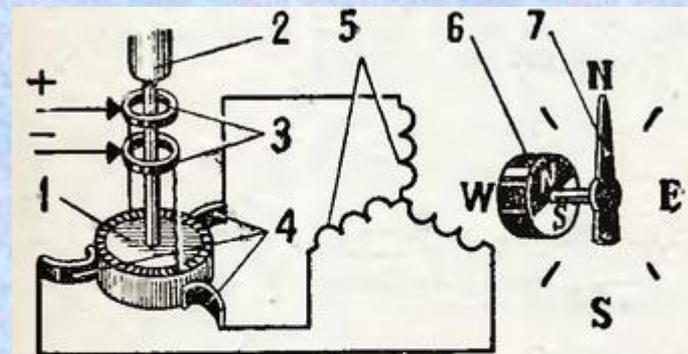
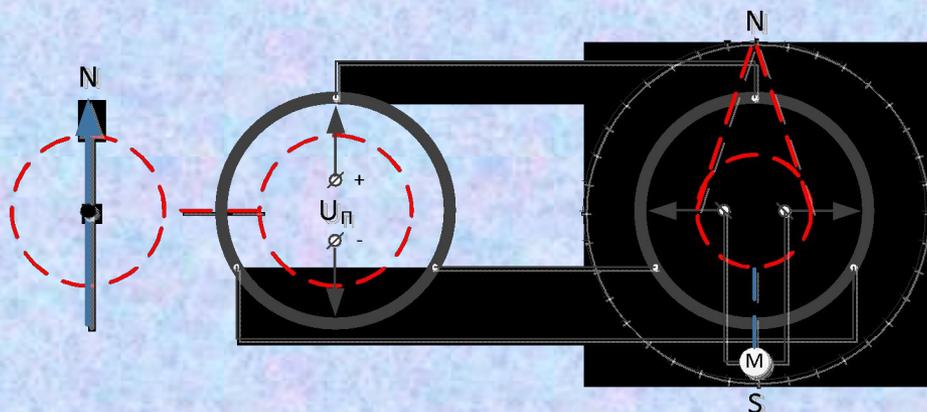
- *потенциометрические* системы,
- *магнитные* системы,
- *фотоэлектрические* системы,
- *сельсинные* системы и др.

Наибольшее распространение в практике гидрометеорологических измерений до недавнего времени получили *потенциометрическая* и *сельсинная* системы. В настоящий момент все более широко применяются *фотоэлектрические* системы, а так же *абсолютные цифровые энкодеры*

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

- *потенциометрические системы*

Потенциометр задающей оси и потенциометр оси отработки соединены между собой посредством трехпроводной линии связи. Выходное напряжение снимается с двух диаметральных щеток потенциометра оси отработки и подается на вход усилителя, который вырабатывает напряжение, управляющее двигателем, на оси которого укреплена стрелка, показывает направление ветра.

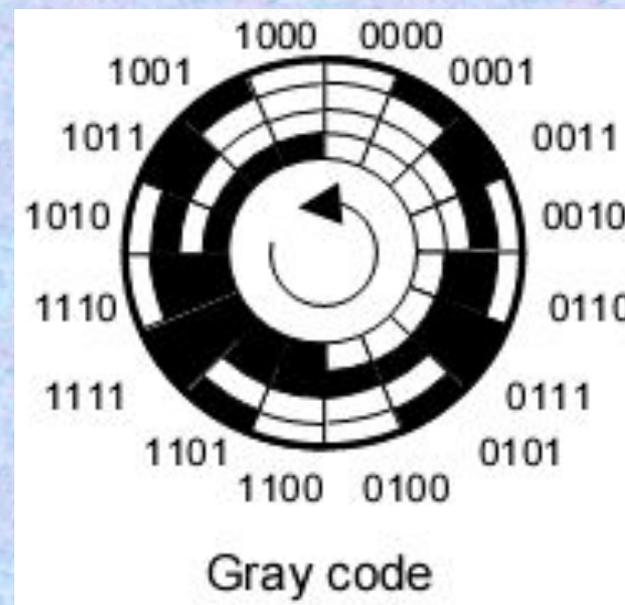
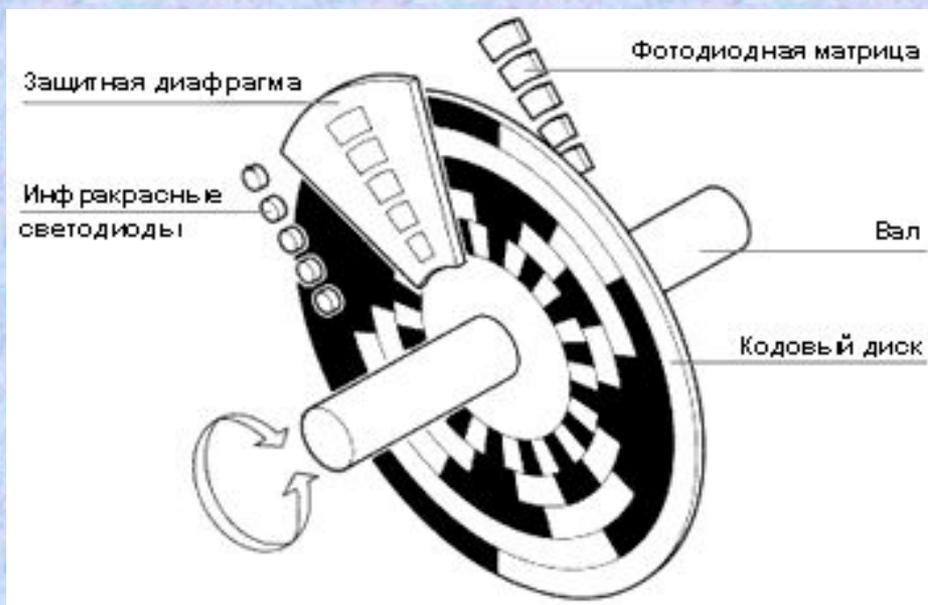


