



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

## **Практикум**

к лабораторным работам по дисциплине

# **«Технология строительства»**



Авторы  
Клавдиенко Н.В.,  
Мирошниченко Д.А.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия».

Содержат основные теоретические положения, нормативные требования, исходные данные, варианты заданий и рекомендации по выполнению лабораторных работ.

## Авторы

профессор кафедры «ВГиФ» Клавдиенко Н.В.  
к.э.н. Мирошниченко Д.А.





## Оглавление

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Лабораторная работа №1 «Определение расхода воды открытого водотока» .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Лабораторная работа №2 «Составление продольного профиля участка реки» .....</b> | <b>15</b> |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### «ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ОТКРЫТОГО ВОДОТОКА»

**Цель работы:** ознакомление с методами определения и последовательностью вычислений расхода воды.

**Содержание работы:** используя данные морфометрических и гидрометрических наблюдений, вычислить расход воды открытого водотока графоаналитическим методом и проконтролировать правильность полученного результата графомеханическим методом.

#### **Краткие теоретические положения**

Основными гидравлическими характеристиками водного потока являются живое сечение, скорость и расход воды.

**Живым сечением** называется поверхность, пересекающая водный поток таким образом, что векторы скорости потока во всех точках этой поверхности направлены к ней перпендикулярно. В реальных условиях вследствие непараллельности струй потока поверхность живого сечения имеет криволинейную форму. Однако радиус кривизны этой поверхности значителен и в практических расчетах можно считать живое сечение плоским. Показателями живого сечения являются его площадь  $\omega$ , смоченный периметр  $P$  и гидравлический радиус  $R$ .

**Смоченным периметром** называется длина той части периметра живого сечения, по которой происходит соприкосновение водного потока со стенками естественного или искусственного русла (дно и берега реки в летний период; дно, берега и нижняя поверхность ледового покрова в период ледостава; внутренняя поверхность трубопровода для закрытого потока), т. е. смоченный периметр равен периметру живого сечения за вычетом длины свободной поверхности.

**Гидравлическим радиусом** называется отношение площади живого сечения потока к смоченному периметру:  $R = \omega / P$ .

**Скорость течения** – это расстояние, которое проходит частица жидкости за единицу времени. В разных точках живого сечения водного потока скорость  $V$  не является постоянной. Величина скорости изменяется как по ширине, так и по глубине живого сечения потока – уменьшение скорости происходит от середины потока к берегам и ко дну. Измерить скорость потока можно при помощи специальных средств и приборов, таких, как поверхностные или глубинные поплавки, поплавки – интеграторы, гидрометрические вертушки, или же, используя аэрометоды. Из-

меренная в некоторой точке потока скорость называется местной. В гидравлических расчетах для живого сечения потока вводится понятие средней скорости. Средней скоростью потока в рассматриваемом живом сечении называется такая скорость, которая условно придается всем частицам жидкости живого сечения и при этом расход потока соответствует действительному расходу.

**Расходом потока**  $Q$  называется количество жидкости, протекающее через данное живое сечение потока в единицу времени. Расход может быть определен в результате непосредственных измерений различными методами, в том числе и с использованием аэрометодов. Однако значительно чаще расходы воды вычисляют, используя данные морфометрических и гидрометрических наблюдений водного потока. Существуют следующие методы вычисления расхода воды: аналитический, графоаналитический и графомеханический.

В **аналитическом методе** для определения расхода воды потока используется формула:

$$Q = \omega \cdot V_{cp}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где:  $\omega$  – площадь живого сечения водного потока,  $\text{м}^2$  ;

$V_{cp}$  – средняя скорость потока в данном живом сечении, м.

Обычно при выполнении гидравлических расчетов для отдельных участков речных русел, где форма и размеры живого сечения по длине остаются практически постоянными, движение водного потока считается равномерным. В этом случае средняя скорость потока может быть вычислена по формуле Шези:

$$V_{cp} = C \sqrt{R \cdot i} \quad (2)$$

где:  $C$  – коэффициент Шези, величина которого зависит от шероховатости стенок и дна русла, от геометрической формы и размеров живого сечения;

$R$  – гидравлический радиус живого сечения;

$i$  – продольный уклон водной поверхности участка реки.

Для определения  $C$  используются различные формулы. Наиболее общей является формула, предложенная академиком Н.Н. Павловским:

$$C = (1/n) \cdot R^y \quad (3)$$

где:  $n$  – коэффициент шероховатости русла, определяемый по

специальным таблицам [2]. Так, например, для естественного, прямого, не засоренного земляного русла  $n = 0.025$ , а для глухих пойм таежного типа  $n = 0.200$ ;

$y$  – показатель степени, зависящий от значения коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса. Для приближенных расчетов принимают

$$\begin{aligned} y &= 1.5\sqrt{n} && \text{при } 0.1 < R < 1.0 \\ y &= 1.3\sqrt{n} && \text{при } 1.0 < R < 3.0 \end{aligned} \quad (4)$$

При расчете открытых русел коэффициент Шези можно также определить по формуле Базена:

$$C = 87 / (1 + \gamma / \sqrt{R}) \quad (5)$$

где  $\gamma$  – также коэффициент шероховатости, определяемый по специальным таблицам. Так, для естественного, прямого, не засоренного земляного русла  $\gamma = 1.30$ , а для глухих пойм таежного типа  $\gamma = 20.0$ .

