

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. Л. Великанов**

## **ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование, профиль программы «Комплексное использование и охрана водных ресурсов»

Калининград  
2023

УДК 556; УДК: 626; 627

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и природообустройства ФБОУ ВО «КГТУ» Н.Р. Ахмедова

**Великанов, Н. Л.** Водохозяйственные системы и водопользование: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.02 Природообустройство и водопользование, профиль программы «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» / **Н. Л. Великанов.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 23 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Водохозяйственные системы и водопользование» представлены учебно-методические рекомендации по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекций по каждой изучаемой теме, тем практических занятий, включающие подробный план практических занятий по каждой изучаемой теме.

Табл. 1, рис. 6, список лит. – 4 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «13» февраля 2023 г., протокол № 10

УДК 556; УДК: 626; 627

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.  
© Великанов Н. Л., 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Тематический план занятий.....	8
Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов.....	21
Список рекомендованных источников.....	22

## Введение

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование, профиль программы «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Водохозяйственные системы и водопользование».

Целью освоения дисциплины «Водохозяйственные системы и водопользование» является приобретение целостного представления о теоретических и практических основах обеспечения условий функционирования водохозяйственных систем и водопользования, формирование систематизированных знаний, умений и навыков в областях: водохозяйственных систем, водопользования.

Главной задачей изучения дисциплины является приобретение необходимых базовых знаний и формирование системного мышления будущих специалистов в профессиональной сфере деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные характеристики и свойства водных объектов, водохозяйственных систем; принципы водопользования;

**уметь:**

- работать со справочной и нормативной документацией по водохозяйственным системам и водопользованию;

**владеть:**

- навыками использования технико-экономического анализа объектов водохозяйственных систем и водопользования.

Студенты, приступающие к изучению данной дисциплины, для успешного ее освоения должны иметь представления о функционировании и равновесии водных систем, знать особенности влияния различных факторов на водные объекты.

Дисциплина «Водохозяйственные системы и водопользование» формирует компетенции, используемые студентами в дальнейшей профессиональной деятельности, а также является базой при изучении таких дисциплин как «Управление водохозяйственными системами», «Геоинформационные системы в водном хозяйстве» и др.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется через опрос на занятиях и систему тестирования. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины студентами. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов, рассмотренных в рамках практических и лабораторных занятий. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo.

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «отлично» - свыше 85 %;
- «хорошо» - более 75%, но не выше 85%;
- «удовлетворительно» - свыше 65%, но не более 75%.

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в виде: пятый семестр – курсовая работа, экзамен.

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедру техноферной безопасности и природообустройства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовая работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать её на проверку. Если курсовая работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты. Для оценивания результатов защиты курсовой работы используется пятибалльная система оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно». Критерии оценивания приведены в таблице.

Условием допуска студента к экзамену являются прохождение тестов на оценку не ниже «удовлетворительно», а также активное участие в работе на практических и лабораторных занятиях.

Система оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации включает в себя пятибалльную систему оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» (табл.).

Таблица – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны цель и планируемые результаты освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения; форма проведения промежуточной аттестации; условия допуска к экзамену, критерии и нормы оценки (текущей и промежуточной аттестации);

основной части, которая содержит методические рекомендации к занятиям; тематический план лекционных занятий, тематический план практических занятий;

заключения;

списка рекомендованных источников.

## **Тематический план занятий**

Осваивая курс «Водохозяйственные системы и водопользование», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную работу. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой практического занятия.

На лекциях рассматриваются вопросы системного подхода, природопользования. Для активизации работы студентов и текущего контроля усвоения дисциплины на лекционных занятиях проводятся устный опрос (беседа) нескольких студентов по теме текущего занятия и по материалам предыдущей лекции.

## **ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ**

**Тема 1. Введение. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.**

Цель и задачи водного хозяйства. Структура и функции водного хозяйства, схемы принятия решения в области водного хозяйства, водохозяйственные объекты Информационное обеспечение ВХС

Цель и задачи системы водопользования. Способы и технические средства получения гидрологической информации. Устройство гидрологических станций и постов.

