

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА**

**Кафедра изысканий и проектирования
транспортных коммуникаций**

В.А. ПОДКОПАЕВ

**ВОДНЫЕ ПУТИ,
РЕЧНАЯ ГИДРАВЛИКА**

**(Методические указания
к лабораторным работам)**

**Одобрены советом факультета
"Управление процессами перевозок"**

Гомель 1995

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА

Кафедра изысканий и проектирования
транспортных коммуникаций

В.А. ПОДКОПАЕВ

ВОДНЫЕ ПУТИ,
РЕЧНАЯ ГИДРАВЛИКА

(Методические указания
к лабораторным работам)

Одобрены советом факультета
"Управление процессами перевозок"

Гомель 1995

УДК 627.1 (076.5)

Подкопаев В.А.

Водные пути, речная гидравлика: Метод. указания к лабораторным работам / Белорус. гос. ун-т трансп. - Гомель: БелГУТ, 1995.
- 24 с.

Приведены сведения о порядке выполнения лабораторных работ по дисциплине "Водные пути, речная гидравлика" для студентов специализации "Организация перевозок и управление на транспорте (водном)". Методические указания по каждой работе включают последовательность подготовки исходных данных, методику выполнения и порядок оформления работы.

Рецензент - В.Ф. Стефаненко, гл. специалист по инженерным изысканиям, мерудным материалам и капитальному строительству Белорусского речного пароходства

Учебное издание

Виталий Алексеевич Подкопаев

Водные пути, речная гидравлика

Редактор Н.А. Дашкевич. Технический редактор
Ж.Л. Хороневич. Корректор И.И. Звентов.
Мл. редактор В.Н. Кучерова

Подписано в печать 25.04.95 г. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага тип. № 1. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,26.
Тираж 150 экз. Зак. № 1422. Изд. № 2936.

Редакционно-издательский отдел БелГУТа,
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

Ротапринт типографии БелГУТа,
246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

© В.А. Подкопаев, 1995.

ВВЕДЕНИЕ

Инженер по организации перевозок и управлению на речном транспорте должен иметь достаточные знания о законах движения речного потока, требованиях судоходства, габаритах внутренних водных путей, способах улучшения судоходных условий. Он должен уметь определить основные параметры, характеризующие водный режим реки, построить продольный и поперечный профили русла реки, составить план реки, решать задачи обеспечения судоходных условий на затруднительных участках.

Цель данных методических указаний - закрепить знание теоретического курса по некоторым разделам дисциплины "Водные пути, речная гидравлика".

Методические указания включают пять лабораторных работ и составлены в соответствии с программой курса в пределах выделенного учебным планом для их выполнения объема часов. Цикл лабораторных работ предусматривается проводить как на полигоне (участок реки), так и в лаборатории университета. Перед началом работ студент проходит инструктаж по технике безопасности при выполнении измерений на участке реки. Часть измерений студент может выполнить во время учебной практики.

Отчеты по лабораторным работам оформляются в отдельных тетрадях. Пояснительная часть отчета должна быть достаточно подробной, текст и рисунки - четкими и аккуратными.

Отчет по каждой работе включает: наименование работы и ее порядковый номер; цель работы; данные экспериментальных замеров и результаты их обработки; расчеты; графики; выводы и литературу, которой студент пользовался при изучении теоретической части работы и непосредственном ее выполнении.

При подготовке данных методических указаний автор использовал опыт, накопленный в Санкт-Петербургском и Московском институтах водного транспорта.

Лабораторная работа № I

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ РЕЧНОГО ПОТОКА

Цель работы. Приобретение навыков измерения скорости течения речного потока различными способами.

Исходные данные. Участок реки, в пределах которого необходимо измерить скорость течения.

Состав задания.

1. Изучить способы измерения скорости течения.
2. Изучить устройство и порядок работ гидromетрической вертушки.
3. Выполнить схематический чертёж, отражающий способ измерения скорости течения.
4. Результаты измерений занести в таблицу.
5. Рассчитать скорость течения речного потока.
6. Оформить отчет.

Указания к выполнению задания.

1. Для измерения скорости течения речного потока применить следующие способы:

1.1. С помощью поплавков. Поплавки используются для приближенного измерения скорости течения. Они бывают поверхностные (рис. 1.1) и глубинные (рис. 1.2), представляющие собой шест с грузом.

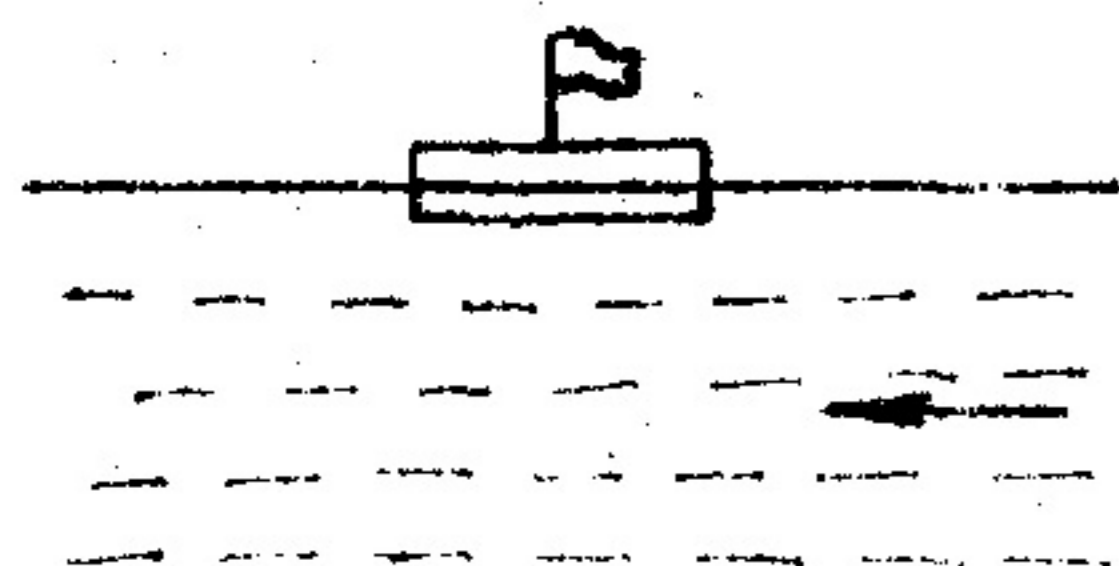


Рис. 1.1. Поверхностный поплавок

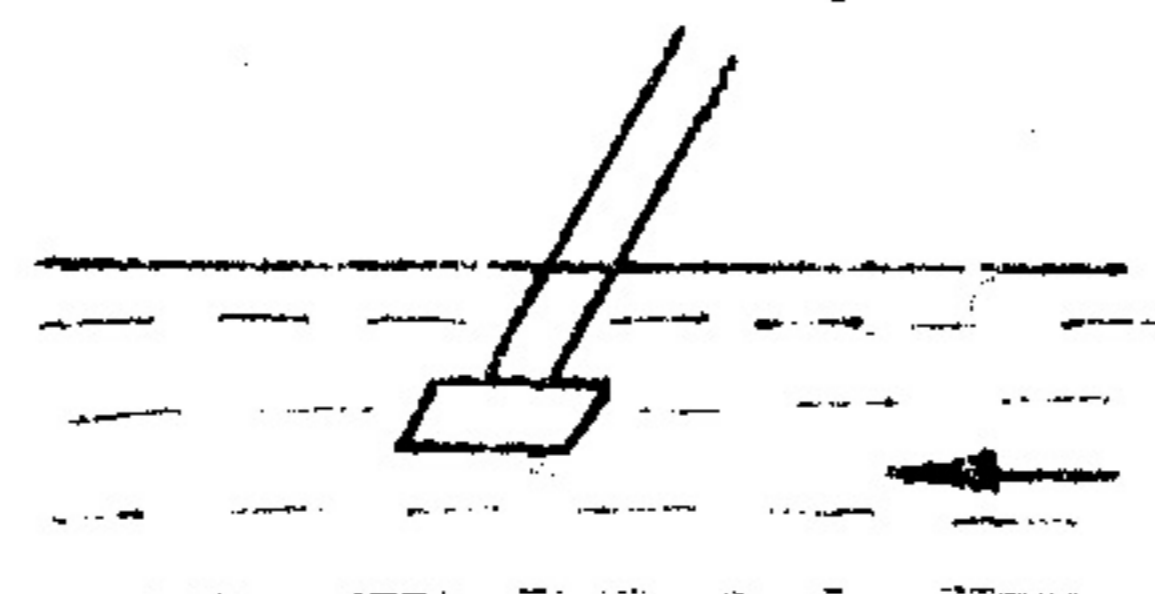


Рис. 1.2. Глубинный поплавок

При пользовании поплавками на берегу вдоль реки определяют базис длиной 50 - 100 м. На концах базиса при помощи четырех вешек устанавливают два перпендикулярных ему створа. Выше первого створа, расположенного по течению, забрасывается поплавок и фиксируется время пересечения им первого и второго створов. Зная расстояние между створами l и время его прохождения поплавком t , вычисляют скорость движения поплавка по формуле $v = l / t$. Выполняют 3 - 4 измерения, по которым