**Графоаналитический метод** определения расхода воды открытого водотока заключается в последовательном выполнении следующих графических и вычислительных действий:

- вычерчивание в избранных горизонтальном и вертикальном масштабах живого сечения потока (рис. 1). При этом используются результаты промеров глубин потока в его разных точках живого сечения, а также расстояния между точками промеров глубин, т.е. между, так называемыми, промерными вертикалями или же расстояния от постоянного начала до промерных вертикалей. Если промеры глубин и измерение скоростей водного потока проводилось в разные дни, а по наблюдениям уровни воды отличались более чем на 2 см, то при вычерчивании живого сечения потока необходимо внести соответствующие поправки в значения глубин на промерных вертикалях;

- построение кривой средних скоростей. Для построения используются результаты измерения средних скоростей потока в отдельных точках живого сечения, являющихся начальными точками скоростных вертикалей, а также расстояния от постоянного начала до этих точек. Кривая скоростей изображается в удобном для построения масштабе непосредственно над вычерченным живым сечением потока;

- графическое определение по вычерченной кривой средних скоростей потока для тех промерных вертикалей, где

скорости не были измерены;

– вычисление элементарных расходов  $q$  для всех промерных вертикалей. Элементарный расход есть произведение глубины потока  $h$  в некоторой точке живого сечения на среднюю скорость  $V_{cp}$  в той же точке:

$$q = h * V_{cp}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (6)$$

– вычисление общего расхода воды потока по формуле:

$$Q = \frac{V_1}{2} \cdot \frac{h_1}{2} \cdot b_1 + \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot b_2 + \dots + \frac{V_{n-1} + V_n}{2} \cdot \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \cdot b_n + \frac{V_n}{2} \cdot \frac{h_n}{2} \cdot b_{n+1}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (7)$$

где:  $V_1, V_2, \dots, V_{n-1}, V_n$  – средние скорости потока соответственно на 1-ой, 2-ой, ..., (n-1)-ой и последней (n-ой) промерной вертикали;

$h_1, h_2, \dots, h_{n-1}, h_n$  – глубина потока соответственно на 1-ой, 2-ой, ..., (n-1)-ой и последней промерной вертикали;

$b_1, b_2, \dots, b_n, b_{n+1}$  – расстояния соответственно от уреза воды до первой промерной вертикали, между 1-ой и 2-ой промерными вертикалями, ..., между (n-1)-ой и n-ой промерными вертикалями, а также от последней промерной вертикали до уреза воды.

Определение общего расхода воды потока возможно также с использованием ранее вычисленных элементарных расходов. В этом случае применяется следующая формула:

$$Q = K_1 \cdot q_1 \cdot b_1 + \frac{q_1 + q_2}{2} \cdot b_2 + \dots + \frac{q_{n-1} + q_n}{2} \cdot b_n + K_2 \cdot q_n \cdot b_{n+1} \quad (8)$$

где:  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – элементарные расходы на промерных вертикалях (первой, второй, ..., последней);

$b_1, b_{n+1}$  – расстояния от уреза воды одного берега до первой промерной вертикали и от последней промерной вертикали до уреза воды другого берега;

$b_2, \dots, b_n$  – расстояния между смежными промерными вертикалями;

$K_1$  ,  $K_2$  – коэффициенты, зависящие от характера берегов. Для пологого берега  $K = 0.7$ ; для обрывистого –  $K = 0.8$ ; для обрывистого с гладкой стенкой  $K = 0.9$ ; при отсутствии у берега течения, т.е. когда скорость равна нулю  $K = 0.5$ .

**Графомеханический метод** определения расхода воды потока отличается от предыдущего метода лишь в заключительной части действий. После вычисления элементарных расходов над живым сечением потока, вычерченном на бумаге, строится в удобном масштабе кривая элементарных расходов (рис.1), а затем с помощью планиметра определяется площадь, ограниченная кривой элементарных расходов и линией уровня воды живого сечения. Расход воды в живом сечении потока определяют перемножением полученной площади (в делениях планиметра) на цену деления планиметра.

### Исходные данные и рекомендации по выполнению работы

В качестве исходной информации при выполнении лабораторной работы используются результаты промеров глубин, расстояний и средних скоростей, выполненные для некоторых водных потоков открытого типа.

Полученные данные приводятся в табл. 1, 2, 3 и 4 (в табл. 3 и 4 знак № обозначает порядковый номер студента по журналу группы).

Ознакомившись с методическими указаниями и получив задание от преподавателя, студент вычисляет глубины и средние скорости потока для всех промерных и скоростных вертикалей для своего варианта по данным табл. 3 и 4. Например, если задан вариант 1 и порядковый номер студента в журнале группы №10, то глубина потока на первой промерной вертикали составит:  $h_1 = 1.91 + 0.09 N = 1.91 + 0.09 \cdot 10 = 2.81$  м, а средняя скорость потока на первой скоростной вертикали будет равна:

$$V_1 = 0.39 + 0.01 N = 0.39 + 0.01 \cdot 10 = 0.49 \text{ м/с.}$$

Далее, на листе миллиметровой бумаги (размеры листа: высота – 29.5см, длина не менее 35см) вычерчивается живое сечение реки (рис.1).

Для построения рекомендуется принять масштабы: горизонтальный

1: 1000 для 1-го и 2-го вариантов и 1: 2000 для 3-го варианта, а для глубин – 1: 200 для 1-го и 3-го вариантов и 1:100 для 2-го варианта.

Таблица 1

|  |   | Вариант 1<br>(18 вертикалей) | Вариант 2<br>(25 вертикалей) | Вариант 3<br>(15 вертикалей) |
|--|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | Урез левого берега – первая вертикаль     | 14.3                         | 4.1                          | 18.6                         |
|  | 1 – 2                                     | 9.2                          | 4.8                          | 20.0                         |
|  | 2 – 3                                     | 18.7                         | 3.5                          | 19.5                         |
|  | 3 – 4                                     | 7.7                          | 5.0                          | 19.7                         |
|  | 4 – 5                                     | 9.6                          | 4.4                          | 17.3                         |
|  | 5 – 6                                     | 5.1                          | 3.9                          | 18.9                         |
|  | 6 – 7                                     | 13.5                         | 3.3                          | 18.1                         |
|  | 7 – 8                                     | 12.8                         | 4.7                          | 18.5                         |
|  | 8 – 9                                     | 16.9                         | 4.2                          | 16.4                         |
|  | 9 – 10                                    | 19.4                         | 3.0                          | 19.9                         |
|  | 10 – 11                                   | 15.8                         | 4.0                          | 20.0                         |
|  | 11 – 12                                   | 19.3                         | 4.2                          | 18.0                         |
|  | 12 – 13                                   | 12.2                         | 4.6                          | 20.0                         |
|  | 13 – 14                                   | 17.4                         | 4.9                          | 24.6                         |
|  | 14 – 15                                   | 18.8                         | 3.6                          | 15.8                         |
|  | 15 – 16                                   | –                            | 4.7                          | 18.8                         |
|  | 16 – 17                                   | –                            | 4.1                          | 17.3                         |
|  | 17 – 18                                   | –                            | 5.0                          | 19.6                         |
|  | 18 – 19                                   | –                            | 4.0                          | –                            |
|  | 19 – 20                                   | –                            | 5.0                          | –                            |
|  | 20 – 21                                   | –                            | 4.5                          | –                            |
|  | 21 – 22                                   | –                            | 4.8                          | –                            |
|  | 22 – 23                                   | –                            | 5.0                          | –                            |
|  | 23 – 24                                   | –                            | 4.1                          | –                            |
|  | 24 – 25                                   | –                            | 4.3                          | –                            |
|  | Последняя вертикаль – урез правого берега | 16.6                         | 4.4                          | 18.4                         |

