



# МЕТОДЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# Гидрометрические наблюдения

- За режимом рек, каналов, озер, водохранилищ, болот ведутся на гидрологических станциях и постах
- Находятся в ведении Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

# Существуют

- Основные станции и посты – предназначены для изучения многолетних колебаний гидрологического режима
- Специальные станции и посты – создаются для детального изучения гидрологических процессов в специальных целях



# Гидрологические станции

- I разряда – изучают регион водных объектов на территории своей деятельности, руководят прикрепленными станциями II разряда и гидрологическими постами, обобщают материалы и подготавливают их к опубликованию, передают сведения организациям
- II разряда – ведут полевые гидрологические наблюдения и гидрометрические работы, обрабатывают материалы наблюдений

# Гидрологический пост -

Пункт на водном объекте, выбранный с соблюдением определенных правил и оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений и сбора информации по определенной программе и методике

# В настоящее время на гидрологических постах проводятся *наблюдения*:

- за уровнями воды;
- за температурой воды;
- за явлениями ледового режима (визуально);
- за толщиной льда, шуги и высотой снега на льду;
- за распространением водной растительности (визуально);
- за уклоном водной поверхности;
- за метеорологическими характеристиками (по программе дополнительных работ).



## В настоящее время на гидрологических постах проводятся следующие *работы*:

- определение расходов воды;
- определение расходов взвешенных наносов;
- отбор единичных проб воды на мутность;
- отбор проб воды для определения гранулометрического состава взвешенных наносов;
- отбор проб грунта для определения гранулометрического состава донных наносов;
- отбор проб для определения химического состава.

- К наиболее важным относятся наблюдения за *уровнями и температурой воды, явлениями ледового режима*. Они выполняются на всех действующих ГП.
- Такие сложные работы как измерения *расходов воды* выполняются не везде. Например, в Московской области из действующих 34 ГП измерения расходов проводятся только на 9. Они расположены на важнейших реках области – Оке, Москве, Истре и некоторых других.
- Данные с ГП поступают на 2 гидрологические станции, где проводится первичная обработка информации.



# Гидрологические посты

- В соответствии с водным объектом могут быть речными, озерными, болотными
- Речные ГП бывают I, II, III разрядов

# На ГП I разряда:

- Наблюдения за уровнями и температурой воды, ледяными образованиями и ледовой обстановкой,
- Измеряются расходы воды
- Проводятся метеорологические наблюдения
- Дополнительно измеряют расходы взвешенных и влекомых наносов, берут пробы воды для анализа на химический состав и качество









# Наблюдения на гидрологических постах

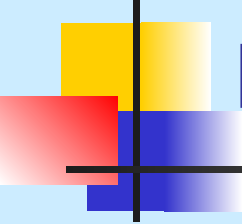
- II разряда – наблюдения ведутся по программе для постов I разряда, за исключением измерения расходов воды и взвешенных наносов
- III разряда – наблюдения ведутся по программе для постов II разряда, за исключением метеорологических наблюдений и отбора проб на химический анализ



# Государственная гидрологическая сеть

- Осуществляет учет ресурсов поверхностных вод
- Обеспечивает заинтересованные организации и учреждения данными о водных объектах и их гидрологическом режиме
- Гидрологическими прогнозами, необходимыми при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий и сооружений
- Кроме опорной ГГС имеются ведомственные ГС и ГП, организуемые для целей мелиорации, энергетики, сельского хозяйства, речного флота, геологии и др.



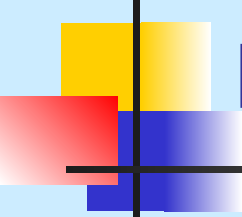


# Гидрологическая наблюдательная сеть России

---

- Одна из старейших в мире - Визуальные наблюдения над уровнем воды в Неве начались еще с постройки Санкт-Петербурга по указу Петра 1.
- **Первый** организованный гидрологический пост был открыт 1851 году на Неве в деревне Ново-Саратовке.
- Массово гидрологические посты начали открываться в 1870-90-х гг. на таких крупных судоходных реках как Волга, Ока, Северная Двина, Днепр, Десна, Дон.
- Старейший гидрологический пост Московской области – Кашира на Оке – начал действовать с апреля 1877 года.

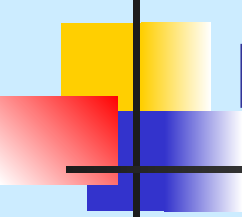
# Гидрологическая наблюдательная сеть России



---

- Вторая волна развития наблюдательной гидрологической сети пришлась на 20-40 гг. 20 века и была связана с индустриализацией.
- К 1941 году на территории СССР функционировало 4463 гидрологических поста.
- Во время Великой Отечественной Войны большинство гидрологических постов продолжало работать, и даже открывались новые посты. Например, пост в Коломне на реке Москва был открыт на месте важнейшей переправы в 1942 году.
- Война внесла коррективы и в программу работ. В регулярные наблюдения вошло измерение толщины льда на всех реках с устойчивым ледоставом.

# Гидрологическая наблюдательная сеть России

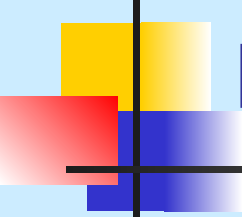


---

- Следующий этап развития приходится на послевоенный период с конца 1940-х гг. по 1970-е гг., когда было открыто большинство действующих гидрологических постов.
- Со второй половины 70-х годов началась оптимизация гидрологической наблюдательной сети, и некоторые посты были закрыты или законсервированы.
- Со второй половины 90-х годов закрытие постов происходило в связи с отсутствием финансирования.
- В 2000-2010-х годах количество гидрологических постов стабилизировалось.



# Гидрологическая наблюдательная сеть России



---

- В настоящее время на территории России действуют 3085 ГП, из них 2731 речных и 354 озёрных.
- Однако настоящая плотность наблюдательной сети существенно ниже плотности, рекомендуемой ВМО.
- Гидрологических постов не хватает для надежного прогнозирования водного режима рек.
- Кроме этого более 10% постов работают временно или по сокращенной программе наблюдений по причине отсутствия наблюдателя, разрушения постовых устройств или нехватки приборов.
- Нехватка гидрологических постов связана и ростом числа потребителей гидрологической информации, особенно в районах с активным строительством.



# Гидрометрический створ

---

**Створ гидрометрический** (гидроствор) — специально выбранный поперечник водотока, в котором измеряется расход воды и производятся другие виды гидрометрических работ.

входит в состав гидрологического поста наряду с его устройствами для измерения уровней, температуры воды и других элементов водного режима реки (канала).

К участку гидроствора относится часть реки, непосредственно примыкающая к гидроствору на удалении двух-трех ширин русла сверху и снизу по течению.

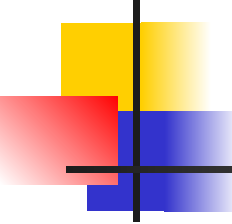


# Условия измерений расхода воды считаются нормальными, если:

---

- соблюдается прямолинейность русла;
- отсутствуют резкие переломы, профиль водного сечения и эпюры распределения скоростей по ширине потока устойчивые;
- обеспечен правильный одномодальный, выпуклый профиль распределения скоростей течения по глубине потока;
- отсутствует выраженная пульсация скорости течения по значению и направлению, а также значительная систематическая косоструйность потока;
- отсутствуют помехи при измерении скоростей течения, глубин, уровня воды и координирования скоростных и промерных вертикалей.





# Требования к участку гидроствора, обеспечивающие нормальные условия измерений:

---

- расположение гидроствора на плесовых участках реки;
- отсутствие поймы с протоками и рукавами;
- отсутствие естественных или искусственных преград;
- отсутствие водной растительности в самом гидростворе, а также выше и ниже его на расстоянии до 30 м;
- косоstrу́йность течения на гидростворе (отклонение в плане направлений течения в отдельных точках от его среднего значения для сечения в целом) должно быть не более  $20^\circ$ ;
- мертвые пространства должны иметь четкие границы и составлять не более 10 % от площади водного сечения;
- при ледоставе должен отсутствовать многоярусный ледяной покров и незамерзающие полыньи;
- средняя скорость течения должна быть не менее 0,08 и не более 5 м/с;
- при измерении расхода воды вблизи моста участок гидроствора должен быть расположен выше, но в случаях частых скоплений льда и заломов леса — ниже моста (на удалении не менее 3—5 ширин русла в обоих случаях).

# Местоположение и направление гидроствора

Гидроствор должен быть перпендикулярен среднему направлению течения в водном сечении.

Это требование считается удовлетворительно выполненным при соблюдении следующих условий:

- для беспойменных участков рек — среднее значение отклонения направления течения от нормали к гидроствору (косина струй в плане) на скоростных вертикалях не должна превышать  $\pm 10^\circ$ ;
- для пойменных участков рек — средняя косина струй на скоростных вертикалях не должна превышать  $\pm 20^\circ$ . При расхождении средних направлений течения в основном русле и на пойме более  $20^\circ$  допускается разбивать гидроствор в виде ломаной линии, участки которой соответствуют условию перпендикулярности направлению течений.

В случаях, когда направление гидроствора удовлетворяет указанным требованиям только при определенном наполнении русла, для данных разных фаз водного режима должны оборудоваться различные гидростворы, удовлетворяющие данным условиям.

# Оборудование гидроствора



---

- Гидроствор должен быть закреплен на местности стальным канатом или гидрометрическим мостиком, или створными знаками. Створные знаки должны быть хорошо видимыми со стороны реки.
- В створе устанавливается **береговой знак** (столб, репер и т.п.), закрепляющий постоянное начало для отсчета расстояний до уезов берегов, промерных и скоростных вертикалей, границ мертвого пространства и водоворотных зон.
- Разметочные канаты лодочных и люлочных переправ должны быть снабжены постоянными **метками-марками**, а гидрометрические мостики — метками на настиле, фиксирующими расстояние от постоянного начала.
- При координировании промерных вертикалей геодезическими методами участок дополнительно оборудуется стоянкой угломерного инструмента.



