

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРТУШКОЙ

Гидрометрическая вертушка является измерительным прибором, предназначенным для измерения осредненного по времени значения скорости течения воды в различных точках поперечного сечения потока. Принцип действия вертушки основан на вращении лопастного винта под воздействием набегающего потока. Для установления зависимости между скоростью течения воды и скоростью вращения лопастного винта каждая выпускаемая заводом вертушка тарируется, т. е. обеспечивается графиком связи $v = f(n)$. При этом в прямолинейной части графика скорости вращения лопастного винта пропорциональны скорости течения воды. Эта зависимость несколько нарушается в диапазоне малых скоростей, где особенно сказывается влияние трения в подшипниках и контактной группе. Величина трения зависит от особенностей каждой вертушки и не является постоянной.

Гидрометрическая вертушка (рис. 7.1) состоит из корпуса 14, стабилизатора 13, ходовой части с контактным механизмом и лопастным винтом 3, сигнального устройства. Корпус вертушки служит для сочленения частей вертушки, для крепления ее на штанге или вертлюге и для подключения сигнальной цепи. Ось собранной ходовой части вставляется в полость корпуса и закрепляется стопорным винтом 6. Клеммы 8 и 9 служат для крепления проводов сигнальной цепи. В тыльной части корпуса имеется втулка для крепления вертушки на штанге или вертлюге 10 зажимными винтами 11. К тыльной части корпуса при помощи винта 12 крепится стабилизатор. Сбоку втулка имеет фигурное отверстие с указателем для снятия отсчета высоты положения оси вертушки на штанге.

Стабилизатор вертушки служит для ориентирования прибора навстречу течению. Он состоит из штока и двух симметрично расположенных на конце его профилированных пластин.

Ходовая часть состоит из оси 5 с контактным механизмом, двух радиально-упорных шарикоподшипников 2, внутренней распорной втулки 16, наружной втулки 15, осевой гайки 1. Ходовая часть входит в цилиндрическую полость лопасти и крепится в ней зажимной муфтой 4.

Контактный механизм состоит из червячной шестерни 17, имеющей 20 зубьев, контактного штифта 18, контактной пружины 19, контактного винта 20 для крепления контактной пружины и токопроводящего стержня 21, изолированного от массы и соединяющего контактную пружину с гнездом штепселя 7. Контактный механизм дает одно замыкание электрической цепи за один полный оборот червячной шестерни, что соответствует 20 оборотам лопастного винта.

Электрический ток от отрицательного полюса батареи, состоящей из двух гальванических элементов, подводится к клемме (–) на панели ящика, откуда по проводу подходит к изолированной клемме 8, а затем – к

штепсельному гнезду 7, токопроводящему стержню 21 и контакт ной пружине 19 на контактный штифт 18 и на шестерню 17, а через нее – на массу корпуса 14 и на массовую клемму 9. Далее с массовой клеммы по второму проводу ток идет на клемму панели, со значком (+), от клеммы (+) через электрический звонок или лампочку накаливания – к положительному полюсу батареи.

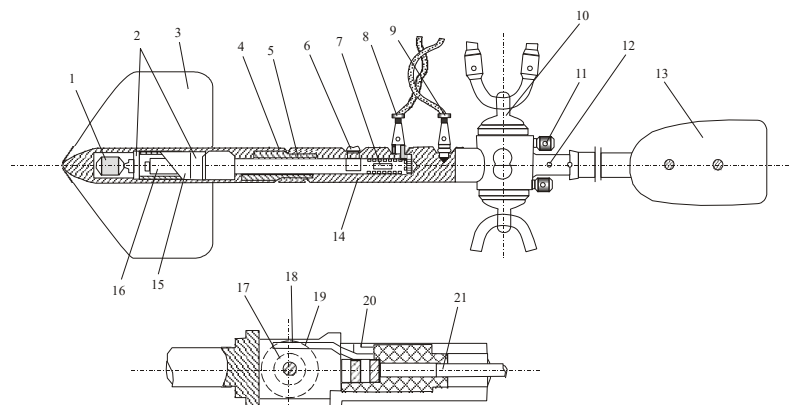


Рис. 7.1. Устройство гидрометрической вертушки ГР-21М:

1 – осевая гайка; 2 – шарикоподшипники; 3 – лопастной винт; 4 – зажимная муфта; 5 – ось; 6 – винт стопорный; 7 – гнездо штепселя; 8 – изолированная клемма; 9 – клемма, соединенная с корпусом; 10 – вертлюг; 11 – зажимные винты; 12 – винт стабилизатора; 13 – стабилизатор; 14 – корпус; 15 – наружная втулка; 16 – внутренняя распорная втулка; 17 – червячная шестеренка; 18 – контактный штифт; 19 – контактная пружина; 20 – контактный винт; 21 – токопроводящий стержень.

Технические данные.

Вертушка гидрометрическая ГР-21М предназначена для измерения скорости течения воды в естественных водотоках в диапазоне от 0,04 до 5 м/с. Вертушка имеет два лопастных винта, отличающихся между собой конструкцией. Винт № 1 (основной) – компонентный, диаметром 120 мм с геометрическим шагом 200 мм, применяется при работе со штанги. Погрешность измерения при скоростях течения от 0,2 до 2,0 м/с составляет 1,5 %. При скоростях течения воды меньше 0,2 м/с погрешность измерения не более 10 %. Винт № 2 – не компонентный, диаметром 120 мм с геометрическим шагом 500 мм, применяется во время работы с троса при скоростях течения воды более 2,0 м/с. Погрешность измерения скорости при этом не превышает 1,5 %.

Малые скорости течения не приводят лопасть вертушки во вращение. Наименьшая скорость, при которой силовое воздействие потока на лопастной винт равно величине сопротивлений, а лопастной винт вращается неравномерно, называется начальной скоростью вертушки. Для вертушки ГР-21М начальная скорость (винт № 1) составляет 0,04 м/с.

Критическая скорость – это скорость движения воды, при которой и выше которой влияние механических сопротивлений на вращение лопастного винта становится стабильным и незначительным. Верхняя критическая скорость лопастного винта № 2 составляет 8,0 м/с.

Подготовка вертушки к работе.

1. Открывается укладочный ящик, вынимается из него корпус вертушки с ходовой частью.

2. Легким поворотом от руки или дутьем на лопастный винт проверяют легкость вращения ходовой части.

3. При работе со штанги корпус вертушки надевают на штангу и закрепляют на ней двумя зажимными винтами.

4. Собирают электрическую сигнальную цепь.

5. До погружения вертушки в воду проверяют надежность работы контактного механизма, сигнальной цепи, а также звуковые и световые сигналы.

Уход за вертушкой.

После работы вертушка и принадлежности к ней должны быть протерты сухой тряпкой и только после этого уложены в укладочный ящик. После работы в тот же день в помещении должны быть просушены полость корпуса вертушки и стабилизатор, а затем протерты тканью, слегка смоченной машинным маслом.

Ходовая часть вертушки должна быть разобрана, все детали ее промыты в керосине для удаления грязи, вновь собраны без лопастного винта и в собранном виде тщательно промыты в ванночке с чистым керосином. Отдельно промывается полость лопастного винта. После того как стечет керосин, в полость винта заливается масло, а затем окончательно собирается ходовая часть.

Ремонт вертушки, не касающийся ходовой части и не требующий специального оборудования, может производиться на месте. Другие виды ремонта выполняются в специальных мастерских. Каждая вертушка тарируется через два года, если она не имеет явных повреждений.

Задачи лабораторной работы

1. Ознакомиться с классификацией гидрометрических вертушек.

2. Изучить устройство и работу гидрометрических вертушек Ж-3, ГР-21М, ГР-55, ГР-11М.

3. Составить отчет по работе.

Исходные данные: стенды и комплекты гидрометрических вертушек учебного кабинета по гидрологии.