**Тема 2. Отраслевое использование водных ресурсов. Методики обработки гидрологической информации Водохозяйственные комплексы (ВХК) и водохозяйственные системы (ВХС). Характеристика участников ВХК, принципиальные схемы систем водоснабжения, нормы водопотребления и водоотведения**

Обработка водомерных наблюдений; обработка материалов промерных работ; установление зависимости между скоростями течения и расходами воды; транспортирующая способность потока. Водохозяйственные комплексы и водохозяйственные системы. Характеристика участников ВХК, принципиальные схемы систем водоснабжения, нормы водопотребления и водоотведения.

**Тема 3. Мероприятия по экономии водных ресурсов и поддержанию качества вод, региональные особенности отрасли на примере крупных**



## **экономических районов России. Регулирование стока и его территориальное перераспределение**

Мероприятия по экономии водных ресурсов и поддержанию качества вод, региональные особенности отрасли на примере крупных экономических районов России Регулирование стока и его территориальное перераспределение.

### **Тема 4. Состав и компоновка гидроузлов комплексного назначения, защита территорий от естественных и антропогенных факторов воздействия Проектная документация**

Компоновка гидроузлов комплексного назначения, защита территорий от естественных и антропогенных факторов воздействия Состав проектной документации.

### **Тема 5. Федеральные, бассейновые и территориальные органы управления и контроля в водном хозяйстве Государственный мониторинг водных объектов**

Федеральные, бассейновые и территориальные органы управления и контроля в водном хозяйстве Государственный мониторинг водных объектов

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

### **1. Обработка водомерных наблюдений.**

Рассматриваемые вопросы:

1. Построение кривой повторяемости уровней воды.
2. Построение кривой продолжительности стояния уровней воды.

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по обработке водомерных наблюдений.

### **Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям**

#### *Обработка результатов водомерных наблюдений*

В состав обработки материалов наблюдений водомерного поста входят:

- 1) проверка полевой книжки для записи водомерных наблюдений с целью установления правильности и полноты записей;
- 2) приведение отсчетов высоты уровня к нулю графика;
- 3) анализ результатов наблюдений;
- 4) составление годовой таблицы «Ежедневные уровни воды».

Записи наблюдателя проверяются на гидрологической станции сразу после проверки полевой книжки за истекший месяц.

После проверки полевой книжки и приведения уровней к нулю графика вычисляются средние суточные уровни как среднее арифметическое из отсчетов уровня в 8 и 20 ч; при наличии дополнительных наблюдений средний суточный уровень вычисляют как среднее арифметическое из всех отсчетов.

Для каждого месяца выбирают экстремальные значения уровней – высшие и низшие месячные.

Для контроля и анализа окончательно установленных значений уровней строят *комплексный график* результатов гидрометеорологических наблюдений за год (рис.1), на который наносят температуру воздуха и воды, уровни воды, высоту снега на льду, толщину льда и прочее.

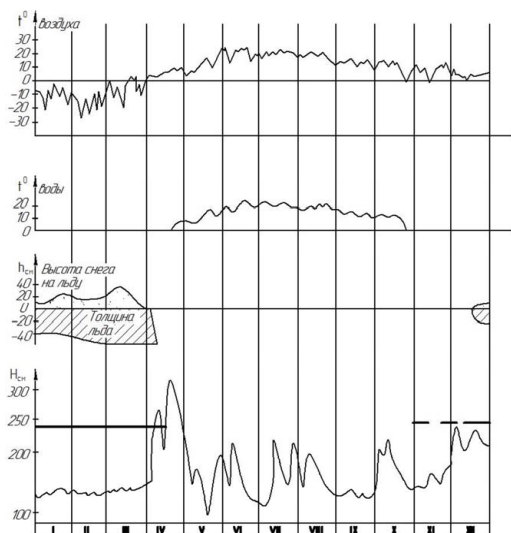


Рис. 1. Комплексный график гидрометрических наблюдений

Для постов с полным комплексом гидрологических наблюдений на этот же график наносят расходы воды, расходы наносов, мутность воды и прочее.