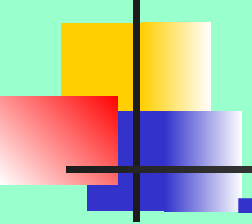


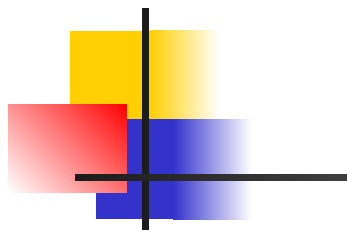
# Измерение глубин

---

- Гидрометрические штанги (наметки)
- Водомерные рейки
- Лоты
  - ✓ *ручной*
  - ✓ *механический*
  - ✓ *ЭХОЛОТЫ*

# Применение средств измерения глубин

- 
- **гидрометрическая штанга** или наметка должны применяться во всех случаях, когда наибольшая глубина в створе не превышает длину инструмента и условия измерений позволяют устойчиво зафиксировать штангу на вертикали и снять отсчет глубины. Ручная наметка может использоваться для измерения глубины до 3 м и скорости до 2 м/с.
  - если указанные требования не выполняются, необходимо использовать **промерный канат** с гидрометрическим грузом или **эхолот**;
  - при работе в руслах с илистым дном должны применяться наметки и штанги, снабженные **круглым поддоном** диаметром 12—15 см, препятствующим их погружению в ил;
  - при промерах штангой на реках со сплошным скальным дном следует применять штангу без конусообразного наконечника.



## Гидрометрическая штанга



# Применение средств измерения глубин

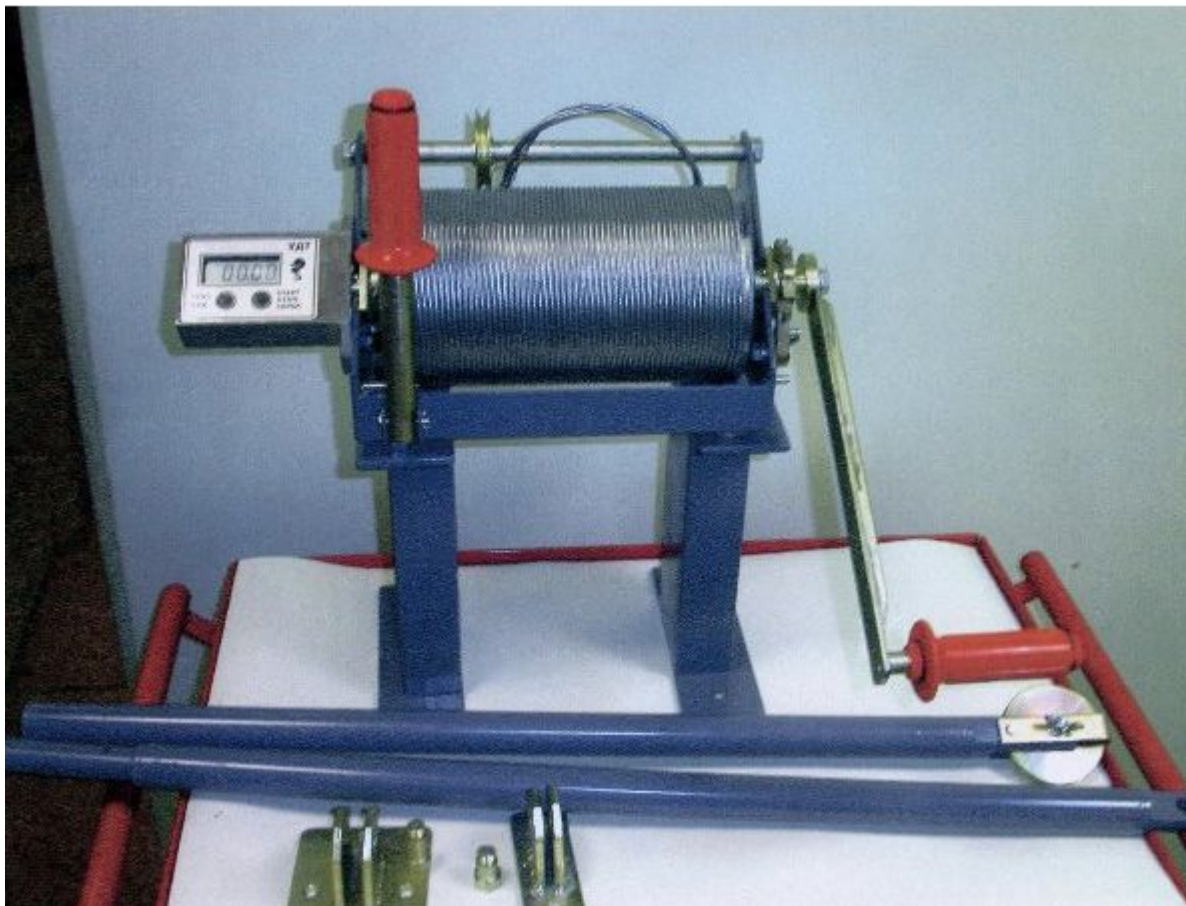
- На каждой промерной вертикали судно должно устанавливаться на якорь или фиксироваться на канатной переправе;
- Если промеры производятся гидрометрическим грузом на канатном подвесе, масса груза должна подбираться в зависимости от скорости течения таким образом, чтобы канат относилось не более чем на  $10^\circ$ . Для гидрометрических грузов типа ГГР, ПИ-1 при диаметре стального каната до 3 мм это условие соблюдается, если масса груза выбирается в соответствии с таблицей

Наибольшая скорость течения, м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Масса груза, кг	15	25	50	75	100

# Грузы гидрометрические ГГР



# Лебедка гидрометрическая ПИ-24М





# Применение средств измерения глубин

- На мелководных горных реках глубина должна определяться как разность расстояний до дна и поверхности воды, измеряемых штангой или наметкой от перетянутого через реку каната, настила моста и т. п.
- При набеге воды на штангу, необходимо использовать свободно перемещающийся по штанге металлический ползунок со стрелкой — указателем поверхности воды вне зоны набега.



# Промерные работы

---

- Определение координат промерных вертикалей
- Измерение глубин
- Наблюдения за уровнем воды
- Обработка материалов промерных работ – продольный профиль реки, поперечный профиль реки, его морфометрические характеристики,
- Построение зависимостей  $\omega = f(H)$ ,  
 $V = f(H)$



# Измерение глубин

---

- При использовании наметки или лотлиня следует производить по меньшей мере два измерения на каждой точке и для расчетов принимается средняя величина, в случае если разница между двумя величинами не составляет более 5 процентов, в противном случае следует произвести еще два дополнительных измерения.
- В первые два-три года работы гидрологического поста промеры глубин должны выполняться в два хода при каждом измерении расхода воды
- При ледовом покрытии следует рассчитывать действительную глубину, то есть глубину воды под слоем льда.





## Количество промерных вертикалей

---

или засечек местоположения гидрометрического судна при промерах с помощью эхолота следует назначать в зависимости от формы профиля водного сечения, исходя из требования: относительная среднеквадратическая погрешность измерения площади сечения не должна превышать 2 %.



# Количество промерных вертикалей

---

- Измерение глубины следует производить на довольно близких расстояниях, с тем чтобы определить точно профиль поперечного сечения.
- Как правило, расстояние не должно быть больше чем  $1/15$  общей ширины в случае правильных профилей дна и  $1/20$  в случае неправильных профилей дна.
- Для небольших русел с правильным дном количество интервалов для промера может быть уменьшено.

# Количество промерных вертикалей

- В основных руслах равнинных и полугорных рек минимальное количество промерных вертикалей  $n_h$  (min) следует назначать в соответствии с таблицей в зависимости от параметра формы русла ( $h_{и}$  – измеренная глубина,  $h_{ср}$  – средняя глубина).

$h_{и}/h_{ср}$	$n_h$ (min)
1,5	20
2,0	25
2,5	30

- При неоднородном распределении глубин по ширине потока необходимо назначать дополнительные промерные вертикали в гидростворе на всех участках излома линии дна



## Местоположение промерных вертикалей

---

- В основных руслах промерные вертикали следует размещать равномерно по ширине реки и дополнительно в переломных точках поперечного профиля.
- На реках с неустойчивым руслом в зоне максимальных глубин число промерных вертикалей следует увеличить в 1,5 раза.





## Вычисление рабочей глубины на вертикали

---

- Рабочая глубина на вертикалях должна рассчитываться по имеющемуся поперечному профилю с учетом срезки уровня, если имеет место несовпадение уровней при промерах и измерении расхода воды. При измерении расхода воды используются данные предварительных промеров.
- При выполнении промеров глубин в два хода рабочая глубина на вертикалях вычисляется как среднее арифметическое из двух промеров.

# Расчеты площади поперечного сечения

- Ширину русла и ширину отдельных участков следует измерять **от** или **до фиксированной реперной точки**, которая должна быть в той же вертикальной плоскости, в какой находится поперечное сечение.
- В тех местах, где позволяет ширина русла, или там, где поверхность покрыта льдом, ширину следует измерять непосредственно измерительными средствами, например, стальной лентой или соответственно промаркированным тросом, при этом следует применять необходимые коррекции.

Могут быть необходимы следующие поправки:

- а) поправка на провес;
- б) поправка на вытягивание;
- с) поправка на уклон;
- д) поправка на температуру.

# Гидрометрическая люлька





# Измерение скорости течения воды

---

По характеру контакта с потоком приборы для измерения скоростей течения можно подразделить **на три группы**:

- приборы и приспособления – **метки течения в виде поплавков** и вносимых в поток веществ;
- приборы, основанные на **применении физических эффектов, создаваемых текущей водой**:
  - термогидрометры, в которых используется тепловое взаимодействие чувствительного элемента и обтекающих его струй,
  - ультразвуковые установки, реализующие эффект различия скоростей распространения ультразвука по течению и против него,
  - электромагнитные измерители скорости по разности потенциалов, возникающей в воде при протекании ее через электромагнитный контур;
- приборы, основанные на **гидродинамическом взаимодействии с потоком** воды – гидрометрические вертушки, установленные на якорях, шесты, динамометры.



