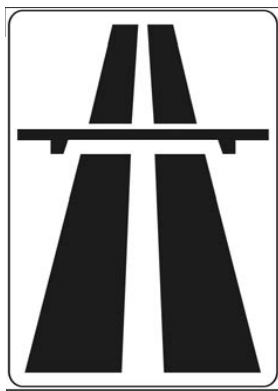


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОМЕТРИЯ ВОДОТОКОВ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 556.5
ББК 330.123
Г46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «27» октября 2023 г.,
протокол № 3

Составители: канд. техн. наук, доц. В. Т. Парахневич;
ст. преподаватель Е. А. Шаройкина

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Данилов

Предназначены для выполнения лабораторных работ студентами специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОМЕТРИЯ ВОДОТОКОВ

Ответственный за выпуск	А. М. Брановицкий
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать. . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Определение плотности снежного покрова.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Определение длины реки и ее уклона.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Измерение глубин и построение профиля живого сечения потока и определение его характеристик.....	8
4 Лабораторная работа № 4. Устройство и принцип работы гидрометрической вертушки.....	10
5 Лабораторная работа № 5. Измерение скорости потока гидрометрической вертушкой.....	13
6 Лабораторная работа № 6. Определение расходов водотока.....	15
7 Лабораторная работа № 7. Определение площади водосбора.....	17
Список литературы.....	19
Приложение А.....	20

Введение

Дисциплина «Гидравлика, гидрология и гидрометрия водотоков» носит фундаментальный характер и относится к специальным инженерным дисциплинам. Она занимает важное место в подготовке специалистов по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог. Знания по разделам данной дисциплины позволяют специалистам дорожной отрасли принимать обоснованные решения. Особенно важны сведения данного предмета на стадии проектирования. Положение дороги в плане, конструирование и расчет водоотводных и водопропускных сооружений, защита дороги от воздействия поверхностных вод и атмосферных осадков – далеко не полный перечень вопросов, которые не возможно решить без хороших знаний по рассматриваемой дисциплине. Неверно принятые решения сокращают сроки эксплуатации дороги в десятки раз. Кроме этого, могут привести к различным дорожно-транспортным происшествиям.

Выполнение лабораторных работ способствует более глубокому усвоению дисциплины. Развиваются навыки по практическому использованию измерительных приборов, измерению и проведению гидравлических расчетов основных характеристик открытых потоков.

Перед выполнением каждой лабораторной работы необходимо ознакомиться с рекомендуемой учебной литературой. Краткие теоретические сведения, порядок проведения и необходимые расчеты оформляются в тонкой школьной тетради. При необходимости формулируются соответствующие выводы. Защита лабораторных работ проводится индивидуально с каждым студентом и является основанием для допуска к получению зачета. Основные вопросы по защите излагаются в конце каждой лабораторной работы.

1 Лабораторная работа № 1. Определение плотности снежного покрова

Цель работы: изучение способов определения плотности снега; определение плотности снежного покрова; ознакомление со снегомерной съемкой и определение запасов влаги в снежном покрове.

1.1 Общие сведения

Плотность снега – это количество его массы в единице объема. Определяется как отношение

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (1.1)$$

где M – масса снега, кг (г);

V – его объем, м³ (см³).

Плотность представляет собой массу единицы объема. Она может быть определена весовым способом. Для этого определяется объем вещества (снега) и взвешивается. Затем, согласно зависимости (1.1), находится его плотность [2, с. 204].

Наиболее простым и менее трудоемким способом определения плотности снега является визуальный. Для этого по состоянию снега и следующим данным определяется его плотность:

свежевыпавший снег.....	0,08...0,14 г/см ³ ;
слежавшийся снег:	
до таяния.....	0,14...0,30 г/см ³ ;
в начале таяния.....	0,24...0,35 г/см ³ ;
в конце таяния.....	0,30...0,40 г/см ³ ;
снежинки (время таяния).....	0,40...0,60 г/см ³ ;
лавинный снег.....	0,50...0,65 г/см ³ .

1.2 Практическое определение плотности снега

Плотность снега определяется в данном случае объемным способом. Мерный цилиндр погружается в исследуемый слой снега. Срезаются верхняя и нижняя кромки снега вровень с кромками мерного цилиндра. Объем мерного цилиндра опорожняется в небольшую емкость (блюдечко), которая помещается в теплое место (на отопительный прибор). Измеряется внутренний диаметр D и высота H мерного цилиндра. Внутренний его объем

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H. \quad (1.2)$$

Объем воды, образовавшийся от таяния снега, измеряется мерной пробиркой $V_в$. Так как масса воды и снега одинаковы, то можно записать

$$\rho_{сн} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H = \rho_в \cdot V_в.$$

Откуда получим

$$\rho_{сн} = \frac{4\rho_в \cdot V_в}{\pi D^2 \cdot H}.$$

1.3 Ознакомление со снегомерной съемкой

Снегомерная съемка проводится с целью определения запасов влаги в снежном покрове данного водосбора (что является основанием определения объема половодья). Для этого на карте водосбора намечаются маршруты снегомерной съемки, которые должны проходить по различным угожьям (лес, кустарник, пашня, луг, овраги и т. д.).