Р и с. 3. Принципиальная схема указателя направления ветра: 1 — кольцевой потенциометр, 2 — штанга флюгарки, 3 — контактные кольца, 4 — контактные щетки, 5 — обмотка статора, 6 — ротор (постоянный магнит), 7 — стрелка и шкала.

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

- *фотоэлектрические* системы (абсолютные энкодеры)

**Абсолютный энкодер** показывает текущую координату сразу при включении, без необходимости предварительной установки в исходное положение. Энкодер имеет элементы излучения (светодиоды) и фотоприемники (фототранзисторы), между ними вращается диск энкодера. В определенном положении засвечиваются те или иные фототранзисторы. По комбинации включенных транзисторов определяется положение вала. Промышленные энкодеры имеют большое количество разрядов, следовательно, имеют высокую точность. Зачастую имеют несколько дисков, связанных через шестерни. Некоторые энкодеры выполнены в виде готового устройства и снабжаются последовательным интерфейсом, но в основе их работы заложен тот же принцип.



# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## Что такое код Грея?

Представьте себе некоторое устройство, скажем датчик положения, которое выдает положение в двоичном виде по трем проводам. На выходе могут быть следующие комбинации в двоичном коде:

000

001

010

011

100

101

110

111

!!! Обратите внимание на момент перехода из состояния **001** в состояние **010**. Переключаются одновременно два бита. Но, в реальности, одновременно переключение не происходит. В любом случае, один из разрядов переключится раньше в силу различных технических причин. При этом на выходе можем получить ошибочные значения **000** или **011**.

**Френк Грей** придумал код, похожий на двоичный, но при переходе к следующему числу **изменяется только один бит** см. таблицу. В этом случае, в момент переключения, состояние меняет только один вывод (разряд), что **исключает появление ошибочных значений**.

**Код Грея** применяется во всех промышленных энкодерах.

№	dec	gray
1	000	000
2	001	001
3	010	011
4	011	010
5	100	110
6	101	111
7	110	101
8	111	100

# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

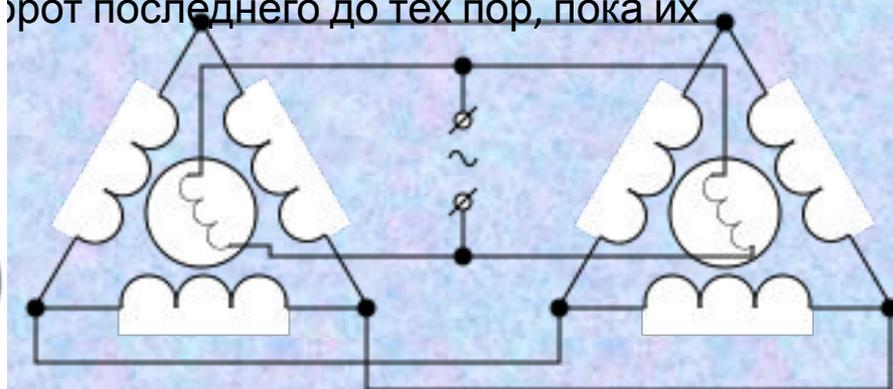
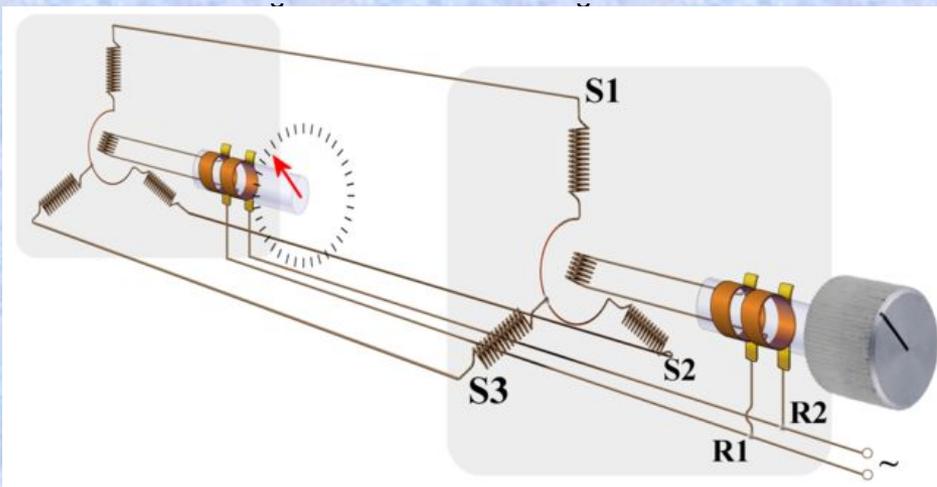
- сельсинные системы