Наблюдения за уровнями воды за год сводятся в таблицу «Ежедневные уровни воды» (ЕУВ), в которую выписываются из обработанных полевых книжек уровни над нулем графика поста – средние суточные, наивысшие и наинизшие уровни из срочных наблюдений за каждый отдельный месяц и год в целом. В таблице явления ледового режима и некоторые другие характеристики реки отмечают условными обозначениями, проставленными справа от значения уровня.

Обозначения следующие:

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| ⌋ – забереги       | – ледостав                     |
| • – сало           | – вода течет поверх льда       |
| Х – редкий шугоход | – закраины                     |
| ✱ – густой шугоход | ⌋ – подвижки льда              |
| ○ – редкий ледоход | ▲ – затор                      |
| ● – густой ледоход | ⌋ – первый и последний пароход |

В примечании к таблице указывают сроки характерных явлений (зажоры, заторы и др.).

По данным таблицы ЕУВ строится годовой график колебаний средних

суточных уровней, аналогично указанному на рис., на котором, пользуясь условными обозначениями (рис.2), показывают фазы ледового режима.

Сведения об уровнях широко используются при проектировании, строительстве и эксплуатации различных гидротехнических сооружений, при гидрологическом обслуживании судоходства, лесосплава, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства.

В целях практического использования материалы наблюдений за уровнями воды могут быть подвергнуты дополнительной обработке, в результате которой можно установить *характерные уровни*, которые имеют большое практическое значение. Они могут быть определены как для каждого года в отдельности, так и для многолетнего периода.

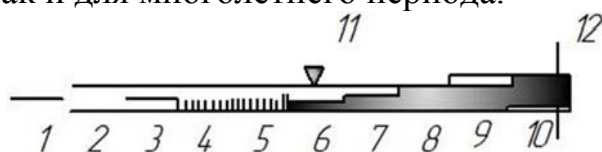


Рис. 2. Условные обозначения фаз ледового режима:

- 1 – сало; 2 – забереги; 3 – сало при заберегах; 4 – редкий шугоход;
- 5 – шугоход; 6 – редкий ледоход; 7 – ледоход; 8 – неподвижный ледяной покров;
- 9 – вода течет поверх льда; 10 – закраины; 11 – дата затора или зазора;
- 12 – дата подвижки льда

Исследование уровней за ряд лет в соответствии с требованиями практического использования позволяет, в частности, выделить в реках ряд характерных уровней для отдельных сезонов года: для половодья, весеннего ледохода, летнего паводка, летней межени, осеннего ледохода, зимней межени. Для каждого из этих сезонов устанавливаются: уровень самый высокий, средний и самый низкий. Кроме того, для каждого характерного уровня определяют сроки их наступления: наиболее ранний, средний и наиболее поздний. Крайние сроки наступления того или иного характерного уровня выбирают из годовых таблиц уровней.

Помимо характерных уровней могут быть определены статические характеристики уровней, повторяемость и продолжительность уровней, а также типовое распределение уровней для данной реки (подробно эти вопросы рассматриваются в гидрологии).

## 2. Обработка материалов промеров.

Рассматриваемые вопросы:

1. Определение площади поперечного сечения потока.
2. Определение живого сечения.
3. Определение ширины поперечного сечения (ширины реки).

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по обработке водомерных наблюдений.

## **Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям** **Обработка результатов промеров**

Обработка результатов промеров проводится в такой последовательности:

- 1) вычисляют расстояния от постоянного начала и на планшет по найденным координатам наносят положения точек всех промерных вертикалей;
- 2) вычисляют среднюю глубину на вертикали, если промер велся в два хода;
- 3) вводят поправку в измеренную глубину на угол отнота троса;
- 4) устанавливают отметку уровня воды в начале и конце промера;
- 5) принимают расчетный уровень;
- 6) вычисляют отметки дна реки;
- 7) проверяют записи, характеризующие грунт дна, а при зимних промерах – записи о толщине льда, снега, шуги и пр.