# Скорость воды

---

- Максимальная, минимальная и средняя
  - Поверхностная
  - На глубинах - у поверхности;  $0,2h$ ;  $0,4h$ ;  $0,6h$ ;  $0,8h$ ; у дна
  - Средняя
    - на вертикали
    - в живом сечении



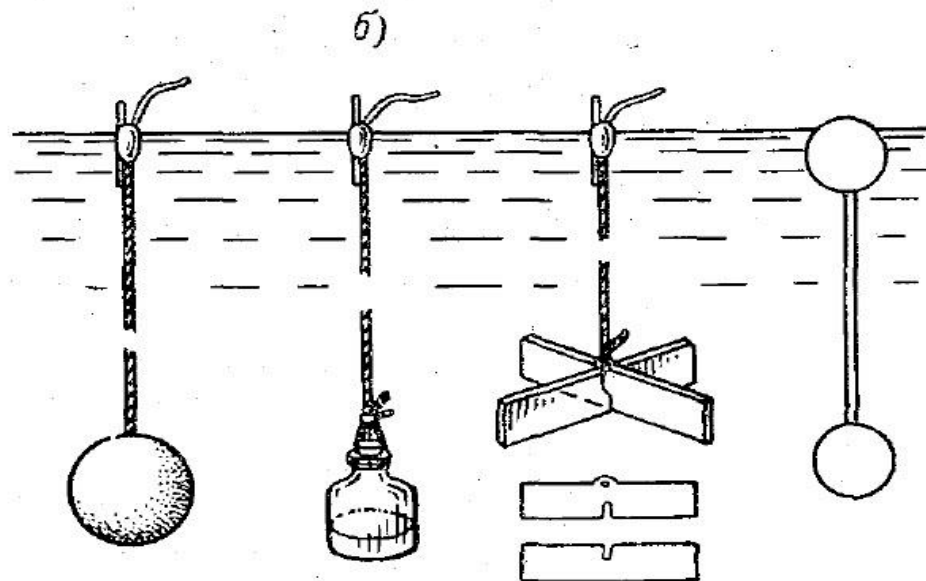
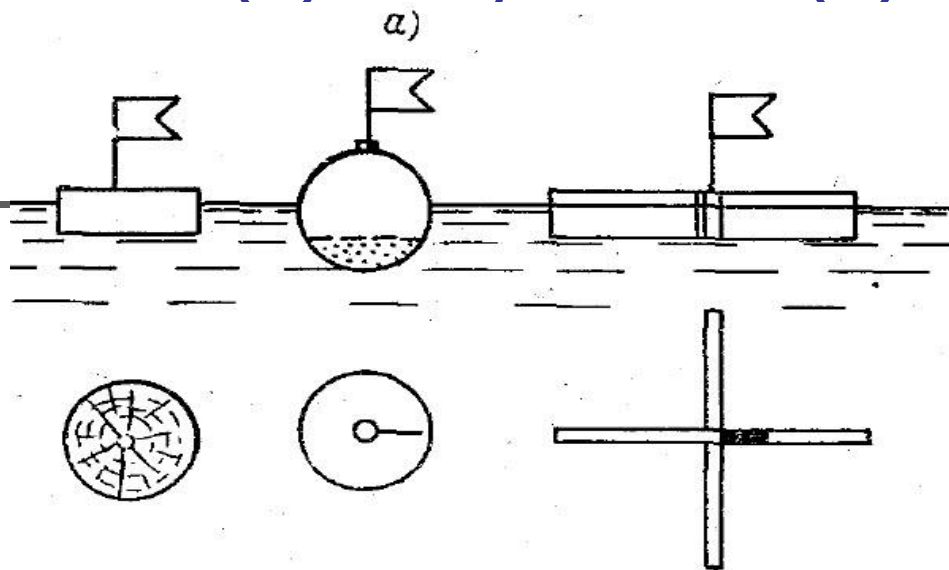


# Основные устройства

---

- Гидрометрические поплавки
  - *поверхностные*
  - *глубинные*
  - *поплавки-интеграторы*
- Гидрометрические вертушки

# Поверхностные (а) и глубинные (б) поплавки



# Расчет скорости методом поплавок

- Скорость поплавка должна определяться путем деления расстояния между створами на время, занимаемое поплавком для преодоления этого расстояния.
- Чтобы получить среднее значение скорости течения воды, следует взять несколько значений скорости поплавка и среднюю этих значений следует умножить на соответствующий коэффициент.

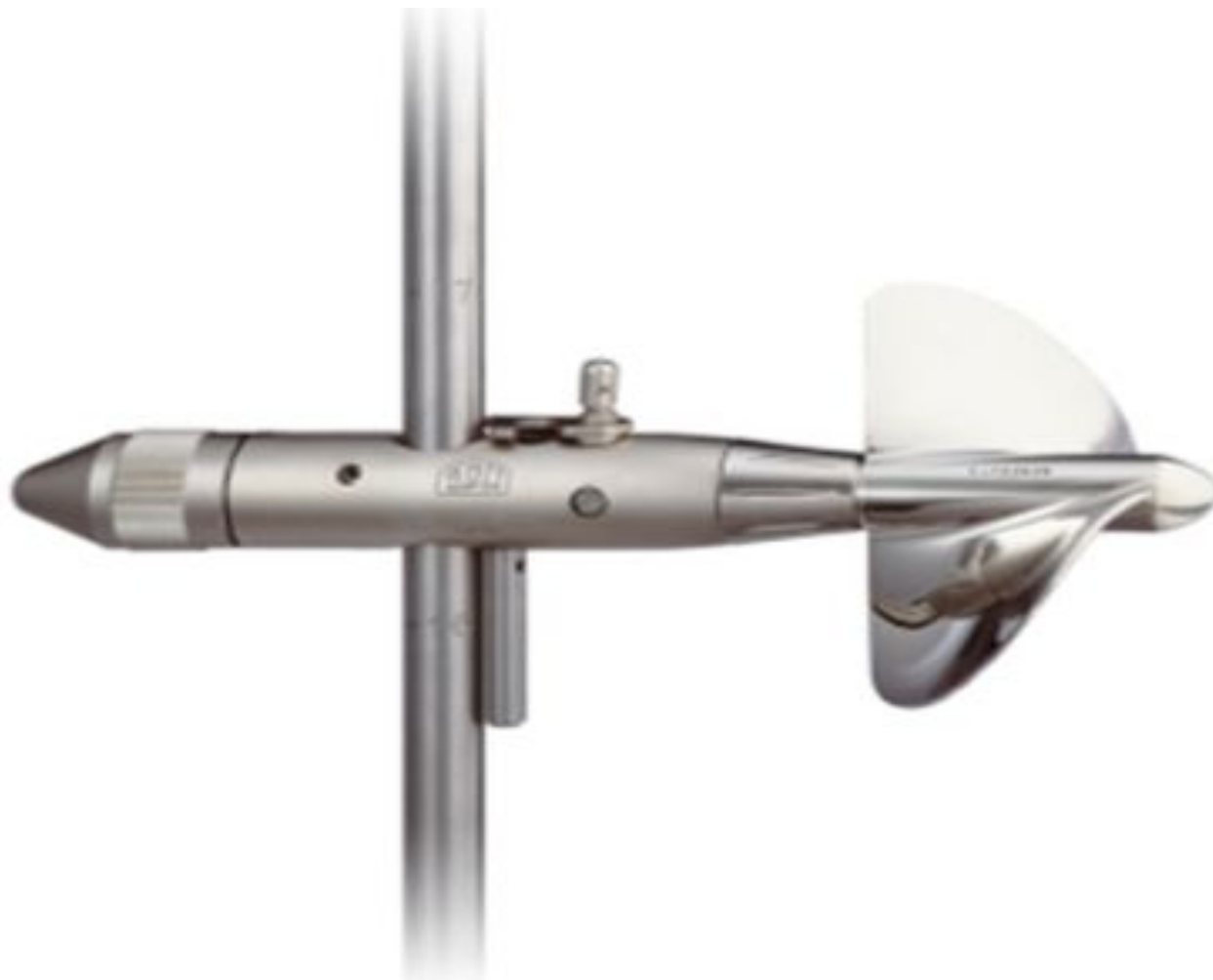
# Расчет скорости методом поплавков

- Для перерасчета скорости поплавок в среднюю скорость следует использовать коэффициент, выведенный из измерений вертушкой на месте на уровне, по возможности близком к уровню, который был во время измерений поплавком.

Необходимо опираться на следующие коэффициенты:

- 0,84–0,90 для поверхностных поплавков, более высокие значения для ровных русел;
- 1,0 для глубинных поплавков при 0,6 глубины и 0,96 при 0,5 глубины;
- 0,8–1,0 для подводных поплавков и шестов для измерения скорости.

# Измерение скорости с помощью вертушки

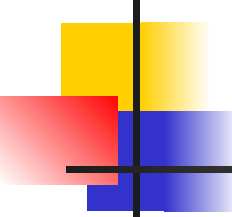


- *Универсальная гидрометрическая вертушка С31 производства ОТТ Messtechnik (Германия)*



# Преобразователь скорости «Поток», производитель Россия





## Среднюю скорость воды в каждой вертикали следует определять одним из стандартных методов:

---

- методы приведения к точкам:
  - метод двух точек (измерения на 0,2 и на 0,8 глубины от поверхности);
  - метод одной точки (измерения на 0,6 глубины от поверхности);
- метод интеграции;
- другие методы:
  - метод шести точек (измерения на 0,2, 0,4, 0,6 и 0,8 глубины ниже поверхности и как можно ниже поверхности и выше дна);
  - метод пяти точек (измерения на 0,2, 0,6 и 0,8 глубины ниже поверхности и как можно ниже поверхности и выше дна);
  - метод трех точек (измерения на 0,2, 0,6 и 0,8 глубины ниже поверхности);
  - альтернативный метод одной точки (измерение на 0,5 глубины ниже поверхности);
  - метод поверхность — одна точка (измерение на одной точке непосредственно ниже поверхности).