Порядок выполнения работы

Вначале необходимо ознакомиться с классификацией гидрометрических вертушек. Из существующего многообразия типов и конструкций гидрометрических вертушек современные вертушки различаются по ряду признаков: направлению оси вращения, устройству лопастного винта или ротора, устройству опор и подшипников, способу регистрации числа оборотов ротора, способу опускания вертушки в воду, способности ротора регистрировать проекцию скорости на направление оси вертушки.

Измерение местных осредненных скоростей в поверхностных водных потоках производится при помощи гидрометрических вертушек точечным способом. Точечный способ заключается в измерении местных скоростей течения воды в строго фиксированных точках потока на скоростных вертикалях. Число скоростных точек назначается из расчета достаточного освещения и распределения местных скоростей по всему живому сечению, а также рабочей глубины на вертикали [8].

Рабочей глубиной на вертикали называется глубина от поверхности воды до дна, а при наличии льда или шуги – от нижней поверхности льда или шуги.

Местные скорости на вертикалях измеряются в 6, 5, 3, 2 или 1 точке в зависимости от величины рабочей глубины на скоростной вертикали, состояния водотока и размеров лопастного винта вертушки. Скорости в точках обозначаются: Упов, Удно, У0,2 и т. д. 70

При глубине водотока более 1 м скорость течения измеряется в пяти точках: на поверхности, 0,2h, 0,6h, 0,8h (считая от поверхности воды) и на дне. При ледяном покрове или водной растительности добавляется местная точка 0,4h (на поверхности, 0,2h, 0,4h, 0,6h, 0,8h и на дне). При измерении скорости на поверхности и на дне ось вертушки устанавливается на глубину соответственно 0,15 м от поверхности и от дна, чтобы исключить искажение показаний прибора под влиянием ветра, а также донных неровностей [9].

Для ускорения работ применяется двухточечный способ с измерением скоростей на 0,2h и 0,8h. Продолжительность измерения скорости в точке должна быть не менее 100 с.

Существуют два способа измерения местных скоростей:

1) способ приемов;

2) способ регистрации общего числа сигналов за время более 100 с.

Приемом называется число сигналов или соответствующее им количество оборотов лопастного винта, поступающих за промежутки времени между записями. При способе регистрации общего числа сигналов за время более 100 с подсчитывается общее число поступивших сигналов.

Задачи лабораторной работы

1. Определить общее число оборотов вертушки по способу приемов и по способу регистрации общего числа сигналов за время более 100 с.

2. Вычислить местные скорости на скоростной вертикали по данным измерений.

Лабораторная установка.

Установка для проведения опытов (рис. 10.1) состоит из гидравлического лотка 1 длиной 14 м и шириной 0,4 м прямоугольного сечения. По центру лотка на гидрометрической штанге 3 установлены две гидрометрические вертушки 2.

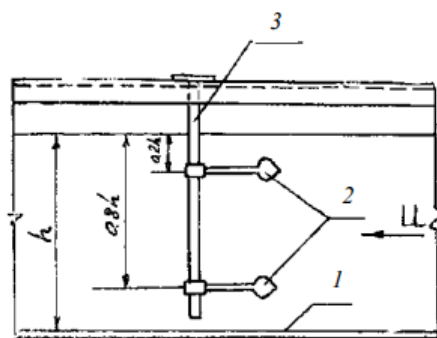


Рис. 7.2. Схема лабораторной установки

Подготовка лабораторной установки к работе.

1. Производят сборку вертушки. Для этого ось плотно вставляют в корпус, предварительно ослабив зажимной винт в корпусе, после чего этот винт зажимают.

2. С помощью проводов вертушку подсоединяют к системе сигнализации (лампочка или звонок).

3. Лопастному винту сообщают вращательное движение. При правильной сборке вертушки лопастной винт вращается свободно, без посторонних шумов в течение нескольких секунд, постепенно замедляя скорость вращения. При этом должны поступать сигналы (звенеть звонок или загораться лампочка). Каждый сигнал должен быть непрерывным.

4. Так как измерение местных скоростей производят двухточечным способом (рис. 10.1), вертушку устанавливают на $0,2h$ и $0,8h$ (считая от поверхности воды).