Таблица 2

|   |   | Вариант 1<br>(9 скоростных вертикалей) | Вариант 2<br>(9 скоростных вертикалей) | Вариант 3<br>(11 скоростных вертикалей) |
|---|---|--|--|---|
| Расстояние в метрах между скоростными вертикалями | Урез левого берега – первая вертикаль     | 23.5                                   | 12.4                                   | 18.6                                    |
|   | 1 – 2                                     | 26.4                                   | 16.6                                   | 20.0                                    |
|   | 2 – 3                                     | 14.7                                   | 8.9                                    | 39.2                                    |
|   | 3 – 4                                     | 26.3                                   | 11.2                                   | 36.2                                    |
|   | 4 – 5                                     | 16.9                                   | 9.5                                    | 36.6                                    |
|   | 5 – 6                                     | 35.2                                   | 12.4                                   | 36.3                                    |
|   | 6 – 7                                     | 19.3                                   | 9.0                                    | 38.0                                    |
|   | 7 – 8                                     | 29.6                                   | 9.5                                    | 20.0                                    |
|   | 8 – 9                                     | 18.8                                   | 13.9                                   | 24.6                                    |
|   | 9 – 10                                    | –                                      | –                                      | 34.6                                    |
|   | 10 – 11                                   | –                                      | –                                      | 36.9                                    |
|   | Последняя вертикаль – урез правого берега | 16.6                                   | 8.7                                    | 18.4                                    |

Таблица 3

|  |    | Вариант 1    | Вариант 2    | Вариант 3    |
|--|----|--------------|--------------|--------------|
| Глубина потока в метрах на промерной вертикали | 1  | 1.91 + 0.09N | 0.42 + 0.01N | 0.51 + 0.05N |
|  | 2  | 3.92 + 0.09N | 0.77 + 0.03N | 0.96 + 0.05N |
|  | 3  | 4.05 + 0.10N | 0.84 + 0.03N | 1.09 + 0.08N |
|  | 4  | 3.63 + 0.09N | 1.25 + 0.04N | 1.23 + 0.10N |
|  | 5  | 4.19 + 0.25N | 1.25 + 0.06N | 1.45 + 0.12N |
|  | 6  | 6.54 + 0.25N | 1.25 + 0.08N | 1.57 + 0.14N |
|  | 7  | 6.38 + 0.25N | 1.63 + 0.11N | 1.71 + 0.15N |
|  | 8  | 7.40 + 0.25N | 1.88 + 0.15N | 2.12 + 0.17N |
|  | 9  | 7.13 + 0.25N | 1.88 + 0.17N | 2.51 + 0.18N |
|  | 10 | 6.29 + 0.25N | 1.91 + 0.19N | 2.67 + 0.20N |
|  | 11 | 4.08 + 0.15N | 1.91 + 0.22N | 3.50 + 0.27N |
|  | 12 | 4.21 + 0.15N | 1.91 + 0.27N | 4.50 + 0.33N |
|  | 13 | 3.35 + 0.15N | 2.03 + 0.23N | 5.12 + 0.40N |
|  | 14 | 2.47 + 0.09N | 2.03 + 0.25N | 4.67 + 0.33N |
|  | 15 | 2.66 + 0.09N | 2.03 + 0.21N | 3.77 + 0.28N |
|  | 16 | –            | 1.97 + 0.21N | 2.45 + 0.20N |
|  | 17 | –            | 1.95 + 0.18N | 1.67 + 0.12N |
|  | 18 | –            | 1.02 + 0.13N | 0.89 + 0.05N |
|  | 19 | –            | 1.02 + 0.11N | –            |
|  | 20 | –            | 0.52 + 0.07N | –            |
|  | 21 | –            | 0.52 + 0.04N | –            |
|  | 22 | –            | 0.42 + 0.03N | –            |
|  | 23 | –            | 0.32 + 0.03N | –            |
|  | 24 | –            | 0.32 + 0.03N | –            |
|  | 25 | –            | 0.32 + 0.02N | –            |

Таблица 4

|  |    | Вариант 1    | Вариант 2    | Вариант 3     |
|--|----|--------------|--------------|---------------|
| Средняя скорость воды на скоростной вертикали, м/с | 1  | 0.39 + 0.01N | 0.15 + 0.01N | 0.20 + 0.01N  |
|  | 2  | 0.36 + 0.01N | 0.33 + 0.02N | 0.26 + 0.01N  |
|  | 3  | 0.65 + 0.03N | 0.50 + 0.02N | 0.29 + 0.01N  |
|  | 4  | 0.74 + 0.03N | 0.55 + 0.02N | 0.31 + 0.015N |
|  | 5  | 0.71 + 0.03N | 0.61 + 0.02N | 0.34 + 0.02N  |
|  | 6  | 0.41 + 0.02N | 0.52 + 0.02N | 0.37 + 0.02N  |
|  | 7  | 0.42 + 0.02N | 0.29 + 0.02N | 0.40 + 0.03N  |
|  | 8  | 0.25 + 0.01N | 0.14 + 0.01N | 0.51 + 0.03N  |
|  | 9  | 0.20 + 0.01N | 0.12 + 0.01N | 0.44 + 0.03N  |
|  | 10 | –            | –            | 0.36 + 0.02N  |
|  | 11 | –            | –            | 0.24 + 0.01N  |