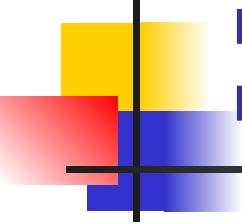


# Средние скорости на вертикали

---

Различают интеграционный и точечные способы.

- Интеграционный способ основан на измерении средней скорости течения на вертикали вертушкой, равномерно перемещаемой по глубине.
- Точечные способы, основанные на определении средней скорости течения на вертикали по результатам измерений в точках, подразделяются на:
  - основной способ — при измерении скорости течения на вертикали в двух (свободное русло) или трех точках (наличие водной растительности, ледостав);
  - детальный способ — при измерении скорости течения на вертикали в пяти (свободное) или шести точках (ледостав, водная растительность).
  - При малых глубинах допускается применение одноточечного способа. Соотношение рабочей глубины на вертикали  $h$  и диаметра лопастного винта  $D$ :  $5D > h \geq 1,5D$



## Назначение числа и положения скоростных вертикалей для основного и детального способов измерения расхода воды

---

- Число скоростных вертикалей в створе  $N_v$  должно составлять от 8 до 15, в зависимости от особенностей скоростного поля потока.
- При одномодальной плановой эпюре поверхностных скоростей  $N_v = 8—10$ ; при многомодальной форме эпюры скоростей  $N_v = 12—15$ .
- Для особо точных измерений при установившемся режиме число скоростных вертикалей может быть увеличено.
- Минимально допускаемое число скоростных вертикалей для малых рек и каналов зависит от ширины потока  $B$  и составляет:
  - 5 при  $3 \text{ м} \leq B < 10 \text{ м}$ ;
  - 3 при  $1 \text{ м} \leq B < 3 \text{ м}$ ;
  - 1 при  $B < 1 \text{ м}$ .

# Количество точек измерения

Количество точек измерения и их относительное заглубление под поверхность воды (льда) назначается в зависимости от способа измерения расхода воды, способа крепления гидрометрической вертушки в потоке, состояния русла и соотношения глубины на скоростной вертикали  $h$  и диаметра лопастного винта вертушки  $D$  в соответствии с таблицей

Соотношение рабочей глубины на вертикали $h$ и диаметра лопастного винта $D$	Состояние русла	
	свободное	заросшее, ледостав или шуга
$5D > h \geq 1,5D$	<u>1</u> 0,6	<u>1</u> 0,5
$10D > h \geq 5D$	<u>2</u> 0,2; 0,8	<u>3</u> 0,15; 0,50; 0,85
$h \geq 10D$	<u>5</u> пов.; 0,2; 0,6; 0,8; дно	<u>6</u> пов.; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; дно





# Установка вертушки в точку измерения скорости потока

---

- во всех случаях, где это возможно, следует применять способ жесткого крепления вертушки на гидрометрической штанге, либо на кронштейне гидрометрического груза;
- в случае канатного подвеса вертушки должны применяться специальные гидрометрические грузы.

При измерении скоростей потока допускается использовать два способа крепления вертушки на штанге:

- вертушка жестко закрепляется на штанге зажимными винтами на требуемой высоте и нижний конец штанги опускается до дна потока;
- штанга не упирается в дно, а жестко фиксируется так, чтобы ее нижний конец находился на требуемой глубине; вертушка неподвижно крепится на нижнем конце штанги и поднимается или опускается вместе с нею. Ориентация оси вертушки устанавливается по штанговому указателю.

# Установка гидрометрическая ГР-70



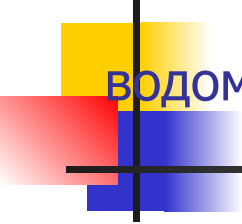
- является стационарным дистанционным оборудованием для производства гидрометрических работ с берега на реках шириной до 100 м с применением гидрометрических грузов весом 25 кг и 50 кг.
- Установка представляет собой систему канатов, укрепленных на береговых опорах и связанных с ручной лебедкой. Скорость потока воды не должна превышать 2,5 м/с.



# Наблюдения за уровнем воды

---

- Реечные устройства
  - *вертикальные*
  - *наклонные*
  - *возможна установка на опоре моста, в береговом ковше*
- Свайные устройства
- Реечно-свайные устройства
- Передаточные устройства
- Автоматизированные устройства



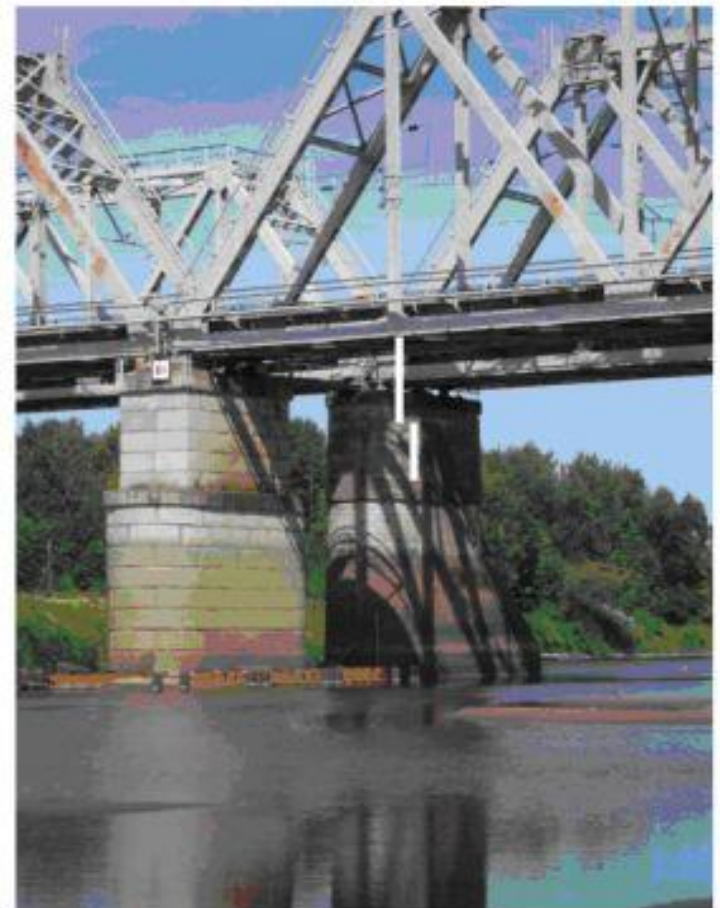
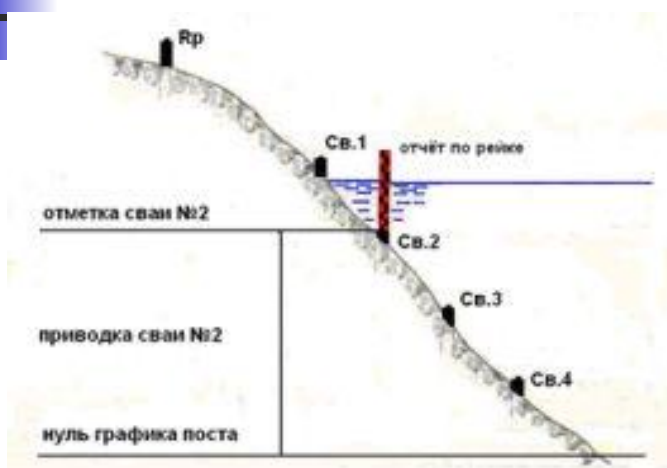
Измерения уровня воды производятся на специально оборудованных водомерных устройствах, которые бывают двух типов:

---

- Водомерный пост свайного типа представляет собой сваи, установленные в одном створе перпендикулярно течению реки. Наблюдатель измеряет уровень воды переносной рейкой над нулём графика поста, условной горизонтальной плоскостью сравнения.
- Практически нуль графика выбирается примерно на 0,5 м ниже наблюдавшегося наинизшего уровня воды, чтобы избежать отрицательных значений.
- На гидрологических постах речного типа рейку прочно прикрепляют к опорам мостов и других гидротехническим сооружениям.



# Водомерный пост свайного и речного типа





# Измерения и вычисление расходов воды

---

- Объемный способ
- С помощью гидротехнических сооружений
- Способ смешения
- Метод уклон-площадь
- Метод скорость-площадь
- С помощью аэрофотосъемки