5. В лотке вертушку устанавливают против течения и закрепляют на штанге с помощью двух зажимных винтов.

6. Штангу закрепляют по оси лотка в вертикальном положении.

Порядок проведения опытов

В лабораторной работе проводят два опыта, различающиеся способом измерения местных скоростей.

Способ приемов.

1. Установив вертушку в потоке, пропускают 2–3 сигнала и последующему включают секундомер (пусковой сигнал в счет не входит).

2. Устанавливают число сигналов в приеме, которое зависит от промежутка времени между сигналами (принимают по табл. 10.1) [7].

Таблица 10.1. Зависимость числа сигналов за прием от времени между сигналами

Время между сигналами, с	Число сигналов за прием
20	1
10–20	2
5–10	3
4–5	4
3–4	5

3. Производят запись времени поступления сигналов по секундомеру.
4. Общая продолжительность измерения скорости должна быть не менее 100 с. 72
5. Общее число приемов за время измерения принимают четным, обычно не более восьми и не менее двух.
6. Продолжительность первой половины наблюдений не должна отличаться от второй половины более чем на 5 с. Если они отличаются более чем на 5 с, то измерения продолжают на два, четыре или шесть приемов.

Пример.

Номер приема	1	2	3	4	5	6
Отсчет по секундомеру	20	39	59	80	100	121

Продолжительность первой половины периода измерений составляет 59 с. Следовательно, за весь период, т. е. по шести приемам, должна получиться продолжительность $59 + 59 = 118$ с, получилась же продолжительность 121 с. Разница составляет 3 с, что меньше 5 с. По этому в данном случае измерения можно прекратить.

Способ регистрации общего числа сигналов за время более 100 с.

1. По данному способу производят подсчет общего числа сигналов за время более 100 с.
2. Измерения прекращают на сигнале по истечении 100 с, при этом пусковой сигнал в счет не входит.

Обработка результатов опытов.

1. Определяют общее число оборотов лопастного винта за весь период измерения местной скорости по способу приемов:

$$N = 20dm, \quad (7.1)$$

где 20 – число оборотов лопастного винта между сигналами;
 d – число сигналов за прием;
 m – число приемов.

2. Определяют общее число оборотов лопастного винта по способу регистрации общего числа сигналов за время более 100 с:

$$N = 20N', \quad (7.2)$$

где N' – общее число сигналов.

3. Вычисляют частоту вращения лопастного винта:

$$n = N / t, \quad (7.3)$$

где t – продолжительность измерения скорости в точке, с.

4. Определяют местную скорость в точках по частоте вращения лопастного винта и тарировочной зависимости, заданной в виде графика

$$v = f(n).$$

Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 10.2 и 10.3 журнала лабораторных работ.

Таблица 10.2. Способ приемов

Тип вертушки _____ № _____

№ вертикали	Глубина на вертикали	Глубина опускания вертушки		Число оборотов за прием	Продолжительность приема, с								Сумма оборотов N	Частота вращения n, c^{-1}	Скорость по тарифовочной зависимости $U, м/с$
		в долях от h	м		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Таблица 10.3. Способ регистрации общего числа сигналов за время боле 100 с

Тип вертушки _____ № _____

№ вертикали	Глубина на вертикали	Глубина опускания вертушки		Общее число сигналов N'	Продолжительность измерений $t, с$	Общее число оборотов N	Частота вращения n, c^{-1}	Скорость по тарифовочной зависимости $U, м/с$
		в долях от h	м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются гидрометрические вертушки?
2. Назовите современные типы отечественных и зарубежных гидрометрических вертушек и дайте им краткую характеристику.
3. Какое оборудование и принадлежности используются для работы с вертушками?
4. Для чего и как производится тарирование вертушек?
5. Как производится подготовка вертушки к работе?
6. Как определяется общее число оборотов лопастного винта по способу приемов и по способу регистрации общего числа сигналов за время более 100 с?
7. От чего зависит число сигналов в приеме?
8. Какой существует контроль при определении числа оборотов по способу приемов?
9. Как определяется местная скорость в точке?