На маршрутах намечаются точки, где необходимо определить плотность снега $\rho_{сн}$ и его мощность h_c . При значительной глубине и плотности снега его плотность $\rho_{сн}$ определяется в нескольких точках (у поверхности, по середине слоя, у его основания). В процессе съемки результаты заносятся в специальный журнал. Затем определяется средневзвешенная плотность в каждой промерной точке:

$$\rho_{сн} = \frac{h_1 \cdot \rho_1 + h_2 \cdot \rho_2 + h_3 \cdot \rho_3}{\sum h}.$$

Слой воды снежного покрова определяется по формуле

$$H = 10 \cdot h_{сн} \cdot \rho_{сн}, \quad (1.3)$$

где $h_{сн}$ – высота снежного покрова, см;

$\rho_{сн}$ – плотность снега, г/см³.

По карте определяется площадь каждого угожья. Запас влаги водосбора будет представлять сумму запасов влаги на каждом угожье. Запас влаги отдельных угожий представляет собой произведение площади угожья на запас влаги в снежном покрове (1.3).

Расчет удобнее представлять в табличной форме (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Расчет запасов влаги снежного покрова водосбора

Угодье	Площадь водосбора, см ²	Мощность снежного покрова $h_{сн}$, см	Плотность снега $\rho_{сн}$, г/см ³	Запас влаги в снежном покрове угодья H , мм	Запас влаги снежного покрова водосбора, м ³
Лес					
Пашня					
Кустарник					
Луг					
Овраги					

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение плотности вещества.
- 2 В чем заключается объемный способ определения плотности?
- 3 Цель определения плотности снега.
- 4 От чего зависит плотность снега?
- 5 Для какой цели проводится снегомерная съемка?

2 Лабораторная работа № 2. Определение длины реки и ее уклона

Цель работы: изучение способов измерения длины реки (лога) и ее уклона.

2.1 Общие сведения

Длина реки – расстояние от истока реки до ее устья [2, с. 218–219]. Длину реки можно определить с использованием топографической карты. Масштаб карты определяет точность проводимой операции. Чем крупнее масштаб, тем точность длины реки будет выше. На точность результата влияет и способ измерения. Измерение можно проводить с помощью курвиметра или кронциркуля. При измерении длины реки курвиметром прокатывают колесиком курвиметра по линии реки на карте от ее истока до устья. По полученному результату (см) и масштабу карты рассчитывают длину реки.

При использовании кронциркуля устанавливают раствор циркуля на несколько миллиметров (2...3) и определяют число шагов кронциркуля от истока до устья. Затем выполняют эту операцию в обратном направлении. Сумму измерений делят на два (находят среднее значение). Число среднего значения шагов умножают на раствор кронциркуля и находят длину реки по карте. Истинное значение длины реки получают путем умножения значения длины реки по карте на масштаб карты.

Для определения среднего уклона реки необходимо найти разность

отметок истока и устья реки и разделить его значение на длину реки.

2.2 Определение длины реки и ее уклона

Пусть масштаб карты 1:10000. В 1 см – 100 м. Колесиком прокатывают по реке от ее истока до ее устья. Перед этим показание курвиметра устанавливают на ноль. Показание курвиметра – 83 см. Прокатывают колесиком по реке от устья до истока. Значение в этом случае – 83,6 см. Среднее значение составит 83,3 см. Тогда длина реки будет равна 8330 м. Отметка истока реки – 146,4 м. Отметка уровня воды в ее устье – 121,2 м. Тогда падение уровня реки составит 25,2 м. Среднее значение уклона будет равно 0,003 или 0,3 ‰.

Выполним эту операцию с помощью кронциркуля. Устанавливаем раствор циркуля на 2 мм. Считаем число шагов от истока до устья. Пусть их значение составит 424. Выполняем эту операцию в обратном направлении. Число шагов будет равно 428. Среднее значение будет равно 424. Длина реки составит 848 мм = 84,8 см. С учетом масштаба длина реки будет равна 8480 м, а ее уклон – 0,003.

Преподаватель указывает реку (лог). Студент на основании приведенного примера определяет длину реки (лога) одним из способов (курвиметром или кронциркулем). Затем определяет разность отметок истока и устья реки (вершины и основания лога). После этого вычисляется уклон реки (лога).

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение масштаба карты.
- 2 Как определить длину линии на местности, если известна ее длина на карте?
- 3 В каких единицах измеряется уклон линии?
- 4 Как определить отметку точки на карте?
- 5 Какие сведения можно получить при знании уклона реки?

3 Лабораторная работа № 3. Измерение глубин и построение профиля живого сечения и определение его характеристик

Цель работы: выбор и закрепление створа водотока; промер глубин в выбранном створе; расчет основных гидравлических характеристик живого сечения водотока.

3.1 Общие сведения

Живое сечение – это поперечное сечение водотока, проведенное таким образом, что линии тока проходят перпендикулярно плоскости живого сечения.

Основными характеристиками живого сечения являются: площадь живого сечения, смоченный периметр; гидравлический радиус; средняя глубина.

Площадь живого сечения – это площадь, ограниченная линией свободной поверхности и линией дна. Смоченный периметр – это часть периметра живого сечения водотока, по которому поток касается дна. Гидравлический радиус живого сечения – это отношение площади живого сечения к смоченному периметру. Средняя глубина водотока – это отношение площади живого сечения к ширине водотока.

2.2 Порядок выполнения работы

Створ для определения живого сечения водотока должен удовлетворять следующим требованиям:

- на данном участке русло водотока должно быть достаточно прямолинейным;
- в русле должна отсутствовать растительность;
- поверхность дна русла должна быть прямолинейной;
- в русле не должно быть крупных камней, пней, коряг;
- водоток не должен иметь обратных течений.