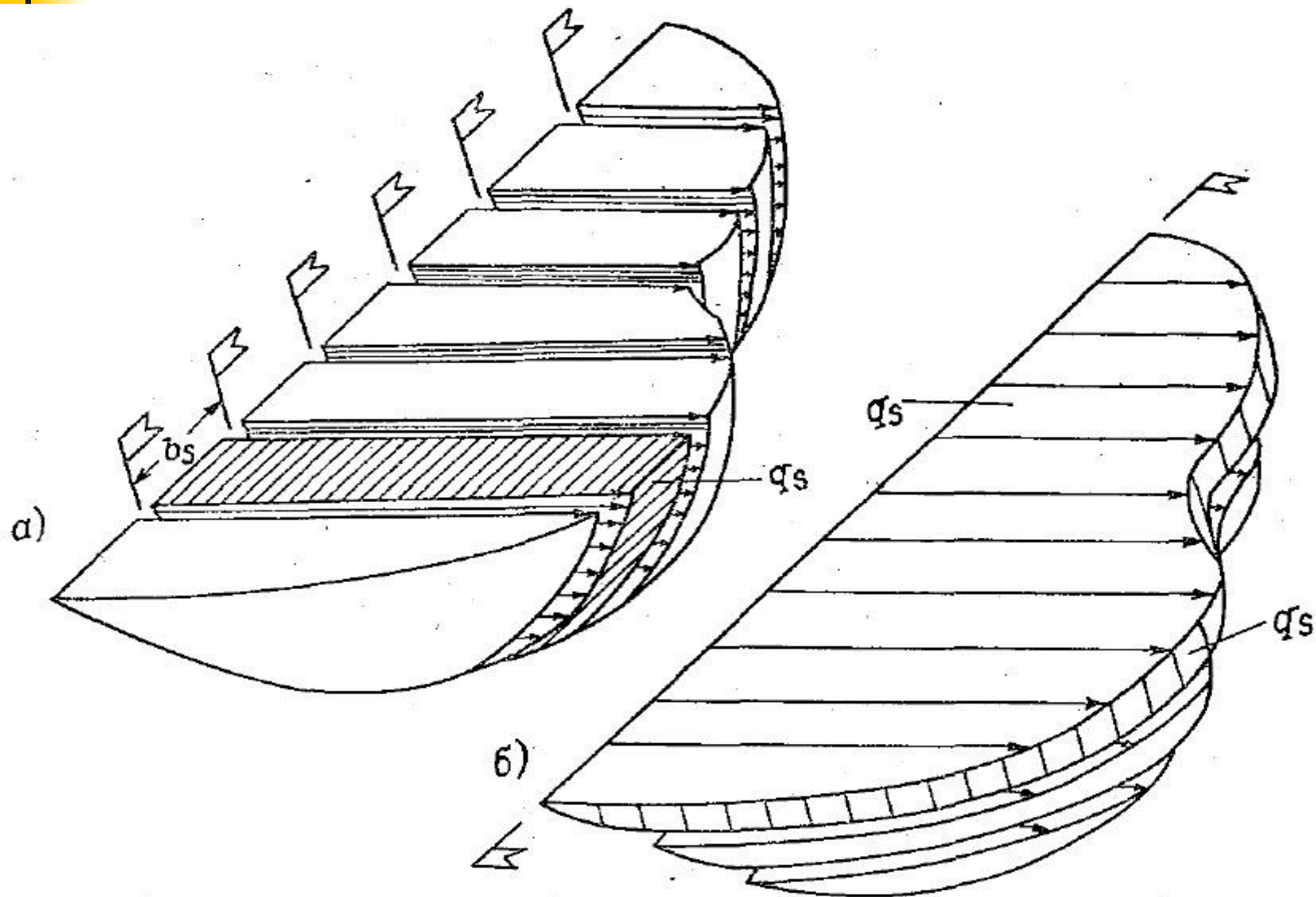
# Измерения и вычисление расходов воды



---

- **Расход воды** — объем воды, протекающий через сечение водотока в единицу времени.
- **Расход воды элементарный** — произведение средней скорости на вертикали на глубину потока на вертикали.
- **Расход воды частичный** — расход, протекающий через отсек живого сечения, ограниченный соседними скоростными вертикалями.

# Модели расхода воды при вертикальной (а) и горизонтальной (б) дискретизации



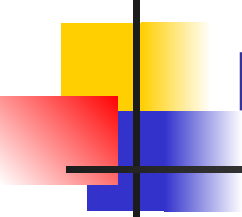
## Объемный метод (способ)

- основан на измерении расхода посредством мерных сосудов, подставляемых под струю воды. При этом измеряется время наполнения мерного сосуда. Время наполнения сосуда определяется по секундомеру. Расход определяется по формуле:

$$Q = W/t \text{ м}^3/\text{с}; \text{ л/с}$$

где  $W$  – объем сосуда,  $t$  – время его наполнения.

- Измерения расхода воды производятся не менее трех раз. Для расчета расхода принимается среднее время по трем показаниям секундомера.
- Этот метод применяется обычно на малых водотоках — ручьях, родниках, лабораторных лотках и т. п. Объемный метод отличается относительно большой точностью.



# Измерение расхода с помощью гидротехнических сооружений

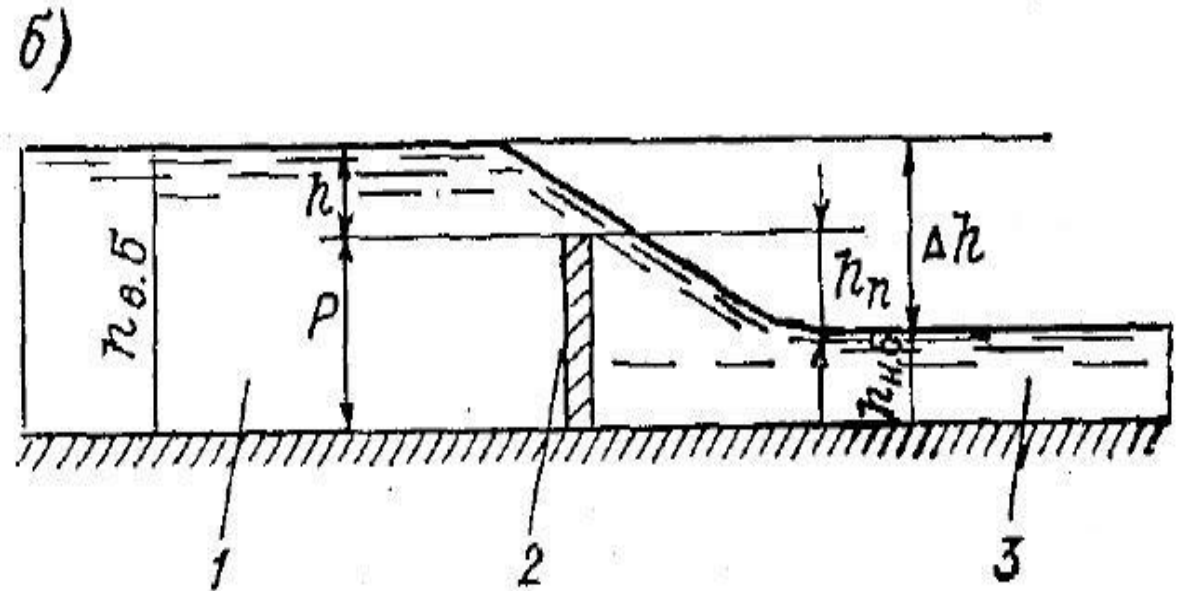
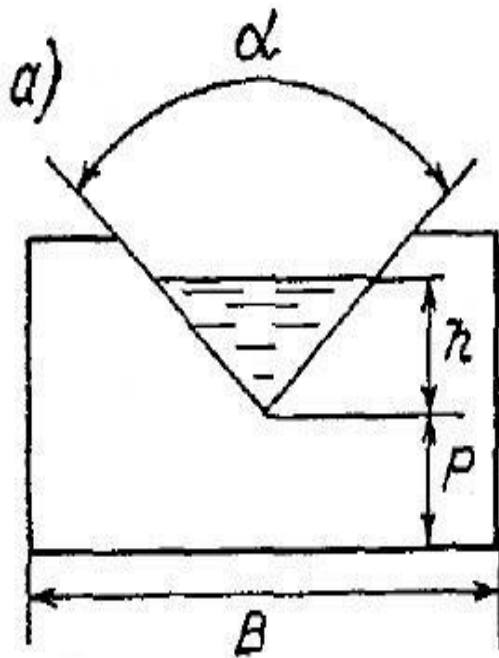
---

- Обычно в лаборатории устанавливается зависимость между напором и расходом, эта зависимость применяется к полевой станции. Поэтому на гидрометрической станции требуются измерения только напора, и это значение вводится в соответствующую формулу для получения величины расхода.
- Конкретные формулы и условия применения, которыми следует пользоваться для каждой измерительной конструкции, перечислены в *Наставлении по измерению расхода воды* (ВМО-№ 519).
- По мере возможности формулу следует проверять в полевых условиях измерениями расхода.

# Треугольный водослив с тонкой стенкой

а – вид спереди, б – продольный разрез, 1 – верхний бьеф, 2 – стенка водослива, 3 – нижний бьеф

$$Q = 1.86 c_f b h^{3/2}, \text{ где } c_f = (b+h)/(b+0.25h)$$







# Способ смешения

---

- Трасерная жидкость вводится в поток, и проба воды отбирается в точке ниже по течению, там где турбулентность смешивает трассер равномерно по всему поперечному сечению.
- Мерой расхода будет служить изменение в концентрации между введенным раствором и водой на станции отбора проб.
- Трассер может быть введен постепенно (метод постоянной скорости) или внезапно (метод залпа, импульса или интеграции)
- Может представлять собой химический, радиоактивный или флюоресцентный краситель.



# Метод уклон-площадь

---

- На выбранном участке, который, насколько это возможно, является прямым и единообразным, измеряется уклон поверхности воды и средняя площадь поперечного сечения русла.
- С учетом коэффициента шероховатости вычисляется средняя скорость с использованием формулы потока, относящейся к скорости, шероховатости, среднему гидравлическому радиусу и уклону.
- Затем вычисляется расход, равный ПРОИЗВЕДЕНИЮ средней скорости и средней площади поперечного сечения потока.



# Метод «скорость — площадь»

---

Разновидность косвенных измерений расхода воды. При этом в результате наблюдений в фиксированном гидрометрическом створе определяются следующие элементы расхода:

- **глубины на промерных вертикалях** и **их удаление** от постоянного начала по линии гидрометрического створа, для определения площади водного сечения (с точностью до трех значащих цифр, но не точнее 1 см);
- продольные (нормальные к гидрометрическому створу) составляющие **средних скоростей течения на вертикалях**, на основе которых рассчитываются средние скорости в отсеках между ними (с точностью до трех значащих цифр, но не точнее 1 см/с).