определяется скорость течения. Результаты измерений заносятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Номер измерения	Расстояние между створами l , м	Время прохождения расстояния l поплавком, с	Скорость движения поплавка, м/с	Средняя скорость течения, м/с
1				
2				
3				
4				

1.2. С помощью гидromетрической вертушки: а) устройство гидromетрической вертушки. Вертушка состоит из оси 1, на которую насажены лопасти 2, при помощи которых эта ось вращается. Сзади корпуса вертушки 3 прикреплен руль 4, ставящий лопасти против течения. На оси насажен счетчик оборотов, фиксирующий звонком каждые 25 или 50 оборотов оси (рис. 1.3);

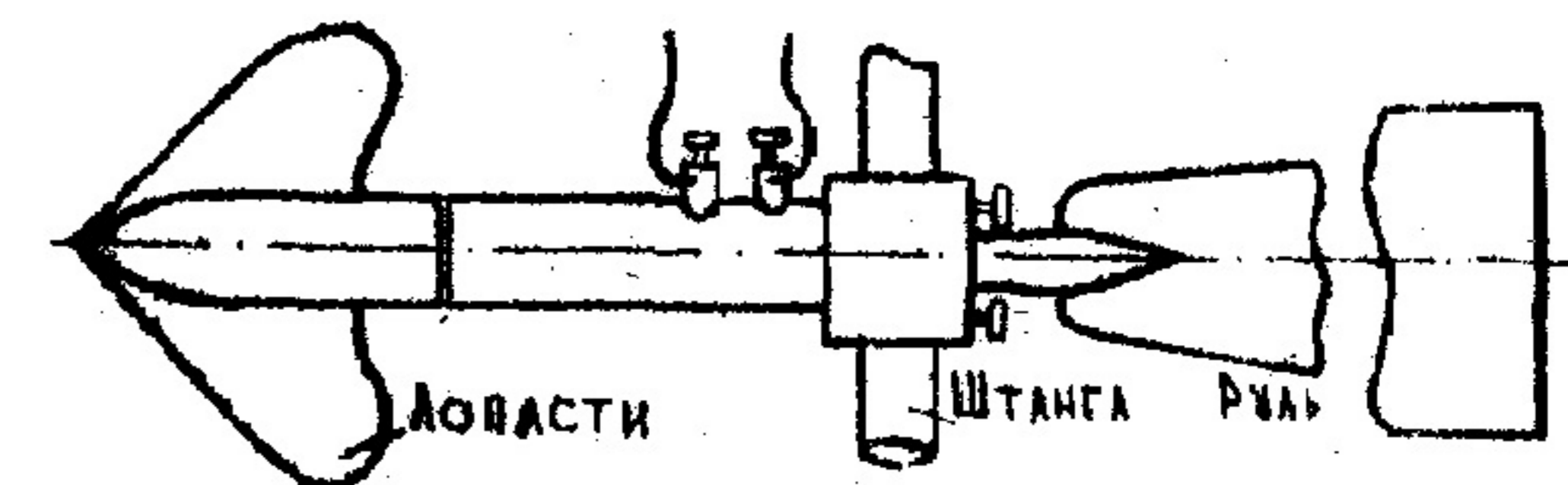


Рис. 1.3. Гидрометрическая вертушка

б) вертушками скорость течения может определяться в любой точке потока. На штанге 1 или тросе с грузом (рис. 1.4) вертушка опускается на заданную глубину. Под действием течения на хвост-руль 2 вертушка поворачивается лопастями 3 против течения, и вода приводит их во вращение. Чем больше скорость течения, тем быстрее вращаются лопасти. Каждому значению скорости течения соответствует определенное число оборотов лопастей в единицу времени. Результаты измерений заносятся в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Номер измерения	Заглубление точки Т, м	Полное количество оборотов вертушки N	Время измерения, с	Частота вращения лопастей n, 1/с	Скорость воды в точке измерения v, м/с	Средняя скорость течения v, м/с
1						
2						
3						

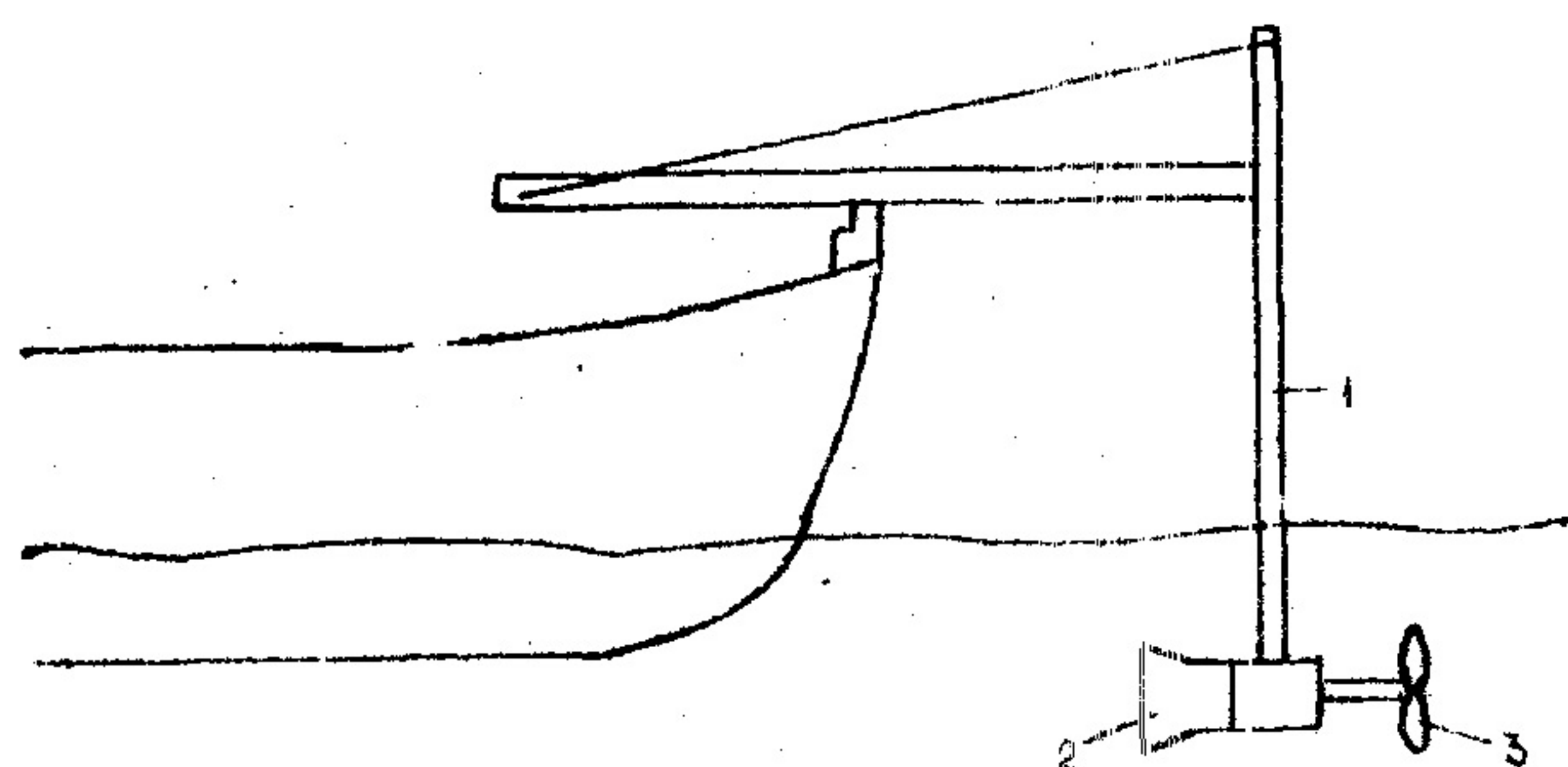


Рис. 1.4. Схема измерения скорости течения с помощью гидрметрической вертушки

2. По результатам выполненных измерений определить частоту вращения лопастного винта, об/с,

$$n = N/t.$$

По частоте вращения определить скорость течения с помощью таблиц или по формуле, установленной сертификатом, который выдается после тарирования каждой вертушки в специальной лаборатории. Результаты расчетов занести в табл. 1.2.

3. Частота вращения лопастей вертушки вычислить до трех значащих цифр. Скорость течения воды округляется до 0,01 м/с.

Лабораторная работа № 2

ПОСТРОЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО (ШИВОГО) СЕЧЕНИЯ РЕКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ

Ц е л ь р а б о т ы. Приобретение практических навыков съемки

и построения профиля поперечного сечения реки и определения расхода воды.