## Технология строительства

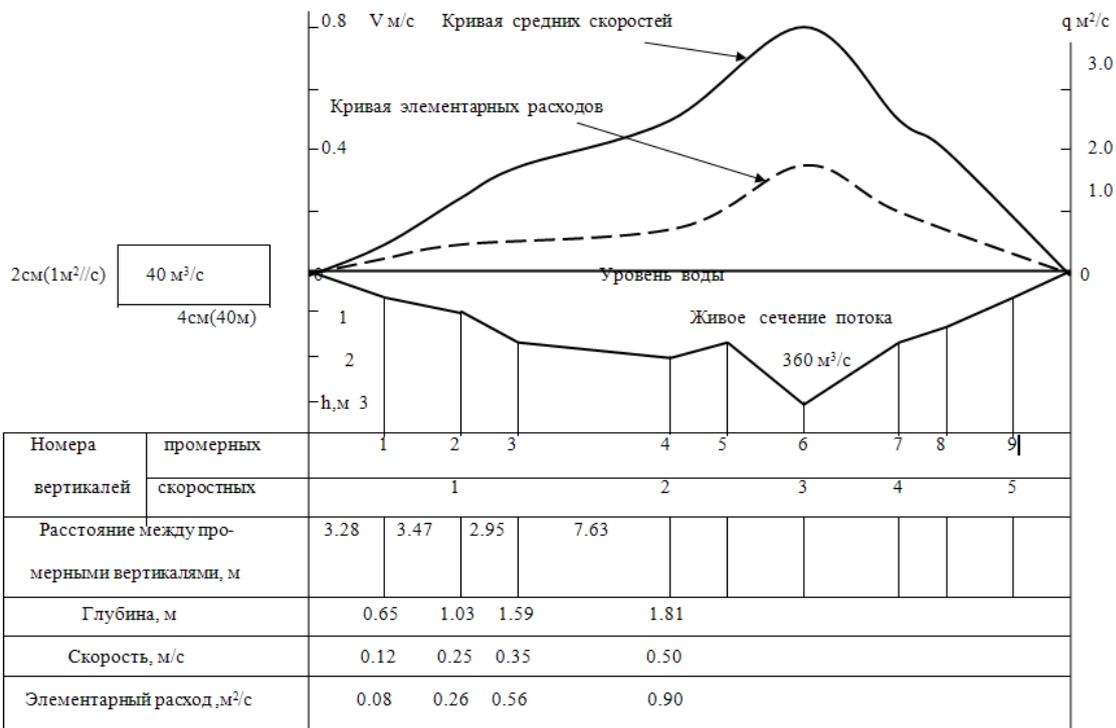


Рис. 1. Графоаналитический и графомеханический способы определения расхода воды открытого водотока

Ниже поперечного профиля реки (живого сечения) вычерчивается подпрофильная сетка и заполняются данными ее строки 1,2,3,4 и 5.

Выше живого сечения по данным пятой строки подпрофильной сетки вычерчивается график скоростей. Кривая скоростей должна иметь плавный характер. Масштаб скоростей рекомендуется принять следующий: 1см – 0.1 м/с для студентов, имеющих порядковый номер от 1 до 10, а для остальных студентов – 1см – 0.2 м/с.

Используя построенный график скоростей определяются скорости потока для тех промерных вертикалей, на которых во время наблюдений скорость не измерялась. Значения скоростей заносятся в строку 5 подпрофильной сетки.

По данным строк 4 и 5 сетки вычисляются элементарные расходы для всех промерных вертикалей. Полученные значения расходов заносятся в строку 6 сетки, а затем по этим данным выше живого сечения реки строится график элементарных расходов. Кривая расходов также должна быть плавной. Рекомендуется принять следующий масштаб расходов: 1- й и 2- й варианты – для студентов с порядковым номером от 1 до 10 в 1см – 0.5м<sup>2</sup>/с, а при N > 10 – в 1см – 1м<sup>2</sup>/с; 3 – й вариант – при N ≤ 10 – в 1см – 1м<sup>2</sup>/с, а если N > 10 – в 1см – 2м<sup>2</sup>/с.

Далее, используя данные подпрофильной сетки, по формулам 7 и 8 вычисляют расход воды речного потока.

Полученные результаты контролируются графомеханическим методом. Для этого левее графика скоростей (и элементарных расходов) вычерчивается прямоугольник размером по горизонтали 4см и по вертикали 2см, который используется для определения цены деления планиметра. Если принять, что этот прямоугольник построен в тех же масштабах, что и график элементарных расходов, то можно определить какому расходу соответствует его площадь. Так, например, для 1-го варианта при N=10 площадь прямоугольника соответствует расходу 40 м<sup>3</sup>/с (рис.1). Обведя планиметром не менее 2-х раз (по часовой стрелке и против) вычерченный прямоугольник, делением соответствующего расхода (например 40м<sup>3</sup>/с) на среднюю разность конечного и начального показаний счетного механизма планиметра в двух измерениях определяют цену его деления. Затем планиметром (так же дважды) в делениях планиметра определяют площадь фигуры, ограниченной кривой элементарных расходов и линией поверхности воды. Умножением площади фигуры на цену деления планиметра вычисляют полный расход воды речного потока.

Полученное значение расхода сравнивают с расходом, ранее вычисленным графоаналитическим методом и если их расхождение не превышает 2%, результаты вычислений считаются удовлетворительными.

Завершается выполнение работы написанием и оформлением посылочной записки, которая состоит из текстовой и графической частей.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### «СОСТАВЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ УЧАСТКА РЕКИ»

**Цель работы:** ознакомление студентов с некоторыми аспектами топографо – геодезических работ, выполняемых в процессе производства инженерно-гидрологических изысканий.