После выбора места створа его положение закрепляется на местности. Измеряется ширина водотока. Определяется число промерных вертикалей (5–10). Расстояние между промерными вертикалями должно быть числом, кратным 5, 10, 25, 50 или 100 см (в зависимости от ширины реки). На промерных вертикалях измеряется глубина с помощью наметки с точностью до 1 см.

Результаты измерений заносятся в таблицу 3.1, в которой ведется расчет характеристик водотока.

Таблица 3.1 – Расчет основных характеристик живого сечения водотока

Номер промерной вертикали	L , м	h , м	$0,5(h_i + h_{i+1})$, м	ω , м ²	Δh , м	Δh^2 , м ²	$\Delta h^2 + \Delta L^2$, м	X_i , м
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

По результатам промеров глубин в удобном масштабе строится поперечный профиль живого сечения водотока.

Площадь живого сечения водотока определяется по формуле

$$\omega = \Sigma \omega_i,$$

где $\omega_i = 0,5 \cdot (h_i + h_{i+1}) \cdot \Delta L$.

Здесь L – расстояние между промерными вертикалями, м;

$(h_i + h_{i+1})$ – глубина на i -й и $(i + 1)$ -й промерных вертикалях, м.

Смоченный периметр определяется как

$$\chi = \Sigma \chi_i,$$

где $X_i = \sqrt{\Delta l^2 + (h_i - h_{i-1})^2}$.

Гидравлический радиус

$$R = \omega / \chi.$$

Средняя глубина водотока

$$H_{cp} = \omega / B,$$

где B – ширина водотока.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое водоток?
- 2 Основные гидравлические характеристики водотока.
- 3 Требования, предъявляемые к промерному створу.
- 4 Определение площади живого сечения различных каналов (прямоугольных, треугольных, трапецеидальных).
- 5 Смоченный периметр трапецеидального канала.

4 Лабораторная работа № 4. Устройство и принцип работы гидрометрической вертушки ГР-21М

Цель работы: изучение устройства и принципа работы вертушки ГР-21М; поверки и обслуживание гидрометрической вертушки ГР-21М; ознакомление с другими типами вертушек.

4.1 Общие сведения

Гидрометрическая вертушка – гидрометрический прибор, предназначенный для измерения осредненных скоростей водотока в конкретных точках его живого сечения в пределах от 0,04 до 5 м/с (рисунок 4.1) [2, с. 256–259]. Вертушка ГР-21М снабжена двумя лопастными винтами: винт № 1 (основной) компонентный диаметром 120 мм с геометрическим шагом 200 мм, его при-

меняют при работе со штанги без стабилизатора направления; винт № 2 некомпонентный, диаметром 120 мм с геометрическим шагом 500 мм, его применяют при работе с троса при больших скоростях течения (более 2 м/с).

Сигнальная система вертушки укомплектована звонком. Питание от электрической цепи от двух гальванических элементов общим напряжением 3 В.

В комплект вертушки входят: вертлюг для работы с троса; два карабина для подвески на тросе; указатель направления, применяемый при работе со штанги для установки вертушки по нормали к створу, когда ее не видно в воде; сигнальное устройство; масленка с трансформаторным маслом; две отвертки; запчасти и др.

Контактный механизм помещен во внутренней камере оси, заполняемой трансформаторным маслом. Замыкание контактов происходит через 20 оборотов винта.

4.2 Поверка вертушки ГР-21М

Поверки проводятся с целью определения исправности вертушки. Их проводят в следующей последовательности.

1 Проверка центровки оси ходовой части.

Для этого необходимо зажать лопастной винт в одной руке, а другой вращать корпус. На неисправность укажет биение конца вращающегося корпуса.

2 Сохранение допуска посадочных размеров.

Для выполнения этой поверки, держа вертушку за корпус, ставят ее вертикально, приводят в движение лопастной винт и постепенно поворачивают прибор, приводя в горизонтальное положение. Если при этом легкость хода винта и его обороты существенно не изменятся, то вертушка исправна.

3 Поверка неизменности момента сил трения.

Для этой цели берется нить длиной 1 м, наматывается на муфту лопастного винта (с насечкой). На конец нити крепится груз массой 100 г.