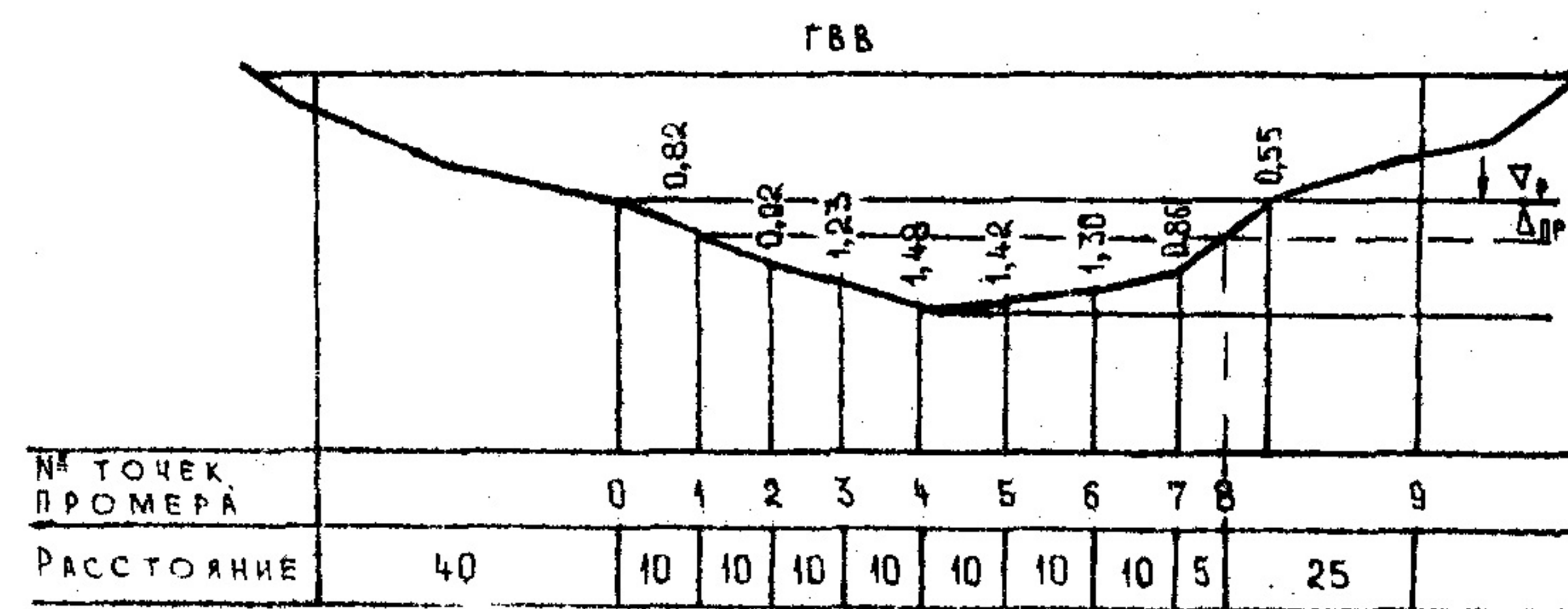
Исходные данные. Створ оси трассы через реку в месте исследуемой ее части.

Состав задания.

1. Изучить порядок и последовательность проведения съемки поперечного сечения реки и определения расхода воды.
2. Произвести на местности съемку поперечного сечения реки промерами глубин через 5 - 10 м.
3. На миллиметровой бумаге составить профиль поперечного сечения реки в масштабах: горизонтальном - 1:1000 и вертикальном - 1:100.
4. Определить площадь поперечного сечения реки.
5. Рассчитать расход воды в реке.
6. Оформить отчет.

Указания к выполнению задания.

1. Створ оси трассы через реку закрепить на берегах кольяками, на которых следует записать их пикетные значения. При ширине реки более 20 м рекомендуется перебросить через реку трос, размеченный с интервалом 5 - 10 м.
2. При помощи наметки или вехи с лодки промерить через установленные интервалы глубины реки и записать отсчет на схематическом чертеже, как показано на рис. 2.1.



∇_p - отметки бокового уровня воды

Рис. 2.1. Схематический чертеж поперечного сечения реки

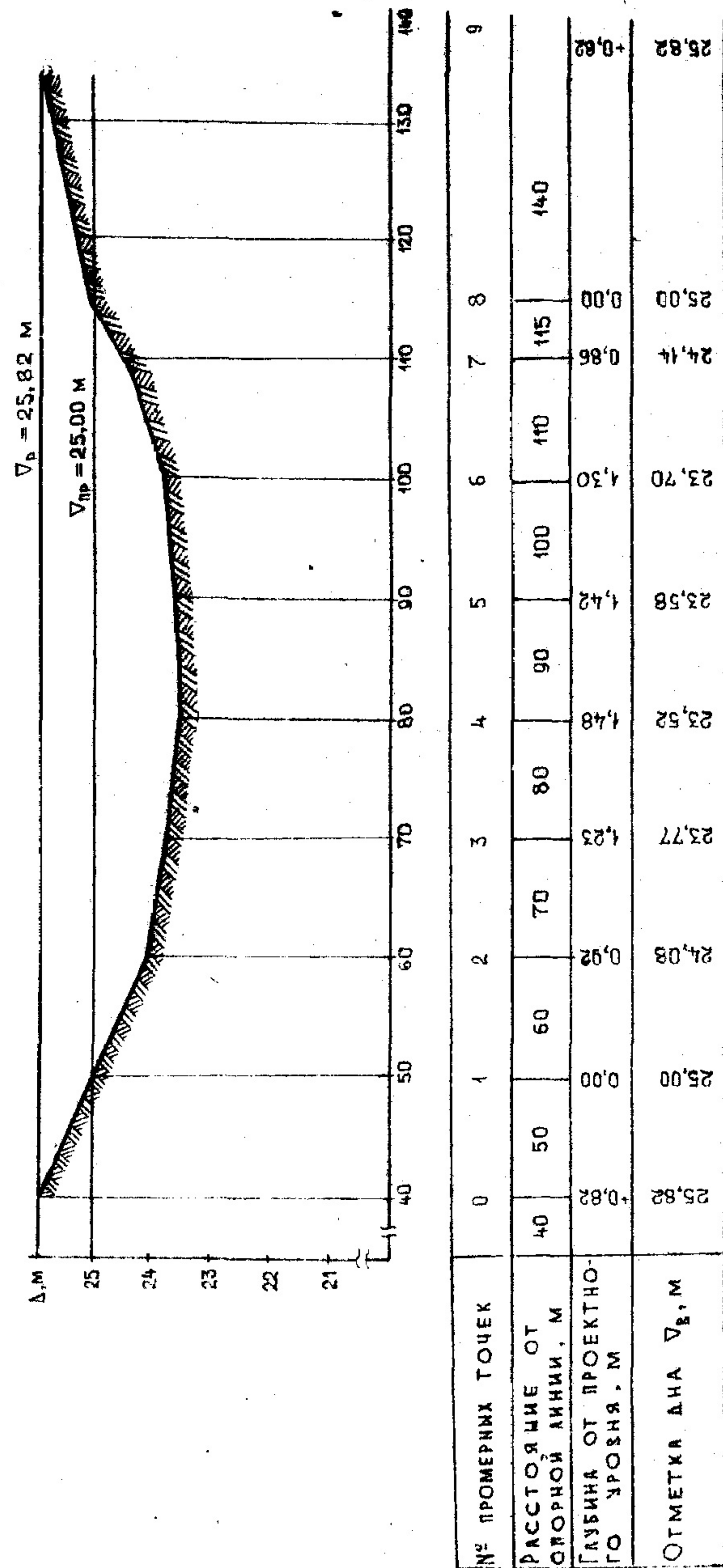


Рис. 2.2. Профиль поперечного (живого) сечения реки

3. Определить отметки рабочего и проектного уровней воды и горизонта высоких вод. Для этого необходимо произвести привязку к пронивелированным точкам трассы или заданной отметке. Затем вычислить отметки рабочего уровня воды.

4. Определить отметки дна реки, вычитая из рабочей отметки в точках промера измеренные глубины. Составить профиль поперечного сечения реки (рис. 2.2).

5. Рассчитать среднюю площадь поперечного сечения $F_{\text{ср}}$ путем умножения средней глубины (среднее арифметическое глубин в точках промера) на ширину реки.

6. По формуле $Q = F_{\text{ср}} V_{\text{ср}}$ вычислить расход воды в реке. При этом среднюю скорость течения принять из предыдущей лабораторной работы.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ И СУДОХОДНОЙ ГЛУБИНЫ

Цель работы. Приобретение навыков наблюдения, подготовки и обработки информации о колебаниях уровня воды, определения судоходной глубины и продолжительности периода навигации.

Исходные данные. I. Сведения о положении ежедневных уровней воды, наблюдаемых студентом на водомерном посту, а также по данным гидрологического ежегодника.