**Содержание работы:** обработка материалов нивелирования рабочих уровней реки, вычисление отметок приведенных уровней водомерных постов и точек однодневной связки, составление продольного профиля участка реки.

#### Краткие теоретические положения

Продольный профиль реки, представляющий собой продольный вертикальный разрез по середине реки либо по линии наибольших глубин русла, необходим для составления схемы использования реки, проектирования различных гидротехнических сооружений, намечаемых к строительству на реке, разработки систем водоснабжения и мелиорации, решения других задач.

Составление продольного профиля реки является завершающим этапом инженерно – геодезических изысканий, в процессе производства которых выполняют следующие работы:

- прокладка вдоль реки магистрального нивелирного хода;
- разбивка рабочих нивелирных ходов для передачи высот от магистрального хода на временные реперы, располагаемые непосредственно у реки;
- нивелирование поверхности воды в реке, а при необходимости и поперечников;
- осуществление ежедневных наблюдений уровней воды на водомерных постах;
- определение отметок высокого исторического горизонта для всех водомерных постов.

Из-за невозможности выполнить одновременно нивелирование уровней воды на всем или значительном протяжении реки ее разбивают на участки, нивелирование каждого из которых выполняют в течение одного дня. На границах таких участков располагают водомерные посты, а между ними дополнительно устанавливают так называемые точки однодневной связки (ТОС).

Уровни воды на водомерных постах и ТОС, отметки которых определяются в результате нивелирных работ, называются рабочими уровнями. Если на профи- ле реки линию поверхности

воды провести по отметкам рабочих уровней, то эта линия будет иметь разрывы (перепады) на водомерных постах вследствие разновременности нивелирования уровней воды на смежных участках реки, а значит и разности отметок уровня воды на одном и том же водомерном посту в разные дни из-за постоянного изменения уровня воды в реке. Однако ежедневные наблюдения уровней воды на постах в течение всего периода производства нивелирных работ позволяют определить высоты уровней на всем (или значительном) протяжении реки по состоянию на единый момент времени. Такие уровни воды называют приведенными или срезочными, а разности высот рабочих и приведенных уровней называют срезками, т.е.  $\Delta H = H_{\text{раб}} - H_{\text{привед}}$ . На продольном профиле линия приведенных уровней представляет собой ломаную линию без разрывов. Для нанесения ее на профиль реки необходимо знать кроме приведенных высот водомерных постов и отметки приведенных уровней воды в точках однодневной связки. Вычисляют эти отметки при разности срезов на водомерных постах, ограничивающих участок реки, не превышающей 10см, по формулам:

$$\left. \begin{aligned}
 H'_{\text{мос}} &= H_{\text{мос}} - \Delta H_{\text{мос}} \\
 x &= \frac{\Delta H_B - \Delta H_A}{l_1 + l_2} l_1 \\
 y &= \frac{\Delta H_B - \Delta H_A}{l_1 + l_2} l_2
 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где:  $H_A, H_B, H_{\text{Тос}}$  – отметки рабочих уровней воды соответственно на нижнем А и верхнем В водомерных постах, ограничивающих участок реки, а также на точке однодневной связки, расположенной между постами А и В;

$H'_{\text{Тос}}$  – отметка приведенного уровня на ТОС;

$\Delta H_A, \Delta H_B, \Delta H_{\text{Тос}}$  – срезки уровней на постах и ТОС;

$l_1$  – расстояние от нижнего водомерного поста А до ТОС;

$l_2$  – расстояние от ТОС до верхнего водомерного поста В.

Если же разность срезов  $\Delta H_A$  и  $\Delta H_B$  составляет более 10см, считают, что числовое значение  $\Delta H_{\text{Тос}}$  изменяется пропорционально величине падения реки, и для определения высот приведенных уровней точек однодневной связки рекомендуются фор-

мулы:

$$\left. \begin{aligned}
 H'_{мос} &= H_{мос} - \Delta H_{мос} \\
 \Delta H_{мос} &= \Delta H_A + x = \Delta H_B - y \\
 x &= \frac{\Delta H_B - \Delta H_A}{H_B - H_A} (H_{мос} - H_A) \\
 y &= \frac{\Delta H_B - \Delta H_A}{H_B - H_A} (H_B - H_{мос})
 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

В формулах (10) обозначения аналогичны обозначениям, использованным в формулах (9). Смысл приведенных формул становится понятен при рассмотрении схемы, изображенной на рис.2.

При пользовании формулами (9) и (10) не следует забывать, что срезка уровней есть величина алгебраическая и, следовательно, может быть как положительной (когда отметка приведенного уровня меньше отметки рабочего уровня), так и отрицательной.

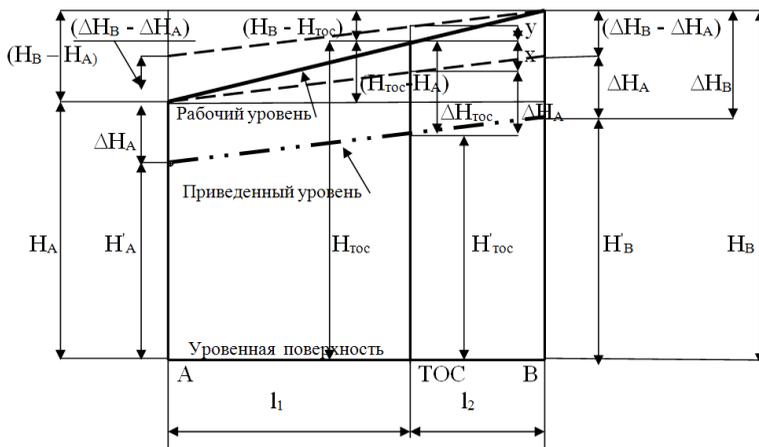


Рис.2. Определение срезок на точках однодневной связи

## Исходные данные и указания по выполнению работы

Исходными данными к работе являются результаты нивелирования водной поверхности на водомерных постах и точках односторонней связи с указанием даты нивелирования, а также расстояния между постами и ТОС, отметки дна реки, высокого исторического горизонта, бровок левого и правого берегов реки, приведенные в табл. 5