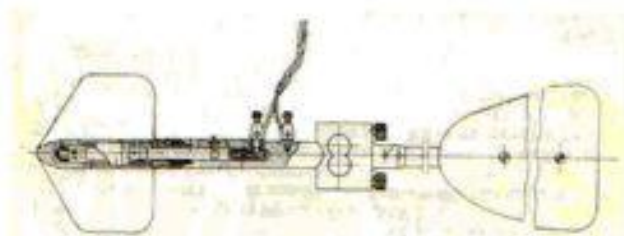
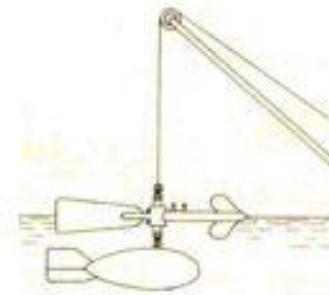
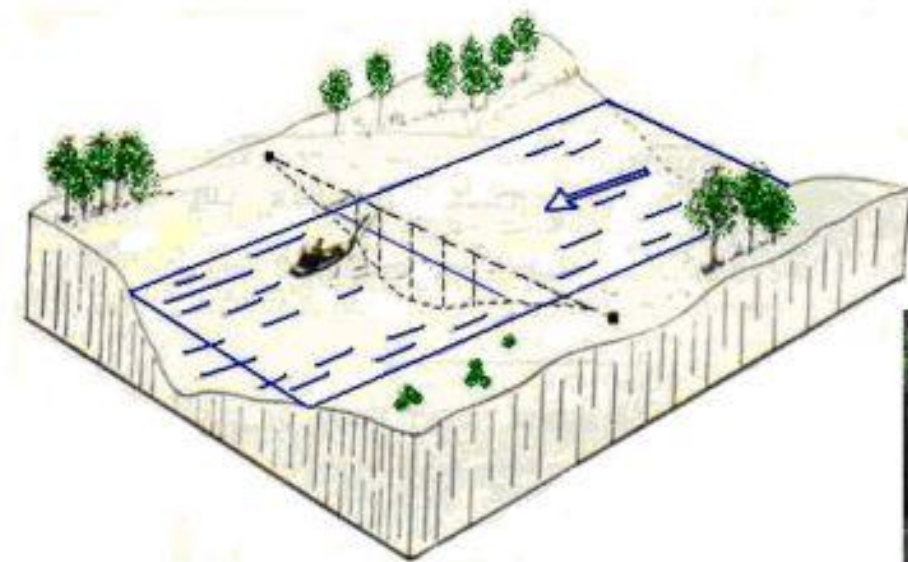


# Метод «скорость — площадь»

---

- Для основного способа измерений расхода воды в однорукавном русле назначается 8—10 скоростных вертикалей.
- В случае применения **детального способа** количество скоростных вертикалей увеличивается в 1,5—2 раза. Детальный способ применяется при научно-методических работах по оценке точности и оптимизации процессов измерения расхода воды — для уточнения числа промерных и скоростных вертикалей.
- **Сокращенный способ** измерений расхода допускает использование менее восьми скоростных вертикалей при двух-, трехточечном измерении скоростей на вертикалях (аналогично основному способу).

# ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРТУШКОЙ



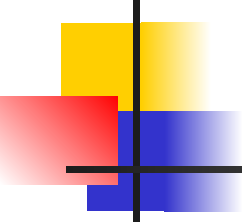


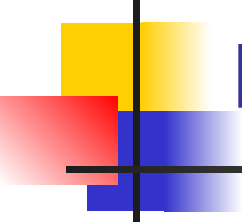
# Применение аэрофотосъемки

---

При изысканиях мостовых переходов и гидротехнических сооружений, особенно когда нужно знать расходы воды в период половодья или паводка, т. е. при высоких уровнях, могут успешно применяться методы определения расхода воды с использованием материалов аэрофотосъемки.



- 
- В рассматриваемом методе в качестве поплавков-интеграторов используется жидкость-индикатор, удельный вес которой меньше единицы (смесь 50% машинного масла и 50% керосина).
  - Жидкость-индикатор помещается в закрытый цилиндрический сосуд, у верхнего основания которого сделано три симметрично расположенных отверстия диаметром 5 мм, предназначенных для выхода индикатора и входа в сосуд воды.
  - Приваренные с боков цилиндра штыри обеспечивают более высокое расположение отверстий, когда сосуд опускается на дно, и тем самым беспрепятственный выход индикатора в воду в течение 6—8 мин.



# Порядок работ по определению расходов воды аэрометодом

---

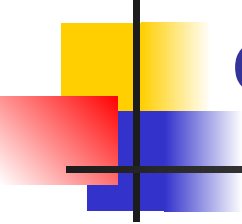
- Над заранее намеченным створом, на заданной высоте, пролетает самолет (вертолет) и сбрасывает сосуды с жидкостью, одновременно при помощи АФА фотографируют места падения сосудов в воду. Сбрасываемых сосудов должно быть не менее требуемого числа скоростных вертикалей.
- После выполнения вспомогательного маршрута самолет разворачивается и выходит на основной продольный маршрут, во время которого производится плановая аэрофотосъемка участка створа, необходимая для фиксации мест выхода индикатора на поверхность воды.
- Съемку ведут с 60%-ным перекрытием снимков и повторяют два-три раза для уточнения окончательных результатов, масштаб съемки должен быть таким, чтобы на снимке получались оба берега реки.



## В итоге проведенных работ получают аэроснимки :

---

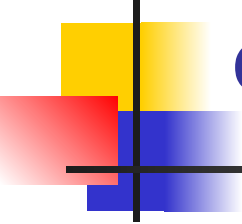
- по вспомогательному маршруту с изображением на них мест падения сосудов;
- основного маршрута, на котором видны места выхода индикатора на поверхность воды.



# Обработка полученных материалов сводится к следующему:

---

- Определяют  $L$  - расстояние от места сброса до места всплытия «поплавка»
- Скорость всплытия жидкости-индикатора  $v_0$  обычно заранее определяют экспериментально; в итоге получают зависимость вида  $q = f(L)$ , которая обычно имеет вид, близкий к линейному.
- Вычисляют элементарный расход (расход на данной скоростной вертикали,  $\frac{m^3}{c}$ ) как  $q = L * v_0$
- Строят эпюры элементарных расходов и определяют общий расход воды.



# Обработка полученных материалов сводится к следующему:

---

- После этого на основных снимках измеряют (по линии створа) расстояния от уреза берега до соответствующих мест выхода индикатора и, пересчитав их в расстояния на местности, строят по всей ширине реки эпюру элементарных расходов, на основе которой находят расход воды.
- Рассмотренный способ весьма перспективный; он позволяет получить действительный расход с точностью 4—5 %, причем почти не требует вспомогательных наземных работ.
- Пользуясь этим методом, можно определять расход в условиях, когда другие методы нельзя применять.



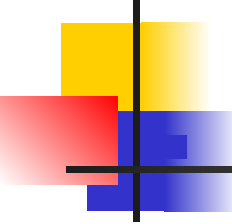
# Измерение расходов наносов

---

- Батометр-бутылка и вакуумный –  
взвешенные наносы
  - ▣ *мгновенного наполнения*
  - ▣ *длительного наполнения*
- Способы измерения
  - ▣ *точечный*
  - ▣ *суммарный*
  - ▣ *Интеграционный*
- ▣ Донные батометры – влекаемые наносы



# Измерение расходов наносов



**Батометры** - приборы для измерения глубин и различные приспособления для взятия проб на химический анализ или с целью определения концентрации и состава наносов

- **Батометр** — специально приспособленный сосуд, обычно цилиндрической формы, с клапанами или **кранами** для закрывания под водой на заданной глубине

# Основное назначение

- взятие пробы на заданном горизонте и дальнейшее предохранение её от смешивания с водой других горизонтов при подъёме прибора на поверхность

# Батометр Молчанова ГР-18

- Работа с этим батометром производится с лодки, понтона или катера. Опускается на заданную глубину на тросе с применением любой гидрометрической лебедки

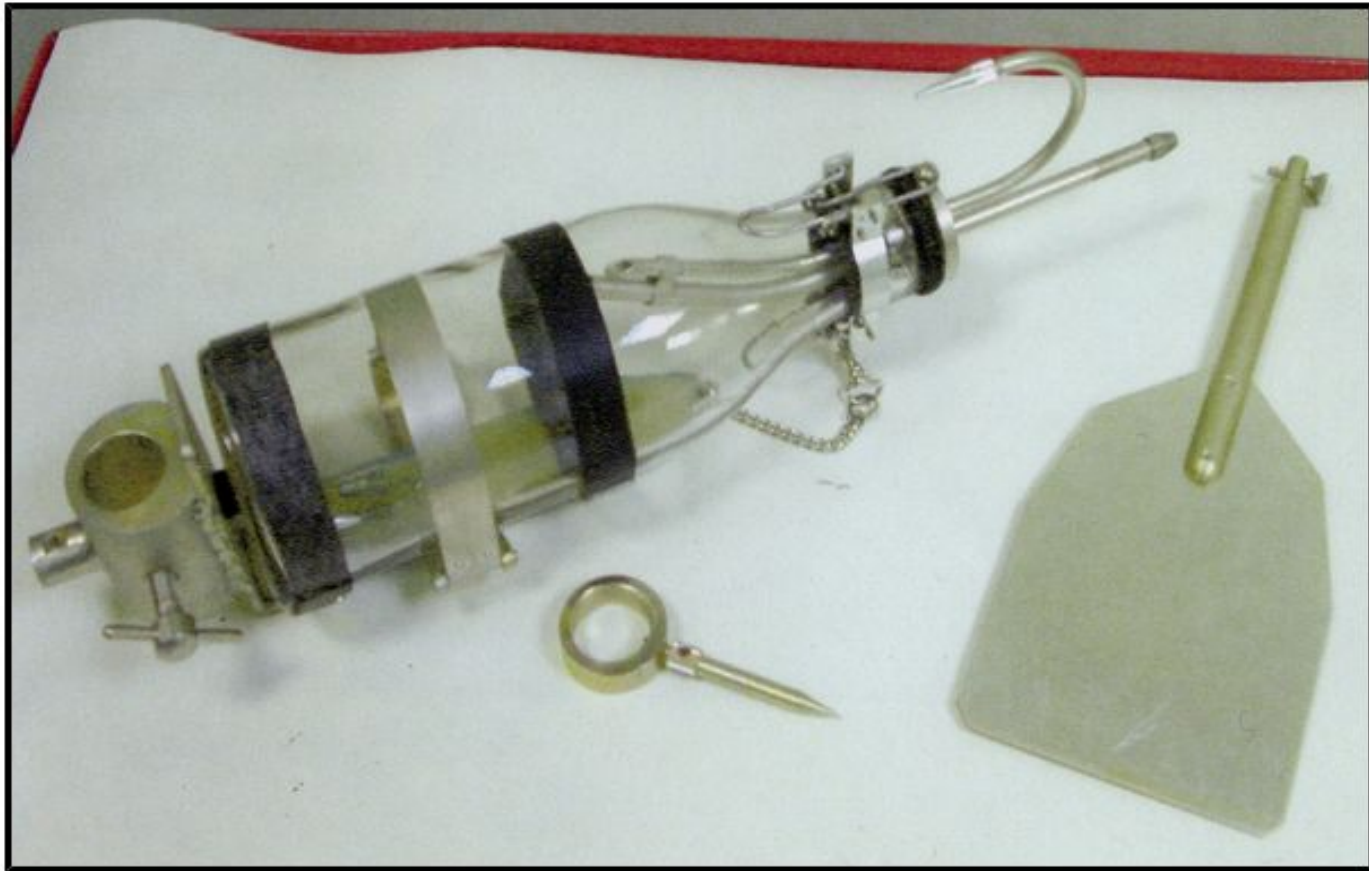


# Батометр Паталаса

Состоит из  
однолитровой колбы  
(трубы) с верхней и  
нижней вставками.  
На вставках  
размещены крышки,  
поверхности которых  
притерты с  
поверхностями  
вставок