2. Данные о положении проектного уровня, отметке низа пролетного строения моста или линии электропередачи и гарантированной глубины судоходного хода (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Вариант задания	$\nabla_{\text{в.п.}}, \text{ м}$	$H_{\text{лр}}, \text{ м}$	$T_{\text{г}}, \text{ м}$	$\nabla_{\text{м}}, \text{ м}$	$\nabla_{\text{каб}}, \text{ м}$
1	46,87	0,35	1,00	66,13	-
2	38,36	0,20	1,00	58,31	-
3	30,49	0,45	1,00	-	56,19
4	25,53	0,50	1,50	45,80	-
5	22,98	0,50	1,50	42,35	-
6	17,35	0,00	1,50	-	42,70
7	10,08	0,60	1,80	31,19	-
8	7,62	0,60	1,80	29,70	-
9	4,67	1,00	2,10	25,18	-

Вариант задания	$\nabla_{в.п.}, м$	$H_{пр}, м$	$T_{г}, м$	$\nabla_{м}, м$	$\nabla_{каб}, м$
10	47,14	0,45	0,80	-	72,12
11	38,48	0,20	3,10	60,68	-
12	27,87	3,80	3,10	-	59,40
13	20,24	2,50	3,10	43,56	-
14	66,36	- 0,10	3,30	87,28	-
15	54,32	0,30	3,50	75,70	-
16	51,08	0,00	3,50	-	77,59
17	49,78	0,80	3,50	71,48	-
18	47,73	2,00	3,50	-	75,02
19	104,64	- 1,50	0,70	125,65	-
20	115,64	- 1,00	0,70	-	142,61
21	98,13	0,35	0,70	118,26	-
22	67,19	- 0,95	0,90	88,19	-
23	61,23	1,25	0,90	84,15	-
24	98,64	- 0,05	0,90	-	123,68
25	95,27	0,45	0,80	-	122,22
26	82,33	- 0,25	0,80	102,82	-

- Состав задания. I.** Описать оборудование водомерного поста и порядок измерения фактического положения уровня воды.
2. Построить навигационный график колебаний уровня воды.
 3. Определить продолжительность навигации и амплитуду колебаний уровня.
 4. Определить фактическую судоходную глубину и надводную габаритную высоту на пике половодья при минимальном навигационном уровне воды, а также при трех промежуточных положениях уровня (выбираются студентом самостоятельно).

Указания к выполнению задания.

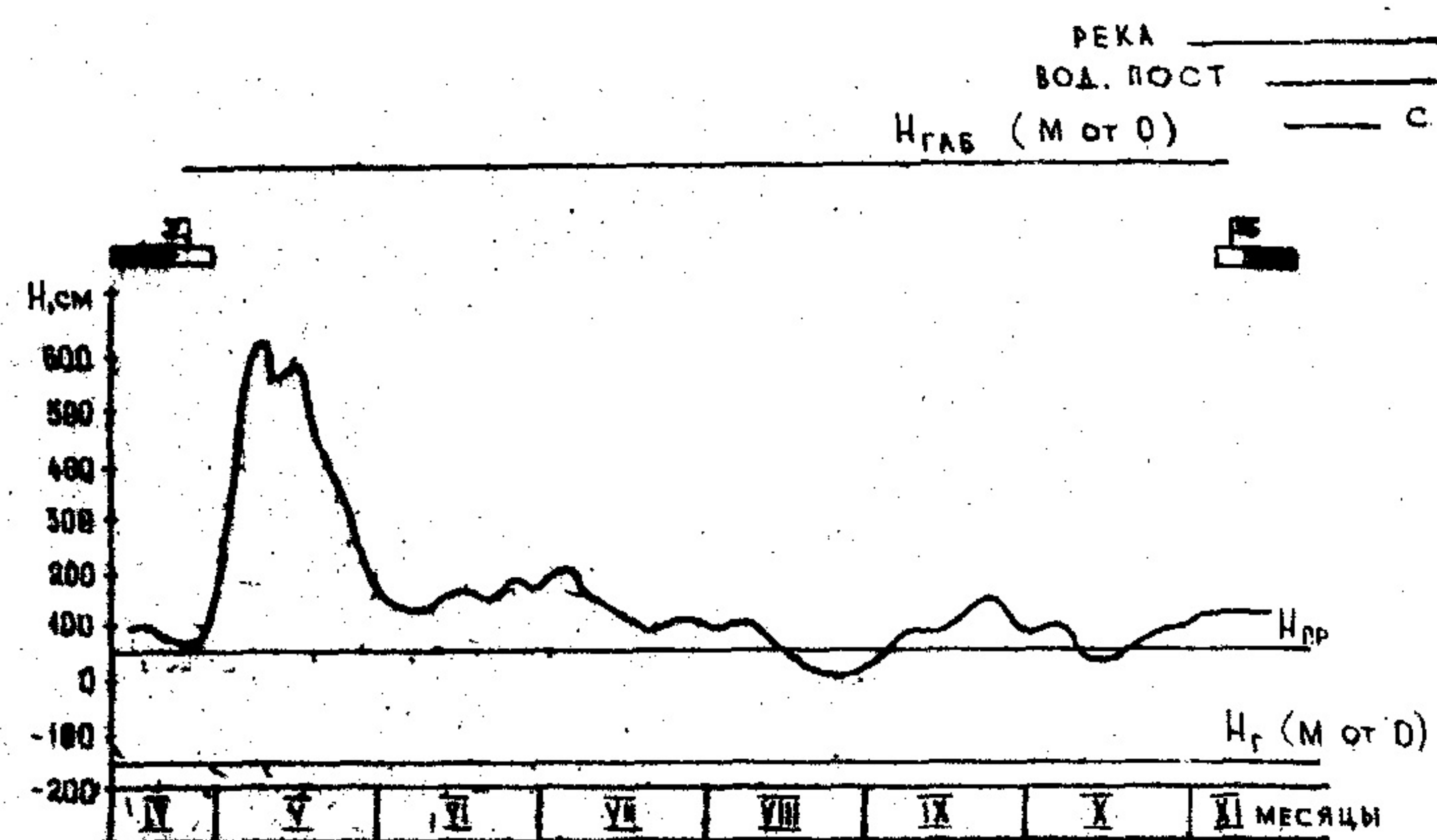
1. На водомерном посту необходимо ознакомиться с оборудованием и порядком измерения положения уровня воды.
 2. Таблица наблюдений за положением ежедневных уровней для водомерного поста за год составляется по форме табл. 3.2.
- В табл. 3.2 отражаются периоды ледостава, ледохода густого и редкого, шугохода густого и редкого, сало и забереги.

Высота нуля графика Водност

Число месяца	Месяц											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												

3. Построение навигационного графика колебаний уровня воды (см. рисунок) производится на листе миллиметровой бумаги формата А3 (297x420 мм). Горизонтальная ось графика соответствует времени в масштабе 1 мм - 1 сутки. Месяцы и декады на графике разделяются вертикальными линиями. По вертикальной оси графика откладывается положение уровня относительно нуля графика водомерного поста. При этом масштаб, в зависимости от амплитуды колебаний уровня, рекомендуется выбирать из следу-

ощего ряда: 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200.



Навигационный график колебаний уровня реки

4. На график и таблицы ежедневных уровней наносят точки, начиная за 10 - 15 дней до ледохода и заканчивая 10 - 15 днями после ледохода.

5. Над кривой графика приводят обозначения ледовой обстановки и флажками начало и окончания фактической навигации. При этом отмечают следующие даты:

- начало весеннего ледохода (первая подвижка льда или первый день ледохода);
- окончание весеннего ледохода;
- появление шуги или начало осеннего ледохода;
- начало ледостава (установление ледяного покрова).

Первый день начала физической навигации приходится на дату, следующую за последним днем весеннего ледохода. За дату окончания физической навигации принимают день, предшествующий дате появления шуги или начала осеннего ледохода.

Начало фактической навигации при выполнении данной расчетно-графической работы рекомендуется совместить с началом физической навигации или принять на несколько (до 5) дней раньше последней. Окончание фактической навигации рекомендуется принять на 1 - 5 дней позже даты окончания физической навигации.

6. Данные о продолжительности навигации и диапазоне колебаний

уровня представляют в табл. 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

Характеристика навигации	Навигация	
	физическая	фактическая
Дата начала		
Дата окончания		
Продолжительность, дн.		

Таблица 3.4

Характеристика уровней	Уровни, см, даты		
	за год	за фактическую навигацию	за зимний период
Наивысший			
Наинизший			
Средний			
Амплитуда колебаний			

В табл. 3.4 рядом со значениями наивысшего и наинизшего уровней указывают даты их стояния. Средние значения уровней за год и за фактическую навигацию определяют как среднее арифметическое всех значений уровня за соответствующие периоды из таблицы уровней. Амплитуду колебаний уровня находят как разность наивысшего и наинизшего уровней за соответствующие периоды.

7. Для наглядной характеристики фактических глубин в районе водпоста на графике колебаний уровня следует провести горизонтальные линии, соответствующие положению проектного уровня воды и условного дна судового хода (при гарантированной глубине) относительно нуля графика водпоста.

Превышение $H_{пр}$ проектного уровня над нулем графика определяется по формуле

$$H_{пр} = \nabla_{пр} - \nabla_{вл}$$

где $\nabla_{пр}$ и $\nabla_{вл}$ - соответственно отметки проектного уровня и нуля водпоста над общей условной или абсолютной плоскостью отсчета.

Положение $H_{г}$ условного дна при гарантированной глубине судового хода определяется как разность

$$H_{г} = H_{пр} - T_{г}$$

где T_r - гарантированная глубина.