В табл. 6 приведены результаты ежедневных наблюдений уровней воды на всех водомерных постах за период май – июнь месяцы. Высота уровня воды на посту на заданный день определяется по данным этой таблицы как сумма отметки нуля графика водомерного поста и превышения уровня на посту над нулем графика. Так, например, для поста «Трехостровская» на 15 июня высота уровня воды равна:  $H = 26.17 + 3.43 = 29.60\text{м}$ , а для поста «Перекопская» на 1 мая отметка уровня составит:

$$H = 32.30 + 7.25 = 39.55\text{м}.$$

Получив задание от преподавателя (указывается для какого участка реки необходимо составить продольный профиль и дата приведения уровней воды на всем участке реки), студент производит необходимые вычисления и заполняет табл. 7. Порядок заполнения таблицы следующий.

Предположим, необходимо составить профиль для участка, ограниченного водомерными постами «Трехостровская» и «Крутовский» с приведением уровней воды на 1 июня. Из табл. 5 переносятся соответствующие данные в графы 1,2,3,4,5 и 6 табл.7. Затем по данным табл. 6 вычисляются отметки приведенных уровней на водомерных постах «Трехостровская», «Перекопская» и «Крутовский» и их значения заносятся в графы 8 и 10 табл. 7 (в примере  $H'_{\text{трехостр}} = 30.80\text{м}$ ,  $H'_{\text{перек}} = 36.91\text{м}$ ,  $H'_{\text{крут}} = 46.48\text{м}$ ).

Срезки на водомерных постах вычисляются как разность отметок рабочих и приведенных уровней. Полученные значения заносятся в графы 7 и 9.

Далее необходимо последовательно вычислить срезки для всех ТОС по формулам (9) и результаты вычислений записать в графу 7. Для контроля вычислить срезки на ТОС по формулам (10) и результаты внести в графу 9.

Отметки приведенных уровней для ТОС вычисляются как алгебраическая разность отметки рабочего уровня и срезки на соответствующей ТОС. Высоты приведенных уровней вносятся в графы 8 и 10.

По вычисленным отметкам приведенных уровней опреде-

ляются падение уровня и уклон водной поверхности для каждого участка реки (графы 11 и 12).

На этом заканчиваются вычисления и далее необходимо построить продольный профиль реки. Рекомендуемые масштабы для построения профиля следующие: горизонтальный 1:1000000 и вертикальный 1:200. Форма и размеры подпрофильной сетки приведены на рис.3. Профиль необходимо вычерчивать на листе миллиметровой бумаги высотой 29.5см, в основном, черной тушью. Однако разные линии поверхности воды, дна и кромок берегов следует изображать тушью разного цвета.

Отчет по лабораторной работе включает пояснительную записку с исходными данными, расчетами и необходимыми пояснениями и описание продольного профиля.

Таблица 5

| № | Названия водомерных постов и точек однодневной связи | Расстояния, км        |                 | Рабочие уровни |         | Отметки, м |       |               |        |
|---|--|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-------|---------------|--------|
|   |  | от устья до в/п и тос | между в/п и тос | Дата           | Отметка | ВИГ        | Дна   | Бровок берега |        |
|   |  |                       |                 |                |         |            |       | правого       | левого |
| 1 | в/п Трехостровская                                   | 512                   | 50              | 15.06          | 29.60   | 34.32      | 25.71 | 36.57         | 34.12  |
|   | тос Сиротинская                                      | 562                   |                 | -- // --       | 31.85   | ---        | 27.80 | 38.80         | 35.36  |
|   | тос Новогригорьевская                                | 591                   | 42              | -- // --       | 33.30   | ---        | 29.73 | 41.95         | 36.93  |
|   | в/п Перекопская                                      | 633                   |                 | -- // --       | 35.69   | 40.82      | 32.25 | 44.03         | 39.28  |
| 2 | в/п Перекопская                                      | 633                   | 58              | 10.06          | 36.11   | 40.82      | 32.25 | 44.03         | 39.28  |
|   | тос Распопинская                                     | 691                   |                 | -- // --       | 39.76   | ---        | 36.06 | 47.25         | 43.95  |
|   | тос Серафимовичи                                     | 721                   | 44              | -- // --       | 41.87   | ---        | 37.75 | 50.14         | 47.39  |
|   | в/п Крутовский                                       | 765                   |                 | -- // --       | 45.59   | 51.39      | 41.19 | 52.81         | 53.36  |
| 3 | в/п Крутовский                                       | 765                   | 49              | 05.06          | 46.14   | 51.39      | 41.19 | 52.81         | 53.36  |
|   | тос Вешенская  | 814                   |                 | -- // --       | 50.60   | ---        | 46.23 | 56.83         | 58.51  |
|   | тос Казанская  | 886                   | 22              | -- // --       | 56.86   | ---        | 52.86 | 62.19         | 62.15  |
|   | в/п Монастырщина                                     | 908                   |                 | -- // --       | 59.03   | 63.90      | 54.77 | 63.50         | 65.74  |
| 4 | в/п Монастырщина                                     | 908                   | 51              | 03.06          | 59.37   | 63.90      | 54.77 | 63.50         | 65.74  |
|   | тос Подколосновка                                    | 959                   |                 | -- // --       | 63.96   | ---        | 60.15 | 68.12         | 69.88  |
|   | тос Верхний Маныч                                    | 995                   | 49              | -- // --       | 65.66   | ---        | 63.25 | 71.80         | 71.90  |
|   | в/п Новая Калитва                                    | 1044                  |                 | -- // --       | 68.62   | 74.03      | 65.57 | 77.42         | 75.65  |
| 5 | в/п Новая Калитва                                    | 1044                  | 48              | 21.05          | 69.31   | 74.03      | 65.57 | 77.42         | 75.65  |
|   | тос Павловск   | 1092                  |                 | -- // --       | 71.71   | ---        | 68.41 | 79.85         | 77.96  |
|   | тос Каменка  | 1158                  | 38              | -- // --       | 73.69   | ---        | 69.69 | 82.24         | 78.81  |
|   | в/п Георгиу – Деж                                    | 1196                  |                 | -- // --       | 75.47   | 80.99      | 72.20 | 85.63         | 80.19  |
| 6 | в/п Георгиу – Деж                                    | 1196                  | 40              | 20.05          | 76.08   | 80.99      | 72.20 | 85.63         | 80.19  |
|   | тос Петровский                                       | 1236                  |                 | -- // --       | 78.57   | ---        | 75.48 | 88.91         | 83.10  |
|   | тос Нововоронеж                                      | 1268                  | 56              | -- // --       | 80.81   | ---        | 77.31 | 90.33         | 86.04  |
|   | в/п Семилуки   | 1324                  |                 | -- // --       | 84.55   | 89.92      | 81.30 | 94.06         |        |