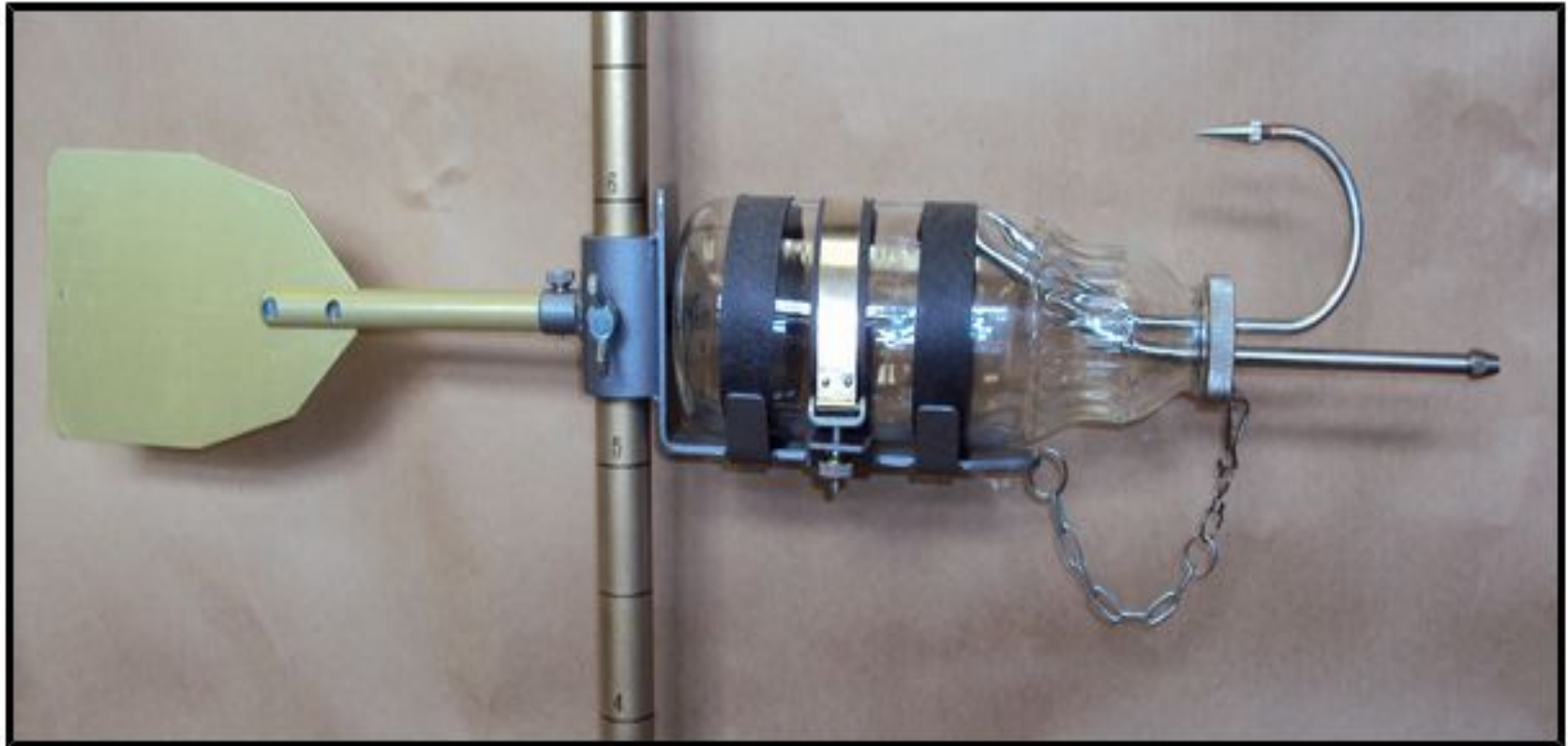


# ГР-16 – Батометр -бутылка



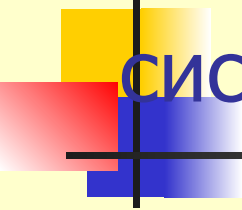
**Представляет собой стеклянную литровую бутылку с металлической головкой, через которую проходит заборная и воздухоотводная трубки**

# ГР-16 – Батометр -бутылка



Служит для взятия проб воды со взвешенными наносами при длительном наполнении





# В настоящее время создается современная система наблюдений, которая

---

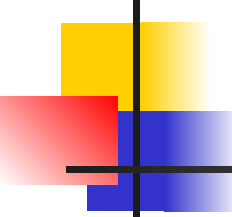
- 1) повышает уровень безопасности населения, особенно в паводкоопасных районах;
- 2) улучшает качество гидрологической информации, предоставляемой потребителям
- 3) использует новые технологии сбора данных наблюдений.



# Для этого необходимо:

---

- – оптимизировать состав, пространственное размещение и программу работ ГП с учётом необходимости увеличения численности наблюдательной сети;
- – повысить точность наблюдений и уровень надёжности поступления оперативной информации путем внедрения современных средств наблюдения, приборов и средств связи;
- – разработать и внедрить современные методы и технологии обработки оперативной информации для улучшения прогнозирования показателей гидрологического режима рек.



## Измерения уровня воды производится автоматическими гидрологическими комплексами

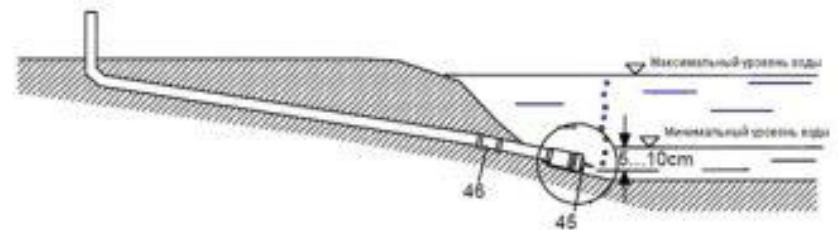
---

- АГК представляет собой железную будку, установленную на берегу реки вне зоны возможного затопления, и датчик уровня, находящийся в реке.
- В будке находятся контроллер для сбора данных, модем для передачи данных и аккумулятор.
- АГК измеряют уровень воды с заданной частотой и передают данные в центр сбора по модему. Частота измерений ограничивается надобностью и ёмкостью аккумулятора. При измерении два раза в сутки аккумулятор может работать без подзарядки до 2 месяцев.
- Для АГК задается опасный уровень воды, по достижении которого измерения могут проводиться чаще, и данные передаваться по нескольким адресам, например, и в службу сбора данных, и в МЧС, и местной администрации.

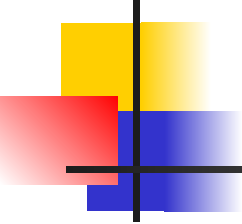
# АВТОМАТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

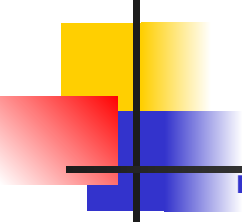


Гидростатический датчик



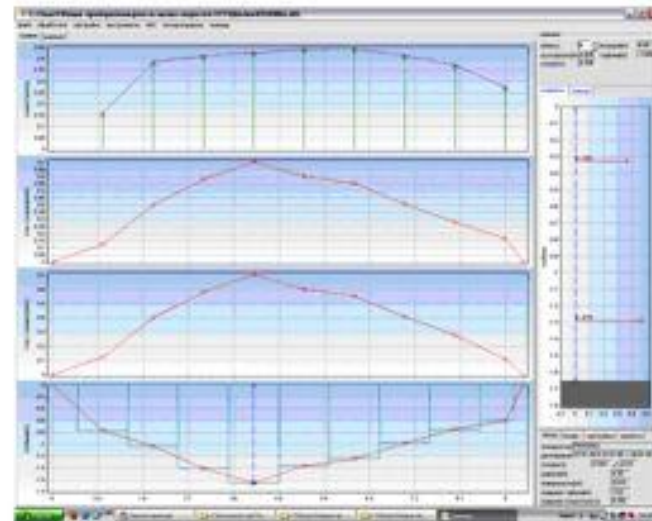
Барботажный датчик

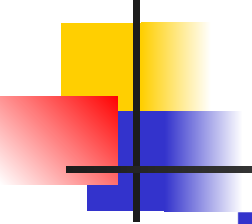
- 
- 
- Уровнемеры сделаны в Германии фирмой SEBA и требовательны к условиям эксплуатации. Нельзя допускать замерзания датчика. Для этого датчик необходимо установить как можно дальше от берега.
  - В некоторые области поступают АГК, оснащенные радарными. Они могут проводить измерения как уровней воды, так и расходов воды. Датчики закрепляют на опорах моста или других гидротехнических сооружениях. Такой комплекс будет установлен в Тульской области на Оке в Алексине

- 
- Для ускорения и упрощения проведения полевых гидрологических работ на гидрологическую сеть поставляются мобильные гидрологические лаборатории.
  - Они позволяют, выехав на место, оперативно и максимально точно произвести необходимые измерения.
  - В состав лаборатории входят средства измерения расхода воды, средства для высотной геодезической привязки, средства для измерения гидрохимических характеристик, оборудование для ремонта и восстановления инженерного обеспечения постов, средства жизнеобеспечения и связи.
  - Все оборудование помещается в автомобиль УАЗ-Патриот, для работ на реках и озерах в состав лаборатории входит лодка с подвесным мотором. Поступившее оборудование сертифицировано на территории России и сейчас находится в опытной эксплуатации.



# ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ПОТОКА НЕМЕЦКОЙ ФИРМЫ ОТТ



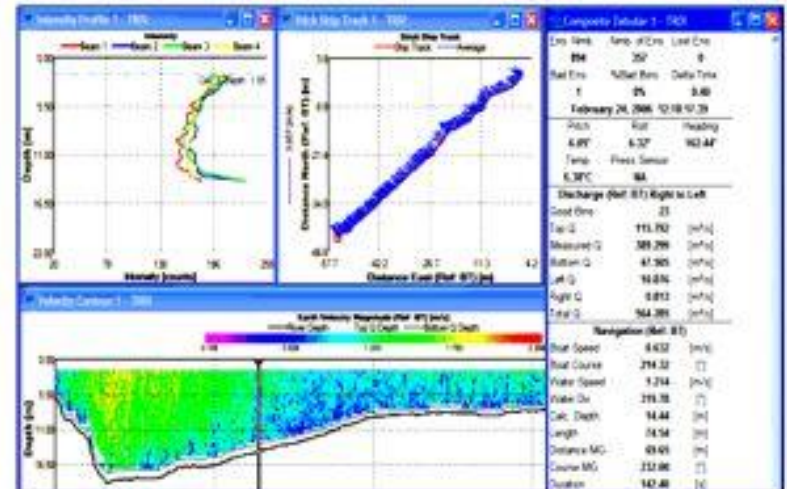
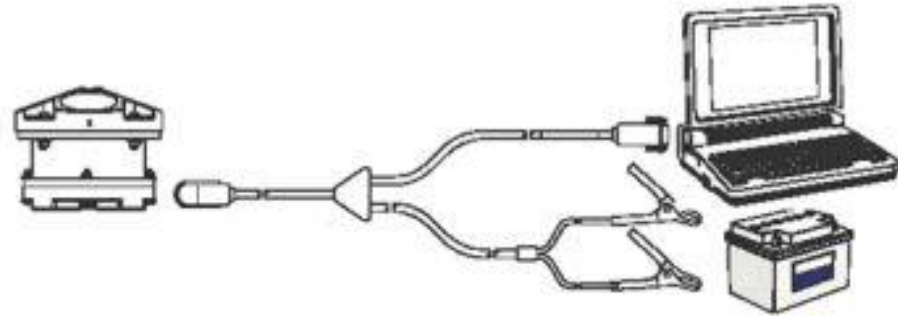
- 
- Датчик прибора закрепляется на штанге и позволяет определять расход воды стандартным методом по скоростям течения в точках скоростных вертикалей.
  - Кроме скорости течения прибор показывает и глубину благодаря встроенному датчику давления.
  - Определение скорости потока связано с эффектом Доплера. Датчик посылает сигналы определенной частоты. Они отражаются от минеральных и органических частиц, взвешенных в воде, и возвращаются обратно к датчику, но уже другой частоты. Частота отраженного сигнала зависит от скорости движения частиц.
  - По разнице частот излученного и отраженного сигналов и определяется скорость движения частиц, то есть скорость потока.

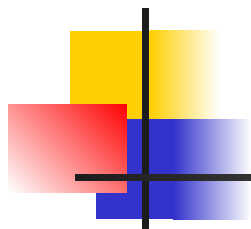
- 
- Измерения можно проводить по программе.
  - Вначале работ в блок управления вводится информация о ширине реки, расстоянии между вертикалями и выбирается способ измерения скорости на вертикали – от дна к поверхности или наоборот.
  - Далее надо действовать по порядку, который предлагает прибор: измерение глубины вертикали, скорости у дна, на половине глубине и у поверхности.
  - Затем переходим на следующую вертикаль.
  - По окончании измерений прибор выдает значение расхода воды, средней скорости течения, площади водного сечения и средней глубины.
  - При желании данные из блока управления можно перенести на компьютер и посмотреть их более детально.
  - Таким образом, с помощью измерителя скоростей ОТТ расход воды измеряется стандартным методом, а время измерений сокращается в основном за счет автоматизированного расчета расхода воды.
  - Этот прибор подходит для работы на **малых или заросших** реках.

# Для работ на средних и крупных реках предназначены акустические профилографы.

- Измерение скоростей в них так же основано на эффекте Допплера. Но благодаря сложному программному обеспечению они позволяют получать данные в режиме реального времени.
- Технически измерения расходов воды проводятся несложно и занимают по времени не более 2 часов, в отличие от стандартного измерения вертушкой.
- Как показала опытная эксплуатация, численное расхождение расходов воды, измеренного профилографом и вертушкой, составляет не более 5-7%, что не превышает погрешности измерений.
- Профилографы произведены в США фирмой RD Instruments и находятся на вооружении как гидрометеорологической сети, так и ВМФ.

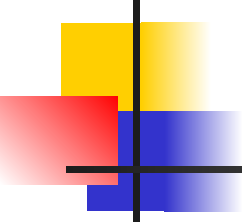
# Акустический доплеровский профилограф Rio Grande



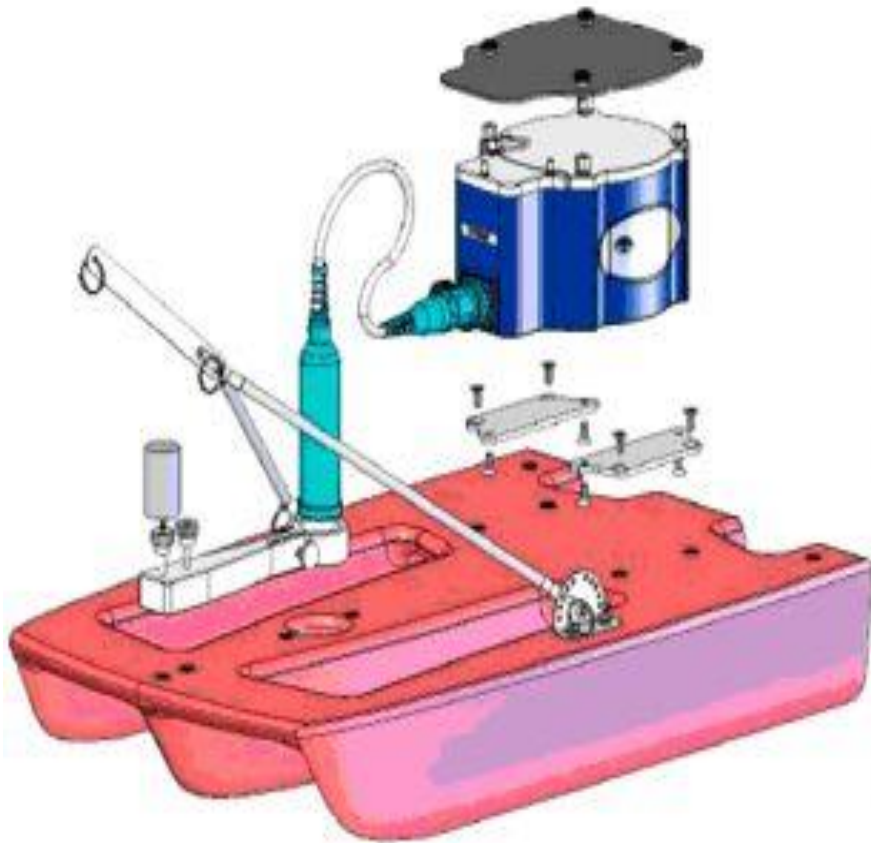


- Благодаря 4 датчикам прибор определяет пройденное расстояние и вносит коррекцию в расчеты, если измерения проводятся в створе, не строго перпендикулярном оси потока.
- Лодка медленно движется от одного берега к другому перпендикулярно оси потока. Важно, чтобы скорость лодки не превышала скорости потока.
- На мониторе компьютера отображаются текущие глубины, скорости течения и расход воды на данный момент времени.
- Скорость течения измеряется в ячейках, размер которых зависит от глубины потока. В среднем их размер 40см на 40см.
- Минимальная глубина, с которой профилограф начинает измерения, – 0,5 м. В тех частях профиля, где прибор не смог провести измерения, программой выполняется экстраполяция. Если река мелкая, то зона экстраполяции будет больше зоны с измерениями, что скажется на точности.
- Поэтому Rio Grande лучше использовать на **больших реках.**



- 
- 
- Для измерения на **средних реках** с глубинами до 4 м подходит небольшой профилограф Stream Pro.
  - Он также позволяет увидеть данные об измеренных расходах воды в режиме реального времени, но имеет более простое программное обеспечение и может работать как с ноутбуком, так и с КПК.
  - Питание идет за счет 8 обычных пальчиковых батареек. С компьютером соединяется по беспроводной связи Bluetooth.
  - Закрепленный за лодкой датчик так же медленно двигается поперек реки и проводит измерения, как и большой профилограф Rio Grande.

# Акустический доплеровский профилограф Stream Pro



В состав лаборатории входят геодезические приборы:  
оптический нивелир Leica, электронный тахеометр TOPCON и  
спутниковый GPS-ГЛОНАСС приёмник TOPCON



# Гидрохимический зонд HYDROLAB MS5



Для определения гидрохимических характеристик пресных вод в лабораторию включен специальный зонд HYDROLAB MS5. Он представляет собой трубку длиной около метра, в которую заключены различные датчики. Их может быть более 8. В состав зонда, поступившего в ГУ "Московский ЦГМС-Р", входят всего 4 – датчик температуры, датчик рН, датчик электропроводности и датчик растворенного кислорода. Раньше для проведения даже таких простых анализов надо было брать 4 разных прибора.