Кроме этого на графике следует провести горизонтальную линию, определяющую надводный габарит $H_{габ}$ водного пути. Если этот габарит определяется мостом, то линия соответствует высотному положению низа строения моста относительно нуля графика водпоста:

$$H_{габ} = \nabla_M - \nabla_{вп},$$

где ∇_M - отметка низа строения моста в общей с нулем графика системе отсчета.

Если высотный надводный габарит определяется линией электропередачи, то горизонтали на графике следует проводить на величину $\Delta h_{каб}$ ниже фактической высотной отметки кабелей:

$$H_{габ} = H_{каб} - \Delta h_{каб},$$

где $H_{каб}$ - высотная отметка нижней точки провисания кабелей относительно нуля водомерного поста;

$$\Delta h_{каб} = \Delta h_{пр} + \Delta h_{э},$$

$\Delta h_{пр}$ - диапазон колебаний провисания кабелей в связи с изменением температуры и по другим причинам; $\Delta h_{э}$ - запас на предотвращение разряда через воздушный промежуток на мачту судна, зависящий от напряжения ЛЭП.

При выполнении задания допускается принимать значения $\Delta h_{пр}$ в диапазоне 2...3 м, $\Delta h_{э}$ - 2...6 м.

Если по вертикальному масштабу графика горизонтали надводного габарита и условного дна выходят за пределы графика или располагаются неудобно, то допускается провести их произвольно, без соблюдения вертикального масштаба, но необходимо указать фактическое значение отметок $H_{габ}$ и H_r относительно нуля графика.

Вид графика колебаний уровня с нанесенными пометками и линиями показан на рис. 3.1. Линию хода уровня и обозначения ледовой обстановки рекомендуется изобразить синим цветом, проектный уровень и флажки границ навигации - красными, условное дно - коричневым, линию высотного габарита - зеленым. Все остальное - черным цветом.

Рядом с графиком на свободных площадях листа следует расположить три таблицы, заполняемые по образцам табл. 3.3, 3.4, 3.5.

8. Фактические глубины водного пути в районе данного водпоста в различные моменты навигации определяются в предположении соблюдения гарантированной глубины судового хода.

Фактическая минимальная глубина на судовом ходу

$$T_{ф} = T_r + \Delta H,$$

где T_r - гарантированная глубина; ΔH - срезка уровня.

Величина срезки определяется как разность рабочего (фактического) и проектного уровней: $\Delta H = H_p - H_{пр}$.

Если фактический уровень выше проектного, то величина срезки положительна, если ниже, то срезка отрицательна.

Фактическая глубина определяется в табличной форме (табл. 3.5).

Т а б л и ц а 3.5

Характеристика уровней	Дата	Рабочий уровень, H_p , м	Срезка ΔH , м	Фактическая глубина $T_{ф}$, м	Фактический надводный габарит $h_{габ}$, м
Максимальный навигационный					
Минимальный навигационный					
Промежуточные					

9. Фактические надводные габариты при выполнении данной работы определяются в предположении близкого взаимного расположения водпоста и надводного перехода.

Надводный габарит равен разности высотной отметки $H_{габ}$ и фактического уровня воды H_p : $h_{габ} = H_{габ} - H_p$.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОГО РЕЖИМА РЕКИ

Ц е л ь р а б о т ы. Приобретение практических навыков измерения и расчета параметров, характеризующих водный режим реки.

Исходные данные. 1. Задается положение скоростных вертикалей (3-4) по сечению русла в гидрометрическом створе. Расстояние от уреза воды до скоростных вертикалей (L) и ширина русла устанавливаются студентом самостоятельно или задаются преподавателем.

2. Результаты измерения глубины $T_{в}$ на скоростных вертикалях заносят в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

Вертикаль 1		Вертикаль 2		Вертикаль 3		Вертикаль 4	
$T_B, м$	$L, м$	$T_B, м$	$L, м$	$T_B, м$	$L, м$	$T_B, м$	$L, м$

3. Результаты измерений скорости течения вертушкой в нескольких точках скоростной вертикали (поверхностная; $0,2T_B$; $0,6T_B$; $0,8T_B$; дно) гидрометрического створа заносят в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2

Номер скоростной вертикали	Заглубление точки измерения, м	Количество оборотов вертушки	Продолжительность измерения
	Поверхность воды		
	$0,2 T_B$		
	$0,6 T_B$		
	$0,8 T_B$		
	Дно		

Состав задания. I. На участке реки разбить гидрометрический створ, определить положение и расстояние до скоростных вертикалей, вертушкой произвести измерение скорости течения в нескольких точках по глубине каждой скоростной вертикали. Результаты измерений занести в табл. 4.1 и 4.2.

2. Вычислить скорости течения в точках сечения русла по гидрометрическому створу.

3. Построить эпюры скорости на вертикалях.

4. Вычислить среднюю скорость по сечению русла и расход воды в реке.

Указания к выполнению задания.

I. По данным измерений, приведенным в табл. 4.2, вычислить скорость течения в точках измерений. Для этого определяют частоту вращения лопастного винта вертушки, $n = N/t$, об/с, где N – полное количество оборотов за время измерения; t – продолжительность измерения, с.

По частоте вращения с помощью расчетной формулы вертушки находят скорость течения в точке измерения:

$$v = nR\sqrt{\frac{b}{a}},$$

$$R = 0,05 м,$$

где a и b – коэффициенты, определяемые для каждой вертушки путем тарирования в специальном бассейне. При выполнении работы рекомендуется принять во всех вариантах одинаковые значения этих коэффициентов: $a = 0,04$ и $b = 0,60$.

Результаты расчетов оформляются в виде табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3

Номер вертикали	Заглубление точки измерения $T, м$	Количество оборотов N	Время измерения $t, с$	Частота вращения лопастей $n, 1/с$	Скорость воды в точке измерения $v, м/с$
1					
2					
3					

Заглубление точек измерения скорости на вертикалях определяют следующим образом. Верхнюю и нижнюю точки совмещают соответственно с поверхностью воды и с дном. Следовательно, в точке измерения скорости у поверхности $T = 0$, а в точке у дна $T = T_B$. Промежуточные точки получают умножением коэффициентов из табл. 4.2 ($0,2$; $0,6$; $0,8$) на заданную глубину соответствующей скоростной вертикали.

Вычисления частоты вращения лопастей вертушки производят с точностью до трех значащих цифр. Скорость течения воды округляют до $0,01 м/с$.

2. По заданным в табл. 4.1 глубинам и расстояниям между вертикалями на листе миллиметровой бумаги формата I2 вычерчивается упрощенный профиль русла реки в гидрометрическом створе (рис. 4.1) и вычисляется площадь живого сечения потока. Рекомендуются горизонтальный масштаб $1 : 1000$, вертикальный – $1 : 100$.

Площадь живого сечения, $м^2$, определяют суммированием образующих его треугольников и трапеций. При полученных в табл. 4.1 расстояниях между вертикалями и от урезов воды до крайних вертикалей формула площади имеет следующий вид: $S_{ж} = 35 T_{B1} + 30 T_{B2} + 25 T_{B3}$.

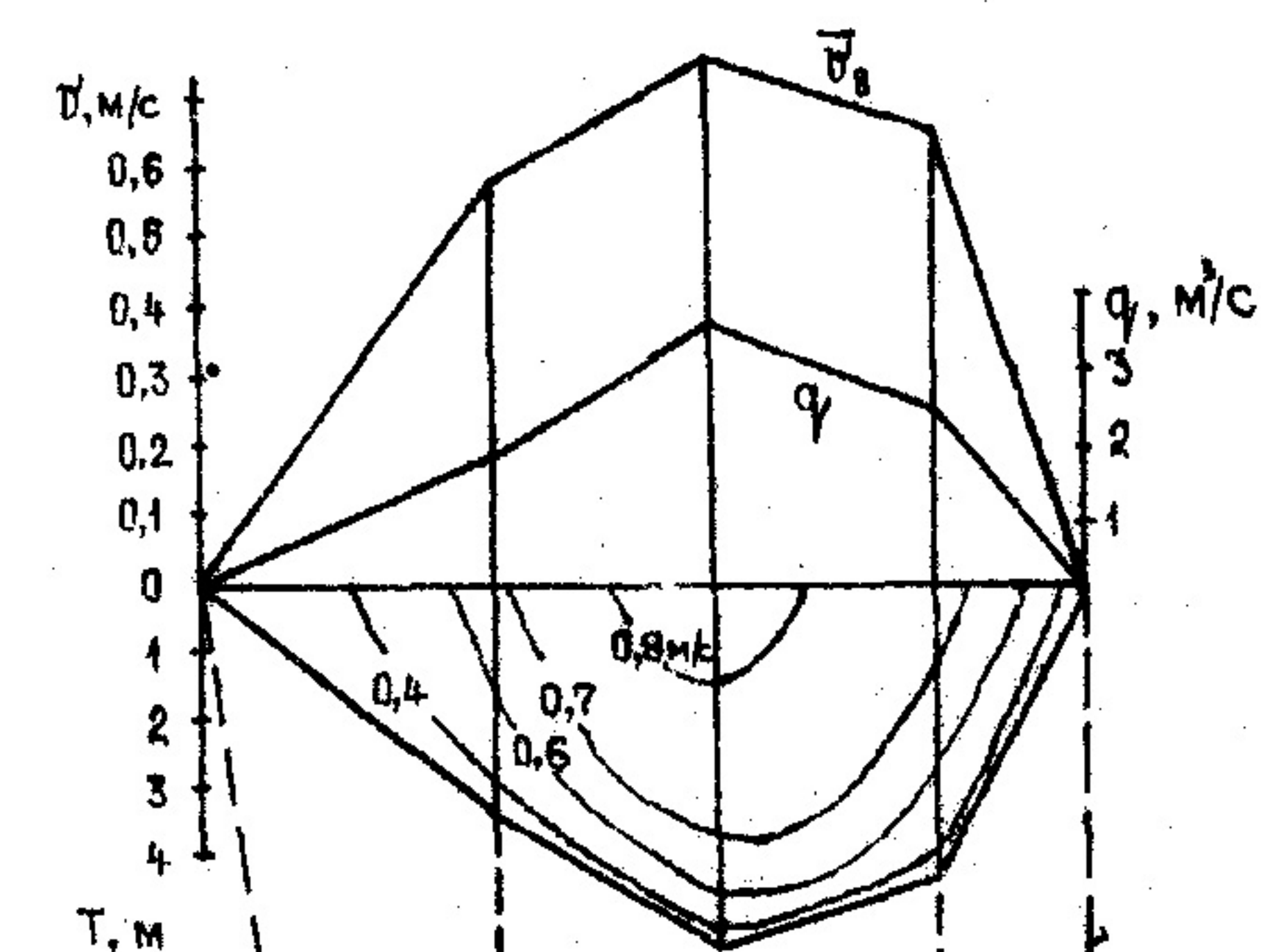
По площади сечения находят среднюю глубину русла в гидрометрическом створе, $м$:

$$T_{ср} = S_{ж} / B,$$

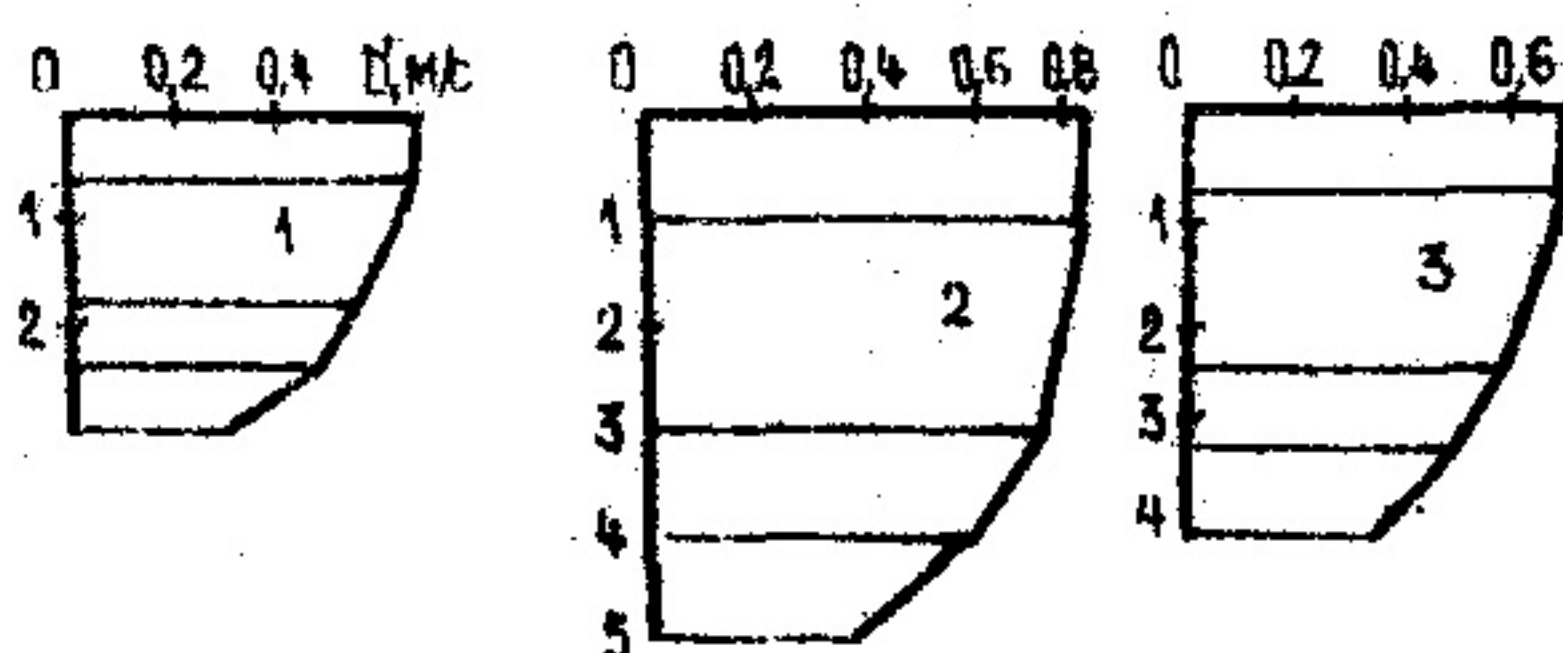
где B – ширина русла по поверхности воды.

3. Под схематическим профилем русла реки вычерчивают эпюры скорос-

тей течения для трех вертикалей (см. рисунок), характеризующие изменение скорости по глубине потока. Рекомендуется принять вертикальный масштаб 1:100, масштаб для скорости: в 1 см - 0,2 м/с.



№/№ ВЕРТ	А.Б.	1	2	3	П.Б.
$T, м$	0	40	70	100	120
$v_B, м/с$	0				0
$q, м^3/с$	0				0



Упрощенный поперечный профиль русла реки в гидрометрическом створе и эпюры скоростей течения

Результаты расчетов средних скоростей и элементарных расходов на вертикалях оформляются в виде табл. 4.4.

Т а б л и ц а 4.4

№ п/п	Глубина $T_B, м$	Скорость $v_B, м/с$	Элементарный расход $q, м^3/с$
1			
2			
3			

4. Вычисленные значения средних скоростей и элементарных расходов на вертикалях используют для построения соответствующих эпюр скорости и элементарного расхода воды по ширине русла.

Эпюры совмещают по горизонтали с чертежом профиля русла и располагают над ним. Рекомендуемые масштабы: скорости - в 1 см - 0,1 м/с, расхода - в 1 см - 1 м³/с.

5. Полный расход воды через гидрометрический створ определяют по эпюре элементарных расходов, вычисляя ее площадь. Так как при выполнении данной работы эпюра изображается сочетанием треугольников и трапеций, площадь ее находят суммированием площадей составляющих фигур. Формула имеет вид

$$Q = \frac{40}{1} \frac{q_1}{2} + \frac{30}{1} \frac{(q_1 + q_2)}{2} + \frac{20}{1} \frac{q_2 + q_3}{2} + \frac{20}{1} \frac{q_3}{2} = 35q_1 + 30q_2 + 25q_3.$$

Среднюю скорость течения воды в гидрометрическом створе, м/с, определяют по формуле $v_{cp} = Q/S_{ж}$.

Лабораторная работа № 5

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА РЕКИ

Ц е л ь р а б о т ы. Изучение и приобретение практических навыков разбивки и выполнения измерений в промерных точках створов и построения плана участка реки, продольных профилей дна и поверхности воды, а также профиля поперечного сечения в промерном створе.

Исходные данные. 1. Опорная линия теодолитного хода на участке реки.

2. Гарантированная глубина судового хода.

Состав задания. 1. На участке реки произвести разбивку промерных створов, определить координаты промерных точек и измерить в этих точках глубины.

2. Построить план участка реки в изобатах относительно проектного уровня.

3. Определить положение оси судового хода.

4. Построить продольный профиль дна и поверхности воды по оси судового хода.

Указания к выполнению задания.

1. На участке реки, как правило, под прямым углом к теодолитному

ходу с заданным интервалом разбивают промерные створы (5 - 8 створов). На каждом из них устанавливают положение промерных точек. Число промерных точек задается преподавателем. Затем находят координаты промерных точек и заносят в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

Номер створа	Расстояние до опорной линии от створа I м	Расстояние B, м, от опорной линии до промерных точек							
		I	2	3	4	5	6	7	...
I									
2									
...									

2. В промерных точках створов производят измерение глубин, результаты которых заносят в табл. 5.2.

Т а б л и ц а 5.2

Номер створа	Глубина в промерных точках T_p , м								
	I	2	3	4	5	6	7	8	...
I									
2									
...									

3. Для построения плана реки на листе ватмана карандашом по данным табл. 5.1 наносят координаты промерных точек в масштабе 1:2000 (рис. 5.1).

Основой построения служит опорная линия, соответствующая теодолитному ходу. Она расположена на левом берегу реки. Под прямым углом к опорной линии располагают промерные створы. Затем на створах по координатам обозначают промерные точки. Нумерация точек идет от опорной линии. При построении плана ее отмечают карандашом слева от створных линий.