### **3. Построение профиля водного сечения.**

Рассматриваемые вопросы:

1. Определение площади поперечного сечения русла.
2. Нахождение ширины реки по зеркалу воды при рабочем уровне.

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по построению профиля водного сечения.

## **Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям**

### **Построение поперечного профиля русла и вычисление морфометрических характеристик**

По данным промеров глубин строится *поперечный профиль реки*. Построение начинается с нанесения на чертеж точки, постоянного начала и горизонтальной линии, отвечающей положению поверхности воды, вниз от которой откладываются глубины. Вертикальный масштаб чертежа рекомендуется принимать в несколько раз крупнее горизонтального, с тем чтобы более рельефно получить форму профиля дна. Под профилем помещается таблица, куда выписывают численные значения измеренных величин (рис.3). Далее вычисляют и заносят в таблицу основные морфометрические характеристики:

- 1) площадь водного сечения  $\omega$ , м<sup>2</sup>;
- 2) ширину реки по уровню (между урезами берегов)  $B$ , м;
- 3) длину смоченного периметра  $\chi$ , м;
- 4) наибольшую глубину  $h_{\max}$ , м;
- 5) среднюю глубину  $h_{\text{ср}}$ , м;
- 6) гидравлический радиус  $R$ , м.

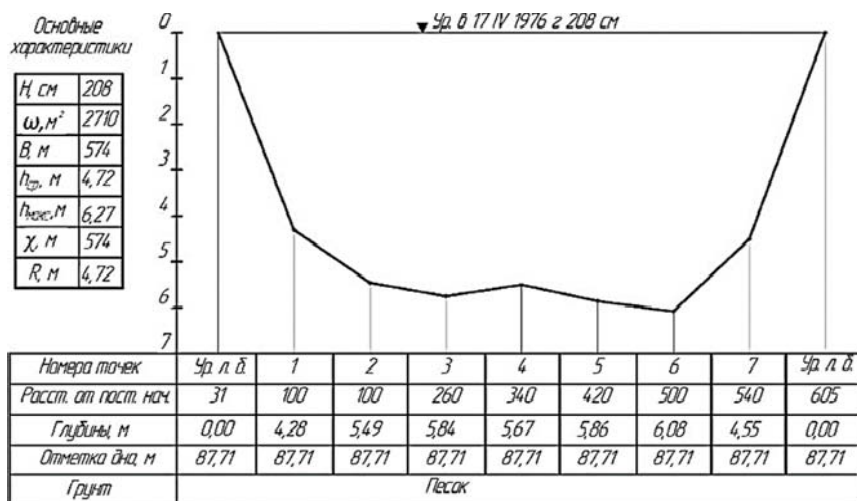


Рис. 3. Поперечный профиль реки

Площадь водного сечения определяется планиметрированием или аналитически. Аналитически площадь находят как сумму частных площадей между отдельными промерными вертикалями (рис. 4).

При наличии ледяного покрова кроме площади водного сечения вычисляют площади погруженного в воду льда, шуги и общую площадь сечения. На гидрометрических створах вычисляются площади живого сечения, необходимая для определения расхода. Площадь живого сечения равна площади водного сечения реки за вычетом площади мертвого пространства (площади, где нет течения). Смоченный периметр  $\chi$  (длина линии соприкосновения жидкости (воды) с твердыми стенками русла в данном живом сечении) может быть измерен.