Таблица 6

| Название в/п                                  | Трехостровская |      | Перекопская |      | Крутовский |      | Монастырщина |      | Новая Калитва |      | Георгиу – Деж |      | Семилуки |      |      |  |
|---|----------------|------|-------------|------|------------|------|--------------|------|---------------|------|---------------|------|----------|------|------|--|
| Отметка нуля графика                          | 25.17м         |      | 32.30м      |      | 42.33м     |      | 55.61м       |      | 66.49м        |      | 72.48м        |      | 81.54м   |      |      |  |
| Превышение уровня воды над нулем графика в см |                |      |             |      |            |      |              |      |               |      |               |      |          |      |      |  |
| Месяц   | май            |      | июнь        |      | май        |      | июнь         |      | май           |      | июнь          |      | май      |      | июнь |  |
| Число   | май            | июнь | май         | июнь | май        | июнь | май          | июнь | май           | июнь | май           | июнь | май      | июнь |      |  |
| 1   | 731            | 463  | 725         | 461  | 680        | 415  | 630          | 403  | 450           | 225  | 545           | 281  | 470      | 241  |      |  |
| 2   | 719            | 450  | 712         | 454  | 677        | 408  | 623          | 391  | 435           | 218  | 530           | 275  | 465      | 234  |      |  |
| 3   | 710            | 439  | 703         | 446  | 667        | 400  | 616          | 376  | 428           | 213  | 517           | 266  | 452      | 229  |      |  |
| 4   | 698            | 428  | 695         | 440  | 658        | 391  | 611          | 359  | 420           | 206  | 505           | 260  | 441      | 223  |      |  |
| 5   | 683            | 418  | 689         | 431  | 651        | 381  | 605          | 342  | 411           | 200  | 495           | 255  | 433      | 215  |      |  |
| 6   | 672            | 410  | 679         | 424  | 645        | 370  | 598          | 330  | 398           | 195  | 483           | 250  | 426      | 210  |      |  |
| 7   | 670            | 399  | 672         | 416  | 640        | 359  | 591          | 320  | 384           | 191  | 475           | 244  | 419      | 206  |      |  |
| 8   | 660            | 393  | 666         | 406  | 633        | 348  | 585          | 311  | 373           | 185  | 471           | 238  | 409      | 201  |      |  |
| 9   | 651            | 385  | 656         | 391  | 625        | 338  | 577          | 303  | 365           | 178  | 467           | 233  | 397      | 197  |      |  |
| 10  | 642            | 378  | 648         | 381  | 617        | 326  | 570          | 296  | 355           | 170  | 461           | 225  | 384      | 192  |      |  |
| 11  | 634            | 370  | 641         | 372  | 608        | 316  | 564          | 290  | 348           | 162  | 451           | 220  | 374      | 189  |      |  |
| 12  | 626            | 363  | 635         | 363  | 595        | 308  | 560          | 285  | 344           | 155  | 446           | 212  | 362      | 181  |      |  |
| 13  | 619            | 356  | 626         | 355  | 580        | 300  | 555          | 281  | 339           | 150  | 437           | 205  | 350      | 178  |      |  |
| 14  | 609            | 351  | 620         | 347  | 570        | 293  | 549          | 275  | 333           | 147  | 430           | 193  | 340      | 173  |      |  |
| 15  | 598            | 343  | 611         | 339  | 562        | 287  | 542          | 270  | 326           | 143  | 422           | 188  | 333      | 169  |      |  |
| 16  | 590            | 335  | 599         | 334  | 555        | 282  | 530          | 260  | 318           | 140  | 414           | 185  | 326      | 161  |      |  |
| 17  | 585            | 330  | 590         | 331  | 549        | 275  | 520          | 252  | 309           | 135  | 399           | 180  | 320      | 154  |      |  |
| 18  | 579            | 323  | 580         | 328  | 542        | 269  | 513          | 245  | 303           | 130  | 385           | 176  | 315      | 150  |      |  |
| 19  | 570            | 319  | 572         | 324  | 534        | 264  | 507          | 240  | 295           | 124  | 372           | 169  | 307      | 145  |      |  |
| 20  | 560            | 315  | 564         | 319  | 525        | 261  | 501          | 235  | 288           | 120  | 360           | 163  | 301      | 141  |      |  |
| 21  | 553            | 312  | 551         | 313  | 512        | 255  | 495          | 232  | 282           | 115  | 349           | 155  | 296      | 135  |      |  |
| 22  | 545            | 307  | 545         | 309  | 501        | 248  | 488          | 226  | 278           | 110  | 339           | 150  | 290      | 132  |      |  |
| 23  | 538            | 301  | 539         | 306  | 491        | 243  | 480          | 220  | 274           | 103  | 331           | 147  | 285      | 130  |      |  |
| 24  | 526            | 295  | 530         | 301  | 482        | 240  | 467          | 215  | 270           | 96   | 324           | 141  | 278      | 125  |      |  |
| 25  | 518            | 288  | 520         | 294  | 474        | 235  | 456          | 211  | 266           | 88   | 318           | 136  | 275      | 121  |      |  |
| 26  | 511            | 284  | 509         | 288  | 461        | 229  | 446          | 204  | 261           | 84   | 313           | 134  | 270      | 116  |      |  |
| 27  | 503            | 282  | 500         | 283  | 450        | 225  | 438          | 200  | 257           | 79   | 309           | 130  | 264      | 111  |      |  |
| 28  | 495            | 279  | 493         | 277  | 440        | 220  | 433          | 195  | 251           | 74   | 304           | 126  | 259      | 107  |      |  |
| 29  | 485            | 275  | 488         | 274  | 435        | 214  | 427          | 190  | 245           | 71   | 298           | 119  | 253      | 102  |      |  |
| 30  | 480            | 271  | 480         | 269  | 428        | 209  | 420          | 183  | 237           | 67   | 290           | 115  | 249      | 98   |      |  |
| 31  | 471            | –    | 470         | –    | 421        | –    | 412          | –    | 230           | –    | 285           | –    | 245      | –    |      |  |