4. После внесения промерных точек возле каждой из них справа записывают соответствующую глубину от проектного уровня по данным табл. 5.2. При этом следует иметь в виду, что в таблице приведены рабочие глубины, полученные на момент выполнения промеров. Рабочий уровень H_p принимается по данным водпоста или задается преподавателем.

Для определения глубин относительно проектного уровня на рабочих

глубин надо вычесть срезку, равную превышению рабочим уровнем проектного: $\Delta H = H_p - H_{pr}$.

Глубина в промерных точках относительно проектного уровня $T_{пр} = T_p - \Delta H$.

Вычисление глубины производится с точностью до 0,05 м.

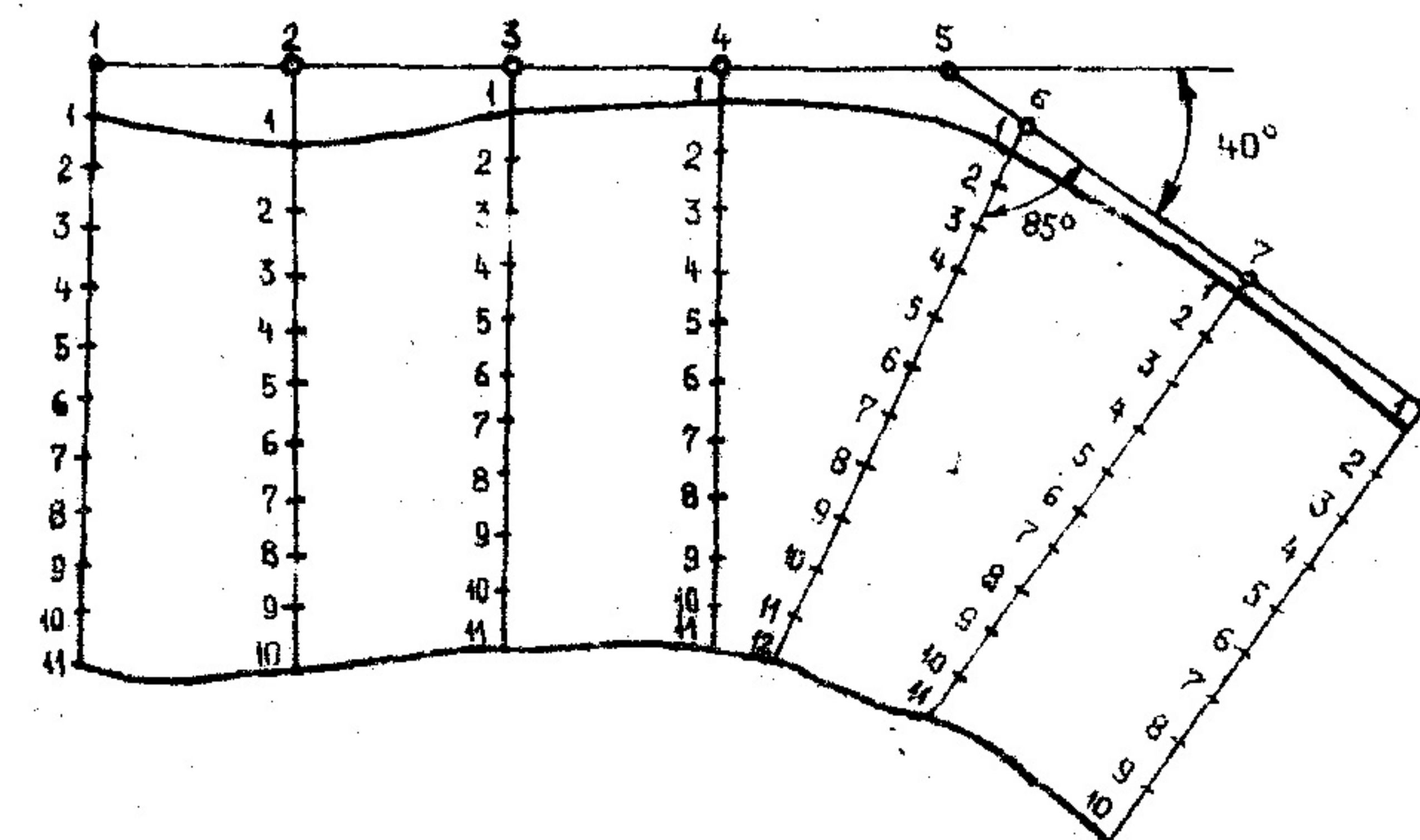


Рис. 5.1. Координаты промерных точек створов участка реки

5. Промерные точки размером 0,3 - 0,4 мм на плане отмечают черной тушью. Глубины, приведенные к проектному уровню, выписывают также черной тушью. В соответствии с положением точек на плане проводят изобаты (линии постоянных глубин) через 0,5 м, т. е. для глубин 0; 0,5; 1,0; 1,5 м и т.д. Кроме этого на плане строят линии уреза (нулевые изобаты) при рабочем уровне, а также "сухие" изобаты, проходящие между рабочим уровнем и урезом при проектном уровне. Необходимо также провести изобаты гарантированной глубины и ось судового хода. Над осью судового хода в начале и конце участка стрелками указывают направление течения. Вид плана показан на рис. 5.2.

6. Изобаты проводят зеленой тушью сплошными линиями толщиной 0,1 - 0,15 мм, "сухие" изобаты - коричневой тушью сплошными линиями толщиной 0,1 - 0,15 мм, причем значения превышений над проектным уровнем указывают со знаком "+". Линию уреза (нулевую изобату) при проектном уровне проводят зеленой тушью сплошной линией толщиной 0,5 мм. Урез при рабочем уровне обозначают зеленой пунктирной линией толщиной 0,1 - 0,15 мм с длиной штрихов 4 мм и интервалом - 1 мм. Изобаты гарантированной глубины проводят красными сплошными линиями толщиной 0,4 - 0,5 мм. Ось судового хода обозначают черной сплошной линией толщиной 0,5 мм. Опорная линия - черная, 0,1 - 0,15 мм.

На каждой изобате делают один-два разрыва, в которых записывают соответствующую глубину (или превышение) относительно проектного уровня.

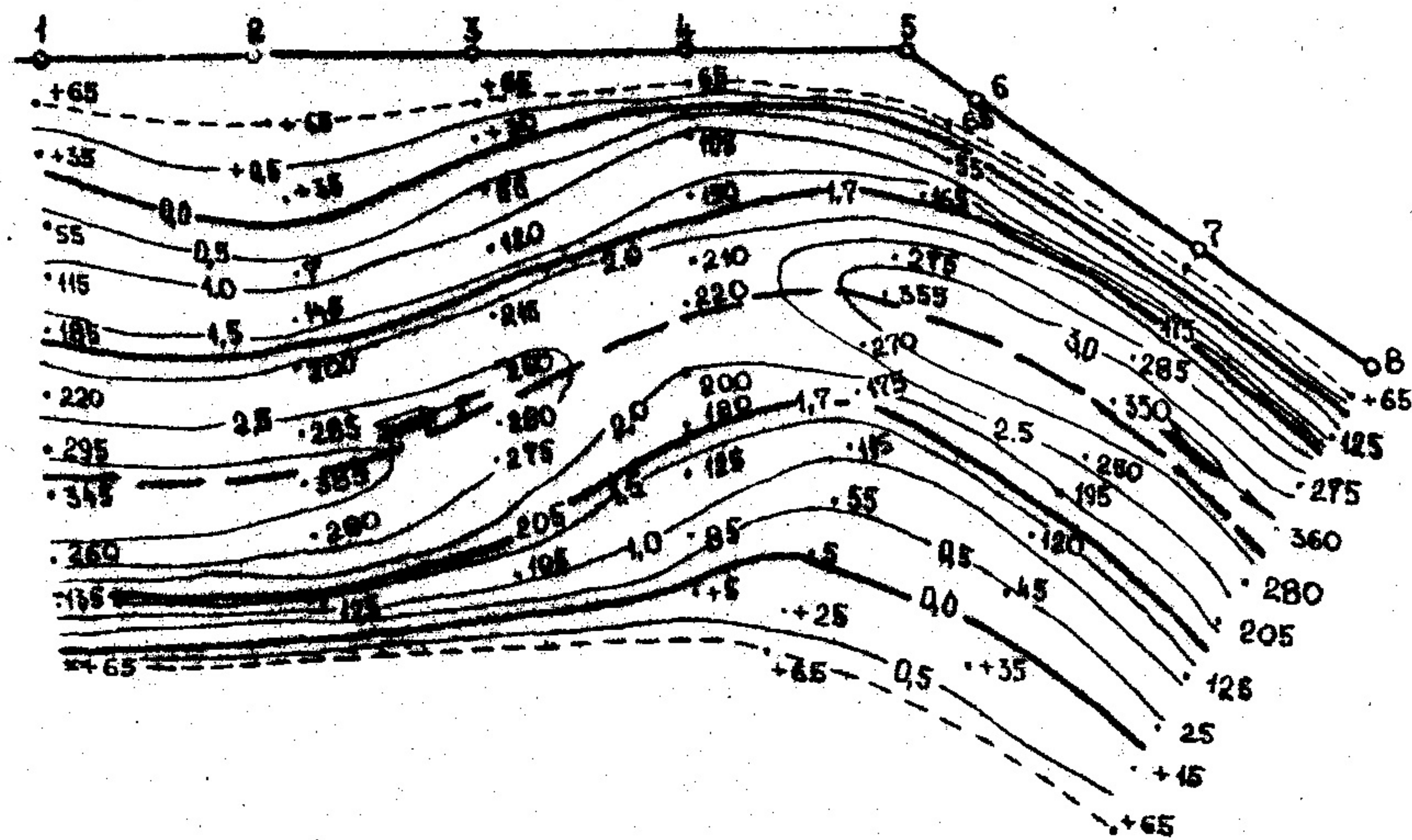


Рис. 5.2. План участка реки

7. На продольном профиле должны быть показаны отметки поверхности воды при рабочем и проектном уровнях, а также отметки поверхности дна. На горизонтальной оси графика откладывают расстояние по оси судового хода, которое определяют по плану, измеряя последовательность длины отрезков между промерными створами, начиная с первого. Подготовку величин, используемых для построения продольного профиля, производят в табличной форме по образцу рис. 5.3.