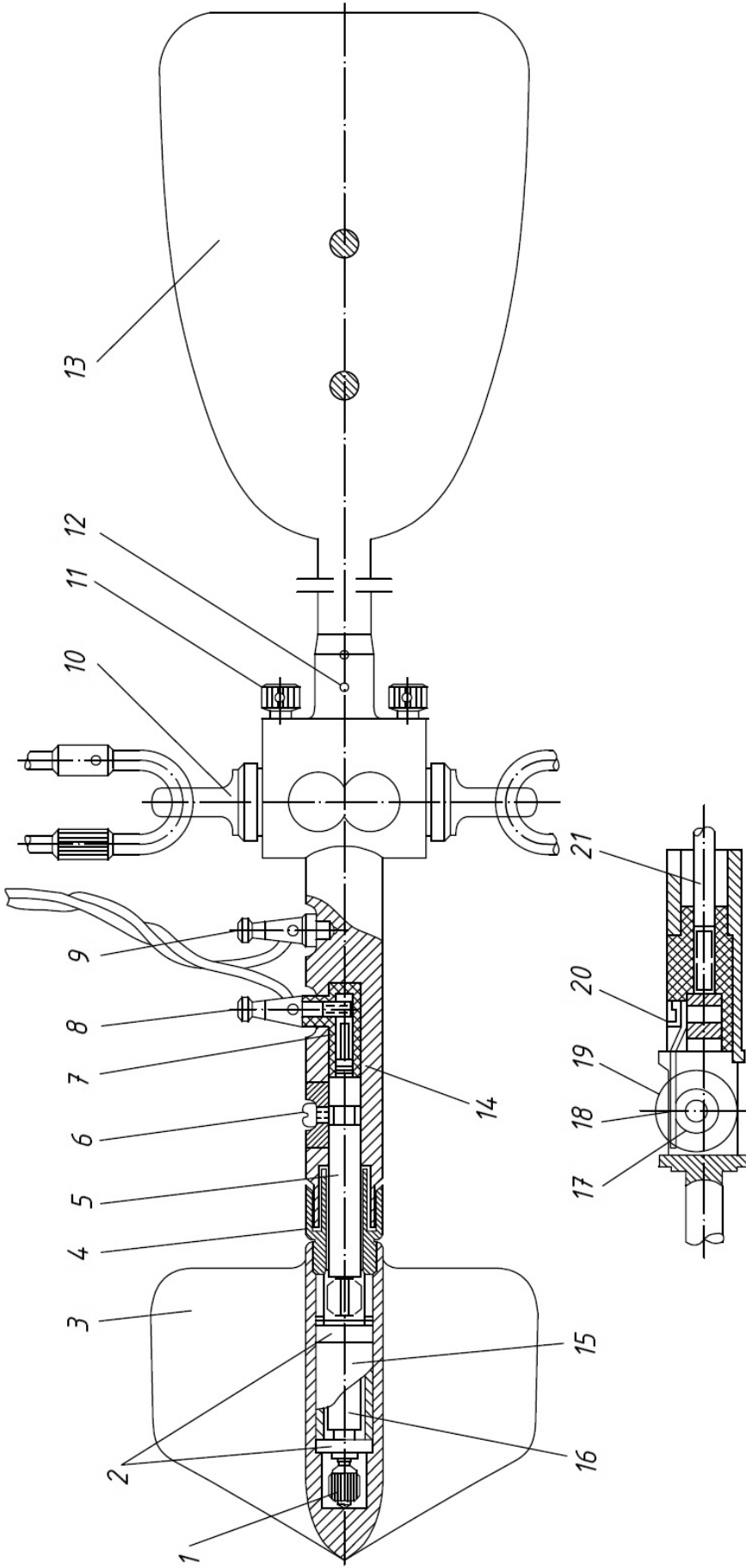
Вертушка с намотанной нитью и грузом устанавливается над полом на высоте 1,1 м. Груз опускается, нить разматывается. Во время касания грузом пола запускается секундомер и определяется время до полной остановки лопастного винта. Опыт повторяется три раза. Отклонение во времени между каждым из опытов от их среднего значения не должно превышать 20 %.

4 Контроль трения ходовой части.

На кромку лопастного винта крепится груз массой 2...3 г, устанавливается в крайнее верхнее положение и отпускается, лопастной винт совершает свободные колебания. Число до полной остановки винта должно быть не менее 5.

Данные поверки могут быть использованы для определения качества работы различных вращающихся механизмов.

Результаты поверок заносятся в таблицу 4.1.



1 – осевая гайка; 2 – шарикоподшипники; 3 – лопастный 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 шестерня; 18 – контактный штифт; 19 – контактная пружина; 20 – контактный винт; 21 – токопроводящий стержень

Рисунок 4.1 – Устройство гидрометрической вертушки ГР-21М

Таблица 4.1 – Поверки гидрометрической вертушки

Вид испытаний	Результат поверки	Заключение о исправности вертушки
Центрирование оси ходовой части		
Сохранение посадочных размеров		
Проверка неизменности момента сил трения		
Контроль сил трения ходовой части		

4.3 Обслуживание гидрометрической вертушки

После проведения измерительных работ вертушку необходимо разобрать и тщательно протереть все поверхности мягкой сухой ветошью. Дать некоторое время вертушке просохнуть. Покрыть поверхность всех частей вертушки тонким слоем машинного масла. При этом особенно тщательно обработать трущиеся при вращении лопастного винта поверхности. После этого собрать вертушку в обратной последовательности. Аккуратно уложить вертушку в специальный ящик.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите поверки гидрометрической вертушки ГМ-21М.
- 2 Какие еще гидрометрические вертушки вам известны?
- 3 Назовите основные составные части вертушки ГМ-21М.
- 4 Основные требования при обслуживании вертушки.
- 5 Пределы измерения скорости гидрометрической вертушкой ГМ-21М.

5 Лабораторная работа № 5. Измерение скорости потока гидрометрической вертушкой

Цель работы: приобретение практических навыков пользования гидрометрической вертушкой; определение величины скорости в живом сечении водотока по результатам измерений гидрометрической вертушки.

5.1 Общие сведения

В гидрометрической практике существует несколько способов измерения скорости водотока с помощью гидрометрической вертушки [2, с. 260].

1 Детальный способ – скорость измеряется в пяти и более точках на каждой промерной вертикали (используется при научных исследованиях, а также, если водоток покрыт льдом или в русле имеется растительность).

2 Основной способ – измерения проводятся в 1–2 точках на каждой промерной вертикали.