**Сельсін** — индукционная машина системы индукционной связи. Сельсинами (от англ. *self-synchronizing*) называются электрические микромашины переменного тока, обладающие свойством самосинхронизации (для плавной передачи на расстояние угла поворота вала).

Простейший сельсин состоит из статора с трёхфазной обмоткой (схема включения в электрическую цепь — треугольник или звезда) и ротора с однофазной обмоткой. Два таких устройства электрически соединяются друг с другом одноимёнными выводами — статор со статором и ротор с ротором. На роторы подаётся переменное напряжение от одного источника. При этом вращение ротора одного сельсина вызывает поворот ротора другого сельсина.

Переменный ток в роторе одного из сельсинов (*сельсин-датчика*) создаёт в обмотках его статора ЭДС, тем самым вызывая переменный ток через соответствующие обмотки статора второго сельсина (*сельсин-приёмника*). Переменное магнитное поле, создаваемое этим током, взаимодействует с переменным магнитным полем ротора сельсин-приёмника;

ионален разнице между положениями  
рот последнего до тех пор, пока их



# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## 2. Методы измерения скорости ветра

Первичным измерительным преобразователем (датчиком) скорости ветра в ротоанемометрах служат вертушки с лопастями, выполненными либо в виде чашек, либо в виде воздушного винта.

Давление воздушного потока на вертушку создает момент аэродинамических сил, заставляющий ее вращаться со скоростью тем большей, чем выше скорость ветра. Угловая скорость вращения лопастной вертушки с помощью вторичного преобразователя преобразуется в электрический сигнал.

Существует несколько типов вторичных преобразователей, применяемых в ротоанемометрах, отличающихся устройством счетчика числа оборотов воздушного винта:

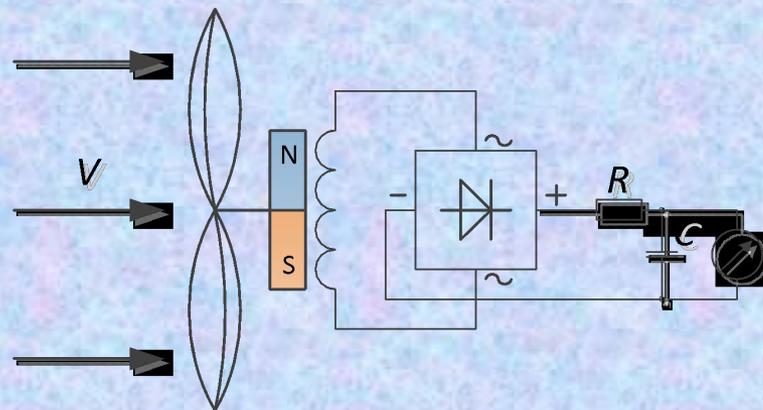
- 1) тахогенераторы;
- 2) индукционные преобразователи;
- 3) герконовые преобразователи
- 4) преобразователи на основе оптопар.



# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## Тахогенераторы:

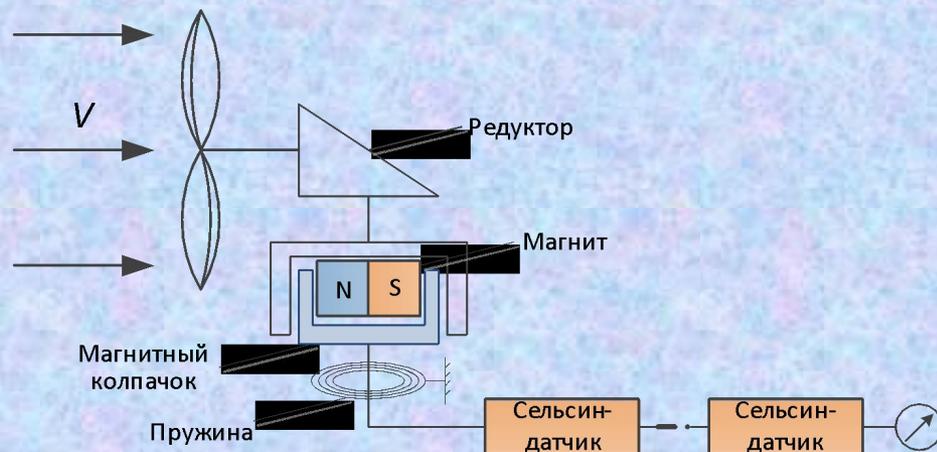
Тахогенератор состоит из якоря с двумя или несколькими полюсам, которые вращаются вокруг статорной катушки. При этом в обмотке статора возникает переменная ЭДС, которая пропорциональна скорости вращения винта.



## Индукционные преобразователи:

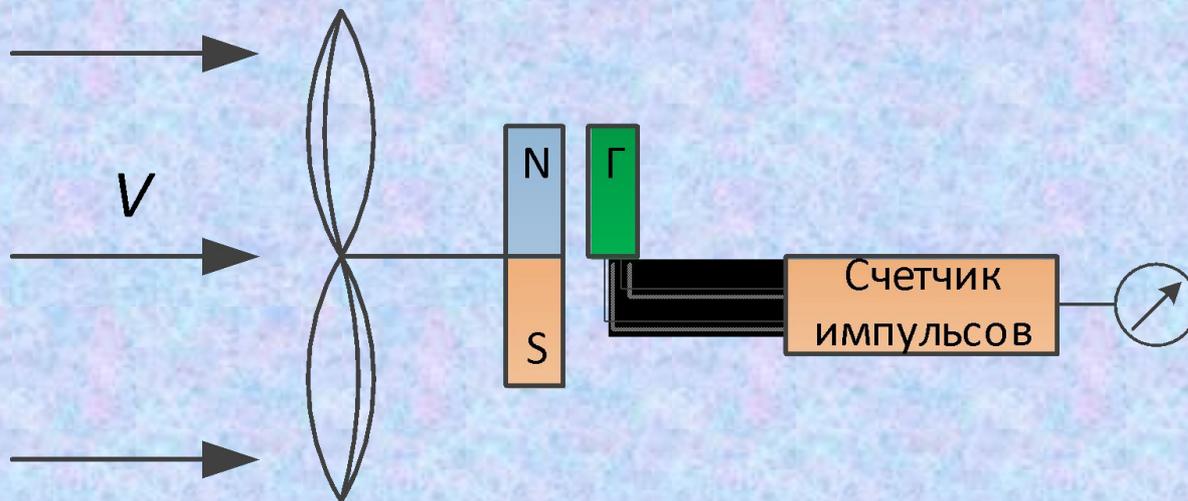
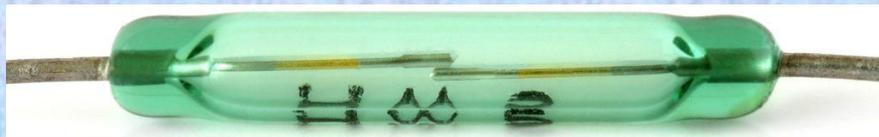
Этот преобразователь состоит из постоянного магнита, который посредством воздушного винта приводится во вращение через редуктор, и заторможенного спиральной пружиной магнитного (металлического) колпачка.

Принцип действия индукционного преобразователя состоит в следующем. При вращении воздушного винта вращается магнит, при этом на стенках магнитного колпачка индуцируются вихревые токи. Возникает момент сил. Под действием этого момента колпачок начинает поворачиваться, закручивая пружину, при этом создается противодействующий момент, пропорциональный углу поворота колпачка, а, следовательно, скорости вращения вертушки.



# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

Герконовые преобразователи:



Преобразователи на основе оптопары:



# Физические основы измерения термодинамических параметров атмосферы

## Ультразвуковой (акустический) измеритель параметров ветра

Принцип работы данных приборов основан на определении скорости прохождения звука в движущемся воздушном потоке. Именно поэтому данный анемометр еще называют акустическим. При движении звука в одном направлении с воздухом его скорость увеличивается. При движении навстречу ветру скорость звука уменьшается. Благодаря этому измеряется время получения ультразвукового импульса.