Отметки водной поверхности в промерных створах при проектном уровне в данной работе можно определить ориентировочно по формуле

$$\nabla_{\text{пр}} = \nabla_{\text{р}} - \Delta H,$$

где $\nabla_{\text{пр}}$ и $\nabla_{\text{р}}$ - отметки соответственно проектного и рабочего уровней воды, м; H - срезка, м.

Следует иметь в виду, что эта формула - условная, так как она не учитывает изменения уклона водной поверхности в зависимости от уровня воды. Глубину $T_{\text{пр}}$ при проектном уровне в точках пересечения промерных створов ось судового хода определяют по плану интерполяцией между значениями глубин у ближайших изобат и промерных точек. Отметки поверх-

ности дна $\nabla_{\text{д}}$ в промерных створах при проектном уровне определяют, вычитая глубину из отметки поверхности воды:

$$\nabla_{\text{д}} = \nabla_{\text{пр}} - T_{\text{пр}}.$$

При вычерчивании продольного профиля принимают горизонтальный масштаб - 1:5000, вертикальный - 1:100. Из расстояний по оси абсцисс, отвечающих промерным створам, проводят вертикальные линии, которые обозначают соответствующими номерами.

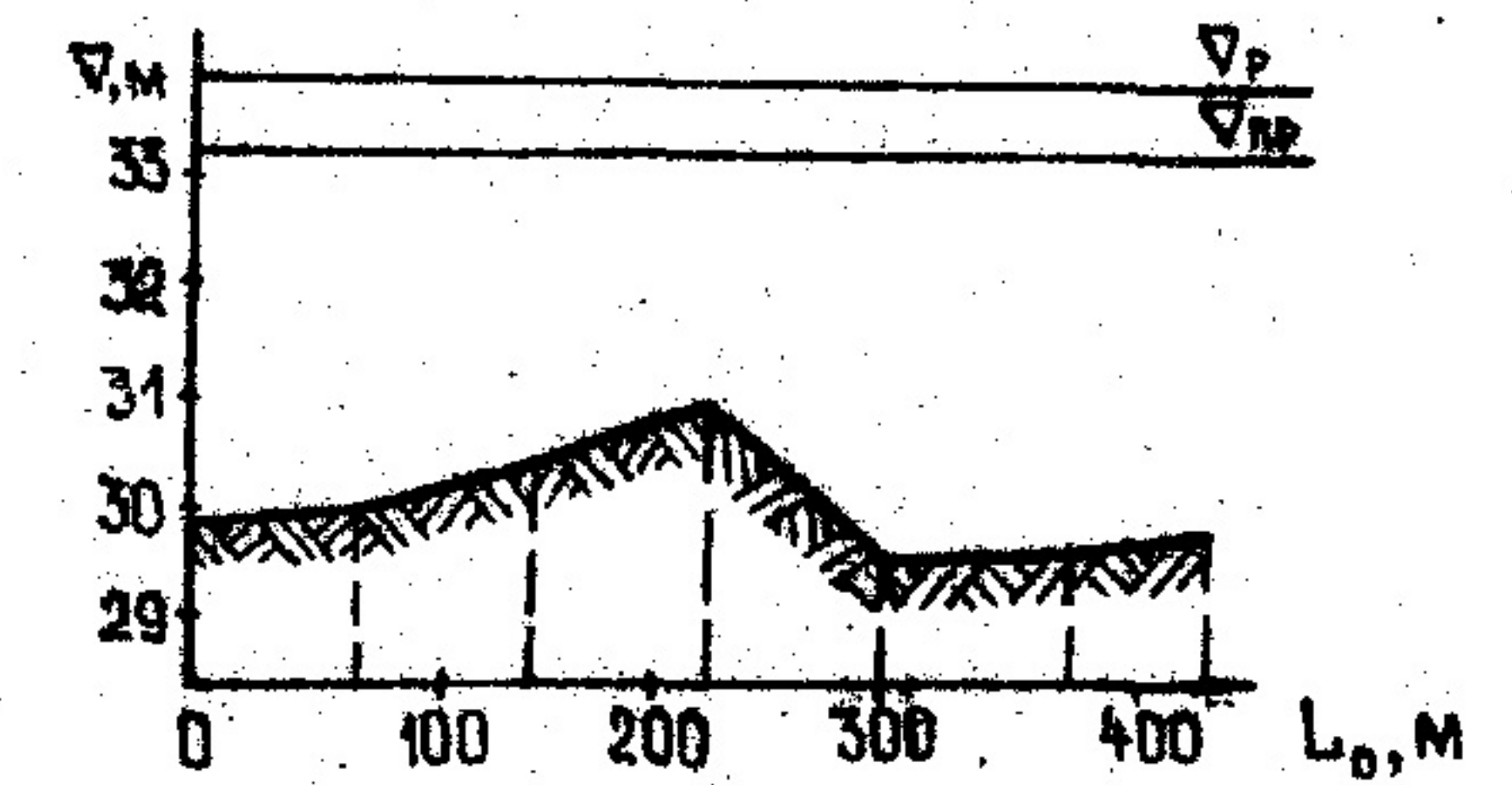
На этих линиях откладывают отметки поверхностей дна и воды при рабочем и проектном уровнях, по которым проводят соответствующие линии. В связи с очень грубым вертикальным масштабом графика изменения отметок поверхности воды на нем практически не заметны.

Среднюю величину уклона водной поверхности определяют как частное от деления разности отметок в первом и последнем (в данном задании - в восьмом) створах на расстояние между створами по оси судового хода L_0 :

$$I = \frac{\nabla_{\text{пр1}} - \nabla_{\text{прв}}}{L_0}.$$

Полученное значение среднего уклона указывают в нижней строке таблицы (см. рис. 5.3).

Продольный профиль вместе с относящейся к нему таблицей вычерчивают тушью на листе миллиметровой бумаги формата А3 (297 x 420 мм) вместе с поперечным профилем. Для обозначения поверхности дна рекомендуется применять коричневый цвет, рабочего уровня - голубой, проектного - красный, остальное выполнять черным цветом.



№ ПР. СТВОРОВ	1	2	3	4	5	6	7	8
РАССТОЯНИЕ ПО ОСИ, М	0	70	140	220	290	370	440	
ОТМЕТКА РАБ. УР. В. М	33,70	33,69	33,68	33,67	33,66	33,65	33,64	
ОТМЕТКА ПР. УР. В. М	33,05	33,04	33,03	33,02	33,01	33,00	32,99	
СРЕЗКА, М	3,20	3,10	2,70	2,18	3,45	3,40	3,20	
ОТМЕТКА ДНА В. М	29,85	29,94	33,33	30,84	29,55	29,60	29,79	
СРЕДН. УКЛОН ВОДН. ПОВ. %	0,000436							

Рис. 5.3. Продольный профиль участка реки

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути. М.: Транспорт, 1986. 400 с.
2. Дегтярев В.В., Селезнев В.М., Фролов Р.Д. Водные пути. М.: Транспорт, 1980. 328 с.
3. Михайлов А.В. Внутренние водные пути. М.: Стройиздат, 1973. 328 с.
4. Инженерная геодезия / Под ред. Л.С. Хренова. М.: Недра, 1986. 364 с.
5. Атрошко Е.К., Виленский В.Р., Иванова М.М., Малайревич В.С. Руководство по учебной геодезической практике. Гомель: БелНИИТ, 1992. 152 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Водные пути и речная гидравлика". М.: НИИВТ, 1981. 40 с.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

В в е д е н и е	3
<u>Лабораторная работа № 1. Изменение скорости течения речного потока</u>	4
<u>Лабораторная работа № 2. Построение поперечного (живого) сечения реки и определение расхода воды</u>	6
<u>Лабораторная работа № 3. Определение колебаний уровня воды и судоходной глубины</u>	8
<u>Лабораторная работа № 4. Определение параметров характеристик водного режима реки</u>	15
<u>Лабораторная работа № 5. Составление плана участка реки</u>	19
С п и с о к л и т е р а т у р ы	24