По тарифовочной таблице (таблица А.1) и значению скорости вращения лопастного винта находят значение скорости движения воды. В тарифовочной таблице по вертикали в первом столбце помещены целые и десятые доли скорости вращения лопастного винта, а в верхней строчке таблицы – сотые доли скорости вращения лопастного винта вертушки. На пересечении строчки с целыми и десятыми долями скорости вращения лопастного винта со столбцом сотых долей находится значение скорости водотока. Все расчеты помещают в таблицу 5.1.

По результатам измеренной скорости строят ее эпюру по ширине водотока.

Контрольные вопросы

- 1 Виды эпюры скорости по вертикали для открытых потоков.
- 2 Что влияет на распределение скорости по вертикали?
- 3 Охарактеризуйте основной способ измерения скорости водотока.
- 4 Величины, определяемые при измерении скорости вертушкой.
- 5 Использование тарифовочной таблицы для вертушки.

6 Лабораторная работа № 6. Определение расхода водотока

Цель работы: ознакомление с различными способами измерения расхода водотоков; определение расхода способом скорость – площадь.

5.1 Общие сведения

Существует ряд способов, с помощью которых можно определить величину расхода водотоков [2, с. 260–264]. Далее представлены некоторые из них.

- 1 Аналитический способ (использование формулы Шези).
- 2 Использование водомерных устройств (сооружений).
- 3 Физические методы (основаны на использовании известных законов физики).
- 4 Способы основанные на результатах измерения скоростей поплавками или гидрометрической вертушкой.

5.2 Порядок выполнения работы

Метод определения расхода способом скорость – площадь основан на использовании величин скоростей, определенных с помощью вертушки или по поплавкам. Кроме этого, необходимо еще знать значение глубин на соответствующих промерных вертикалях и расстояние между ними для вычисления величины площади.

Вначале определяют величины средних скоростей на вертикалях. Затем находится величина средней скорости между соседними вертикалями. В общем

случае она равна площади трапеции, где основания трапеции – это глубины на промерных вертикалях, а высота трапеции – расстояние между вертикалями. Эта площадь может быть определена и планиметрированием.

Тогда величина расхода, проходящего через живое сечение между промерными вертикалями, равна произведению средней скорости между данными вертикалями на площадь живого сечения между ними.

Следует отметить, что величина расхода на прибрежных участках определяется несколько отлично от рассмотренного выше случая. Площадь живого сечения для береговых участков равна площади треугольника. Величина скорости равна средней скорости на ближайшей вертикали. Произведение площади на среднюю скорость, кроме этого, умножается на береговой коэффициент $K_б$, величина которого зависит от характера русла на береговом участке и изменяется в пределах от 0,5 до 0,9:

пологий берег с нулевой глубиной на урезе.....	0,7
естественный обрывистый берег или неровная стенка.....	0,8
гладкая бетонная или обшитая досками стенка.....	0,9
наличие мертвых пространств.....	0,5

В зависимости от количества измеренных скоростей на вертикали существуют формулы для каждого случая определения средней скорости:

– при измерении скорости в одной точке на вертикали

$$V_{cp} = V_{0,6h};$$

$$V_{cp} = C \cdot V_{0,5h},$$

где $C = 0,9$;

– при измерении скорости в двух точках на вертикали

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (V_{0,2h} + V_{0,8h});$$

– при измерении скорости в трех точках на вертикали

$$V_{cp} = 1/3 \cdot (V_{0,15h} + V_{0,5h} + V_{0,85h}) \text{ или}$$

$$V_{cp} = 1/36 \cdot (17V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 16V_{0,8h});$$

$$V_{cp} = 1/4 \cdot (V_{0,2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h});$$

– при пятиточечном способе измерения скорости

$$V_{cp} = 0,05V_n + 0,347 \cdot (V_{0,2h} + V_{0,6h}) + 0,147V_{0,8h} + 0,083V_d;$$

$$V_{cp} = 0,1 \cdot (V_n + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_d);$$

– при шеститочечном способе измерения скорости

$$V_{cp} = 0,1 \cdot (V_n + 2 \cdot V_{0,2h} + 2 \cdot V_{0,4h} + 2 \cdot V_{0,6h} + 2 \cdot V_{0,8h} + V_d).$$

Величина расхода по способу скорость – площадь определяется по формуле

$$Q = K_б \cdot V_1 \cdot f_1 + 0,5 \cdot (V_1 + V_2) \cdot f_2 + \dots + 0,5 \cdot (V_{n-2} + V_{n-1}) \cdot f_{n-1} + K_б \cdot V_n \cdot f_n.$$

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные способы определения расходов водотоков.
- 2 На какой глубине в открытом потоке находится средняя скорость?
- 3 От чего зависит величина берегового коэффициента K_b ?
- 4 В чем сущность способа определения расхода площадь – скорость?
- 5 Изобразите график изменения скорости по глубине и ширине открытого водотока.

7 Лабораторная работа № 7. Определение площади водосбора

Цель работы: совершенствование навыков чтения рельефа на крупномасштабных картах; определение положения водораздельной линии; измерение площади водосбора; решение инженерных задач с использованием площади водосбора.

7.1 Общие сведения

Водосбор (водосборная площадь) – это территория местности, с которой вода стекает к данному створу водотока или лога. Вся территория земной поверхности может быть представлена в виде отдельных водосборов и бессточных областей [2, с. 219–220]. Границей между водосборами служит водораздельная линия. Водораздел проходит по высшим точкам местности между двумя водосборами. Он определяется по карте, которая должна иметь горизонтали.