Таблица 7

| № участка | Наименования водомерных постов и ТОС | Расстояния в км |                | Рабочие уровни |             | Приведенные уровни на 1.06 |             |                     |             | Падение уровня в м      | Уклон $i \cdot 10^6$ |
|-----------|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------------------|----------------------|
|           |                                      | от устья        | между постами  | дата           | отметка в м | по расстояниям             |             | по разности отметок |             |                         |                      |
|           |                                      |                 |                |                |             | срезка в м                 | отметка в м | срезка в м          | отметка в м |                         |                      |
| 1         | 2                                    | 3               | 4              | 5              | 6           | 7                          | 8           | 9                   | 10          | 11                      | 12                   |
| 1         | в/п Трехостровская                   | 512             | 50<br>29<br>42 | 15.06          | 29.60       | -1.20                      | 30.80       | -1.20               | 30.80       | +2.26<br>+1.45<br>+2.40 | 45<br>50<br>57       |
|           | ТОС Сиротинская                      | 562             |                | -- // --       | 31.85       | -1.21                      | 33.06       | -1.21               | 33.06       |                         |                      |
|           | ТОС Новогригорьевская                | 591             |                | -- // --       | 33.30       | -1.21                      | 34.51       | -1.21               | 34.51       |                         |                      |
|           | в/п Перекопская                      | 633             |                | -- // --       | 35.69       | -1.22                      | 36.91       | -1.22               | 36.91       |                         |                      |
| 2         | в/п Перекопская                      | 633             | 58<br>30<br>44 | 10.06          | 36.11       | -0.80                      | 36.91       | -0.80               | 36.91       | +3.69<br>+2.13<br>+3.75 | 64<br>71<br>85       |
|           | ТОС Раслопинская                     | 691             |                | -- // --       | 39.76       | -0.84                      | 40.60       | -0.83               | 40.59       |                         |                      |
|           | ТОС Серафимовичи                     | 721             |                | -- // --       | 41.87       | -0.86                      | 42.73       | -0.85               | 42.72       |                         |                      |
|           | в/п Крутовский                       | 765             |                | -- // --       | 45.59       | -0.89                      | 46.48       | -0.89               | 46.48       |                         |                      |

## Технология строительства

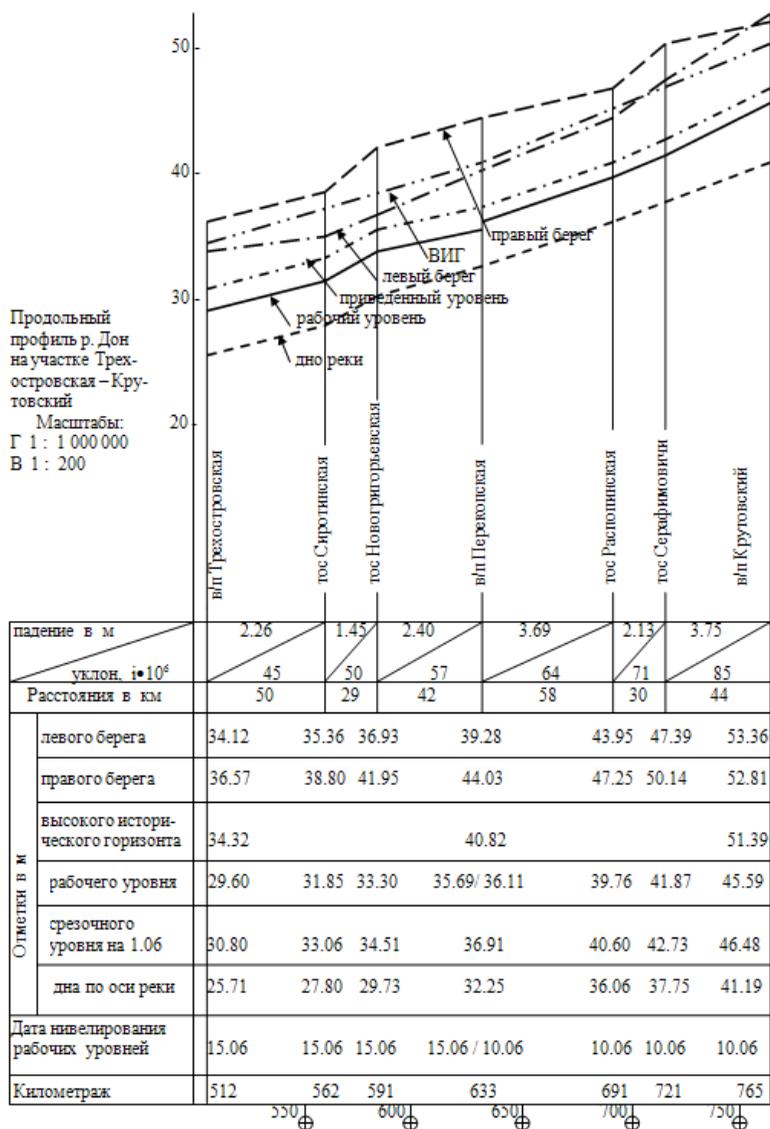


Рис. 3. Продольный профиль участка реки