Площадь водосбора может быть измерена несколькими способами: планиметрированием, весовым или аналитическим способами, с помощью палетки и др.

7.2 Порядок выполнения работы

Преподаватель индивидуально выдает карту определенного масштаба студенту и указывает наименование водотока или лога, для которого студент должен определить площадь водосбора. Получив карту, студент по максимальным отметкам между двумя водосборами проводит карандашом водораздельную линию. Площадь, охватываемая водораздельной линией до заданного створа, является водосборной площадью данного водотока (лога).

В данной работе площадь водосбора определяется с помощью палетки. Палетка представляет собой лист прозрачного материала, на котором нанесена сетка в виде прямоугольных квадратов, сторона которого 1 см. Промежуточные штриховые линии делят их на четыре мелких квадрата, сторона которого 0,5 см. Палетка накладывается на карту, подсчитывается число полных больших квадратов, которые находятся в пределах больших квадратов и в

границах водосборной площади. Это наиболее полно учитывает размер площади водосбора. Подсчитывается число частей мелких квадратов.

Результаты подсчетов заносятся в таблицу 7.1. Для определения площади водосбора на местности необходимо умножить площадь водосбора на карте на переводной коэффициент, учитывающий масштаб карты.

Так, если масштаб карты 1:50000, то один сантиметр на карте соответствует 500 м или 0,5 км на местности. Тогда один квадратный сантиметр на карте соответствует 0,25 км² на местности ($K_n = 0,25 \text{ км}^2/\text{см}^2$).

Таблица 7.1 – Определение площади водосбора

Наименование величин	Количество квадратов на карте	Площадь квадрата на карте, см ²	Площадь водосбора на карте, см ²	Площадь водосбора на местности (соответствует ед. площади на карте), км ²	Площадь водосбора на местности, км ²
Большие квадраты, шт.					
Малые квадраты, шт.					
Неполные квадраты, шт.					

Площадь водосбора

$$F_v = F_{вк} \cdot K_n.$$

Величина площади водосбора может быть определена по формуле

$$F_v = K_n \cdot (n_1 + n_2/4 + n_3/8) \cdot f_{кп},$$

где n_1 – число больших квадратов в пределах водосборной площади, подсчитанных по карте;

n_2 – число малых квадратов в пределах неполных больших квадратов, подсчитанных по карте;

n_3 – число неполных малых квадратов;

$f_{кп}$ – площадь большого квадрата палетки.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение водораздельной линии.
- 2 Что определяет водосборная площадь?
- 3 Как определить размер площади на местности по величине площади на карте?
- 4 Влияет ли масштаб карты на точность определения площади водосбора?
- 5 Назовите способы определения площади водосбора.

Список литературы

- 1 Гидравлика, гидрология и гидрометрия в дорожном строительстве / А. А. Волчек [и др.]. – Минск: РИВШ, 2020. – 420 с.
- 2 **Парахневич, В. Т.** Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков / В. Т. Парахневич. – Минск: Новое знание, 2016. – 368 с.
- 3 **Константинов, Н. М.** Гидравлика, гидрология, гидрометрия / Н. М. Константинов, Н. А. Петров, Л. И. Высоцкий. – Москва: Высшая школа, 1987. – 380 с.
- 4 **Железняков, Г. В.** Гидравлика и гидрология / Г. В. Железняков. – Москва: Транспорт, 1989. – 321 с.

Приложение А (рекомендуемое)

Таблица А.1 – Градуировочная таблица к свидетельству № 1/5с

Номер	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090
0,00	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018
0,10	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038
0,20	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,058
0,30	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,075	0,077	0,079
0,40	0,081	0,083	0,085	0,087	0,089	0,091	0,093	0,095	0,097	0,099
0,50	0,101	0,103	0,105	0,107	0,109	0,111	0,113	0,115	0,117	0,119
0,60	0,121	0,123	0,125	0,127	0,129	0,131	0,133	0,135	0,137	0,139
0,70	0,141	0,143	0,145	0,147	0,149	0,151	0,153	0,155	0,157	0,159
0,80	0,161	0,163	0,165	0,167	0,169	0,171	0,173	0,175	0,178	0,180
0,90	0,182	0,184	0,186	0,188	0,190	0,192	0,194	0,196	0,198	0,200
1,00	0,202	0,204	0,206	0,208	0,210	0,212	0,214	0,216	0,218	0,220
1,10	0,222	0,224	0,226	0,228	0,230	0,232	0,234	0,236	0,238	0,240
1,20	0,242	0,244	0,246	0,248	0,250	0,252	0,254	0,256	0,258	0,260
1,30	0,262	0,264	0,266	0,268	0,270	0,272	0,274	0,276	0,278	0,280
1,40	0,282	0,284	0,286	0,288	0,290	0,292	0,294	0,297	0,299	0,301
1,50	0,303	0,305	0,307	0,309	0,311	0,313	0,315	0,317	0,319	0,321
1,60	0,323	0,325	0,327	0,329	0,331	0,333	0,335	0,337	0,339	0,341
1,70	0,343	0,345	0,347	0,349	0,351	0,353	0,355	0,357	0,359	0,361
1,80	0,363	0,365	0,367	0,369	0,371	0,373	0,375	0,377	0,379	0,381
1,90	0,383	0,385	0,387	0,389	0,391	0,393	0,395	0,397	0,399	0,401
2,00	0,403	0,405	0,407	0,409	0,411	0,413	0,416	0,418	0,420	0,422
2,10	0,424	0,426	0,428	0,430	0,432	0,434	0,436	0,438	0,440	0,442
2,20	0,444	0,446	0,448	0,450	0,452	0,454	0,456	0,458	0,460	0,462
2,30	0,464	0,466	0,468	0,470	0,472	0,474	0,476	0,478	0,480	0,482
2,40	0,484	0,486	0,488	0,490	0,492	0,494	0,496	0,498	0,500	0,502
2,50	0,504	0,506	0,508	0,510	0,512	0,514	0,516	0,518	0,520	0,522
2,60	0,524	0,526	0,528	0,530	0,533	0,535	0,537	0,539	0,541	0,543
2,70	0,545	0,547	0,549	0,551	0,553	0,555	0,557	0,559	0,561	0,563
2,80	0,565	0,567	0,569	0,571	0,573	0,575	0,577	0,579	0,581	0,583
2,90	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,597	0,599	0,601	0,603
3,00	0,605	0,607	0,609	0,611	0,613	0,615	0,617	0,619	0,621	0,623
3,10	0,625	0,627	0,629	0,631	0,633	0,635	0,637	0,639	0,641	0,643
3,20	0,645	0,647	0,649	0,652	0,654	0,656	0,658	0,660	0,662	0,664
3,30	0,666	0,668	0,670	0,672	0,674	0,676	0,678	0,680	0,682	0,684
3,40	0,686	0,688	0,690	0,692	0,694	0,696	0,698	0,700	0,702	0,704
3,50	0,706	0,708	0,710	0,712	0,714	0,716	0,718	0,720	0,722	0,724
3,60	0,726	0,728	0,730	0,732	0,734	0,736	0,738	0,740	0,742	0,744
3,70	0,746	0,748	0,750	0,752	0,754	0,756	0,758	0,760	0,762	0,764
3,80	0,766	0,768	0,771	0,773	0,775	0,777	0,779	0,781	0,783	0,785
3,90	0,787	0,789	0,791	0,793	0,795	0,797	0,799	0,801	0,803	0,805

Продолжение таблицы А.1

Номер	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090
4,00	0,807	0,809	0,811	0,813	0,815	0,817	0,819	0,821	0,823	0,825
4,10	0,827	0,829	0,831	0,833	0,835	0,837	0,839	0,841	0,843	0,845
4,20	0,847	0,849	0,851	0,853	0,855	0,857	0,859	0,861	0,863	0,865
4,30	0,867	0,869	0,871	0,873	0,875	0,877	0,879	0,881	0,883	0,885
4,40	0,888	0,890	0,892	0,894	0,896	0,898	0,900	0,902	0,904	0,906
4,50	0,908	0,910	0,912	0,914	0,916	0,918	0,920	0,922	0,924	0,926
4,60	0,928	0,930	0,932	0,934	0,936	0,938	0,940	0,942	0,944	0,946
4,70	0,948	0,950	0,952	0,954	0,956	0,958	0,960	0,962	0,964	0,966
4,80	0,968	0,970	0,972	0,974	0,976	0,978	0,980	0,982	0,984	0,986
4,90	0,988	0,990	0,992	0,994	0,996	0,998	1,000	1,002	1,004	1,007
5,00	1,009	1,011	1,013	1,015	1,017	1,019	1,021	1,023	1,025	1,027
5,10	1,029	1,031	1,033	1,035	1,037	1,039	1,041	1,043	1,045	1,047
5,20	1,049	1,051	1,053	1,055	1,057	1,059	1,061	1,063	1,065	1,067
5,30	1,069	1,071	1,073	1,075	1,077	1,079	1,081	1,083	1,085	1,087
5,40	1,089	1,091	1,093	1,095	1,097	1,099	1,101	1,103	1,105	1,107
5,50	1,109	1,111	1,113	1,115	1,117	1,119	1,121	1,123	1,126	1,128
5,60	1,130	1,132	1,134	1,136	1,138	1,140	1,142	1,144	1,146	1,148
5,70	1,150	1,152	1,154	1,156	1,158	1,160	1,162	1,164	1,166	1,168
5,80	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180	1,182	1,184	1,186	1,188
5,90	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204	1,206	1,208
6,00	1,210	1,212	1,214	1,216	1,218	1,220	1,222	1,224	1,226	1,228
6,10	1,230	1,232	1,234	1,236	1,238	1,240	1,243	1,245	1,247	1,249
6,20	1,251	1,253	1,255	1,257	1,259	1,261	1,263	1,265	1,267	1,269
6,30	1,271	1,273	1,275	1,277	1,279	1,281	1,283	1,285	1,287	1,289
6,40	1,291	1,293	1,295	1,297	1,299	1,301	1,303	1,305	1,307	1,309
6,50	1,311	1,313	1,315	1,317	1,319	1,321	1,323	1,325	1,327	1,329
6,60	1,331	1,333	1,335	1,337	1,387	1,389	1,391	1,392	1,394	1,396
6,70	1,398	1,400	1,402	1,404	1,406	1,408	1,410	1,412	1,414	1,415
6,80	1,417	1,419	1,421	1,423	1,425	1,427	1,429	1,431	1,433	1,435
6,90	1,437	1,438	1,440	1,442	1,444	1,446	1,448	1,450	1,452	1,454
7,00	1,456	1,458	1,460	1,461	1,463	1,465	1,467	1,469	1,471	1,473
7,10	1,475	1,477	1,479	1,481	1,483	1,484	1,486	1,488	1,490	1,492
7,20	1,494	1,496	1,498	1,500	1,502	1,504	1,506	1,507	1,509	1,511
7,30	1,513	1,515	1,517	1,519	1,521	1,523	1,525	1,527	1,529	1,530
7,40	1,532	1,534	1,536	1,538	1,540	1,542	1,544	1,546	1,548	1,550
7,50	1,552	1,553	1,555	1,557	1,559	1,561	1,563	1,565	1,567	1,569
7,60	1,571	1,573	1,575	1,576	1,578	1,580	1,582	1,584	1,586	1,588
7,70	1,590	1,592	1,594	1,596	1,598	1,599	1,601	1,603	1,605	1,607
7,80	1,609	1,611	1,613	1,615	1,617	1,619	1,621	1,622	1,624	1,626
7,90	1,628	1,630	1,632	1,634	1,636	1,638	1,640	1,642	1,644	1,645

Окончание таблицы А.1

Номер	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090
8,00	1,647	1,649	1,651	1,653	1,655	1,657	1,659	1,661	1,663	1,665
8,10	1,667	1,668	1,670	1,672	1,674	1,676	1,678	1,680	1,682	1,684
8,20	1,686	1,688	1,690	1,691	1,693	1,695	1,697	1,699	1,701	1,703
8,30	1,705	1,707	1,709	1,711	1,713	1,714	1,716	1,718	1,720	1,722
8,40	1,724	1,726	1,728	1,730	1,732	1,734	1,735	1,737	1,739	1,741
8,50	1,743	1,745	1,747	1,749	1,751	1,753	1,755	1,757	1,758	1,760
8,60	1,762	1,764	1,766	1,768	1,770	1,772	1,774	1,776	1,778	1,780
8,70	1,781	1,783	1,785	1,787	1,789	1,791	1,793	1,795	1,797	1,799
8,80	1,801	1,803	1,804	1,806	1,808	1,810	1,812	1,814	1,816	1,818
8,90	1,820	1,822	1,824	1,826	1,827	1,829	1,831	1,833	1,835	1,837
9,00	1,839	1,841	1,843	1,845	1,847	1,849	1,850	1,852	1,854	1,856
9,10	1,858	1,860	1,862	1,864	1,866	1,868	1,870	1,872	1,873	1,875
9,20	1,877	1,879	1,881	1,883	1,885	1,887	1,889	1,891	1,893	1,895
9,30	1,896	1,898	1,900	1,902	1,904	1,906	1,908	1,910	1,912	1,914
9,40	1,916	1,918	1,919	1,921	1,923	1,925	1,927	1,929	1,931	1,933
9,50	1,935	1,937	1,939	1,941	1,942	1,944	1,946	1,948	1,950	1,952
9,60	1,954	1,956	1,958	1,960	1,962	1,964	1,965	1,967	1,969	1,971
9,70	1,973	1,975	1,977	1,979	1,981	1,983	1,985	1,987	1,988	1,990
9,80	1,992	1,994	1,996	1,998	2,000	2,002	2,004	2,006	2,008	2,010
9,90	2,011	2,013	2,015	2,017	2,019	2,021	2,023	2,025	2,027	2,029
10,00	2,031	2,033	2,034	2,036	2,038	2,040	2,042	2,044	2,046	2,048
10,10	2,050	2,052	2,054	2,056	2,057	2,059	2,061	2,063	2,065	2,067
10,20	2,069	2,071	2,073	2,075	2,077	2,079	2,080	2,082	2,084	2,086
10,30	2,088	2,090	2,092	2,094	2,096	2,098	2,100	2,102	2,103	2,105
10,40	2,107	2,109	2,111	2,113	2,115	2,117	2,119	2,121	2,123	2,125
10,50	2,126	2,128	2,130	2,132	2,134	2,136	2,138	2,140	2,142	2,144
10,60	2,146	2,148	2,149	2,151	2,153	2,155	2,157	2,159	2,161	2,163
10,70	2,165	2,167	2,169	2,171	2,172	2,174	2,176	2,178	2,180	2,182
10,80	2,184	2,186	2,188	2,190	2,192	2,194	2,195	2,197	2,199	2,201
10,90	2,203	2,205	2,207	2,209	2,211	2,213	2,215	2,217	2,218	2,220
11,00	2,222	2,224	2,226	2,228	2,230	2,232	2,234	2,236	2,238	2,240
11,10	2,241	2,243	2,245	2,247	2,249	2,251	2,253	2,255	2,257	2,259
11,20	2,261	2,263	2,264	2,266	2,268	2,270	2,272	2,274	2,276	2,278
11,30	2,280	2,282	2,284	2,285	2,287	2,289	2,291	2,293	2,295	2,297
11,40	2,299	2,301	2,303	2,305	2,307	2,308	2,310	2,312	2,314	2,316
11,50	2,318	2,320	2,322	2,324	2,326	2,328	2,330	2,331	2,333	2,335
11,60	2,337	2,339	2,341	2,343	2,345	2,347	2,349	2,351	2,353	2,354
11,70	2,356	2,358	2,360	2,362	2,364	2,366	2,368	2,370	2,372	2,374
11,80	2,376	2,377	2,379	2,381	2,383	2,385	2,387	2,389	2,391	2,393
11,90	2,395	2,397	2,399	2,400	2,402	2,404	2,406	2,408	2,410	2,412
12,00	2,414	2,416	2,418	2,420	2,422	2,423	2,425	2,427	2,429	2,431