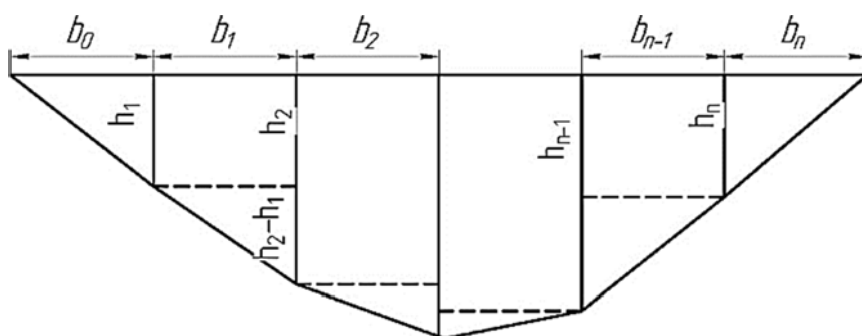


Рис. 4. Схема к вычислению площади поперечного сечения и длин смоченного периметра

#### 4. Вычисление средних скоростей течения воды на вертикали и в живом сечении.

Рассматриваемые вопросы:

1. Осреднение скорости при наличии нескольких измерений.
2. Учет неравномерности по вертикали.

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по типовым мероприятиям по экономии водных ресурсов.

**Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям**  
***Вычисление средних скоростей течения воды на вертикали и в живом сечении.***

Вода в реке движется под действием силы тяжести, стекая по руслу под уклон с более высоких отметок (от истока) на более низкие (к устью реки). Чем больше продольный уклон реки, тем с большей скоростью течет вода. На скорость речного потока оказывает влияние шероховатость поверхности дна. В более шероховатом русле, при тех же уклонах дна, поток будет сильнее подтормаживаться, и скорость его всегда меньше, чем в гладком русле.

Подтормаживающее воздействие дна на поток приводит к тому, что вода в разных точках живого сечения реки движется с разной скоростью. Так, вблизи дна и берегов скорости течения жидкости меньше, чем у поверхности или на середине реки.

Форма и вид шероховатости русла оказывают большое влияние на неравномерность распределения скоростей в потоке. Кроме того, наличие на дне реки неровностей (выступы, бугорки, камни, песчаные гряды и т. п.) приводит к образованию у дна завихренных масс жидкости (крупных и мелких вихрей), которые, отрываясь от дна, движутся во всей толще потока. Зарождение вихрей обусловлено отрывом придонных струек жидкости от стенки при обтекании выступов или неровностей. Чем больше размеры выступов, больше скорость, тем крупнее образуются вихри. Завихренность в потоке неоднородна. На тех участках, где дно реки гладкое и скорости невелики, вихри постепенно исчезают (диссипируют) благодаря проявлению вязких свойств воды.

Вихри способствуют интенсивному перемешиванию воды в речном потоке. Такой хаотичный вид движения жидкости называется турбулентным движением. Степень турбулизации потока меняется по длине и ширине реки; она зависит от скоростей течения, шероховатости дна.

При турбулентном режиме скоростное поле потока представляет собой сложную картину, непрерывно меняющуюся во времени. В каждой точке потока вектор скорости непрерывно изменяет свою величину и направление, происходит *пульсация скорости*. В связи с наличием пульсации скоростей в гидрометрии различают мгновенную скорость и осредненную (во времени) местную скорость.

Мгновенной (актуальной) скоростью называется скорость в данной точке в данное мгновение. Мгновенная скорость изменяется во времени по величине и направлению. В гидрометрии обычно рассматривается не сам вектор мгновенной скорости, а его составляющие компоненты по трем направлениям прямоугольной системы координат. При этом одну из координат осей совмещают с направлением продольной оси потока. Проекция вектора мгновенной скорости на эти оси называют продольной составляющей или продольной скоростью, вертикальной составляющей или вертикальной скоростью и поперечной составляющей или поперечной скоростью.

В практической гидрометрии, как правило, приходится иметь дело не с

мгновенными скоростями, а с их составляющими, осредненными во времени. Скорость течения в точке потока, осредненная за достаточно продолжительный период времени, называется осредненной местной скоростью.

Осредненная местная продольная скорость для данной точки пространства, занятого турбулентным потоком, определяется как среднее во времени значение пульсирующей продольной актуальной скорости в рассматриваемой точке (рис.5).

Осредненную местную продольную скорость принято называть просто *продольная скорость* и обозначать ее через  $u$  (для упрощения записи черточку осреднения сверху этой буквы опускают, но всегда ее подразумевают).

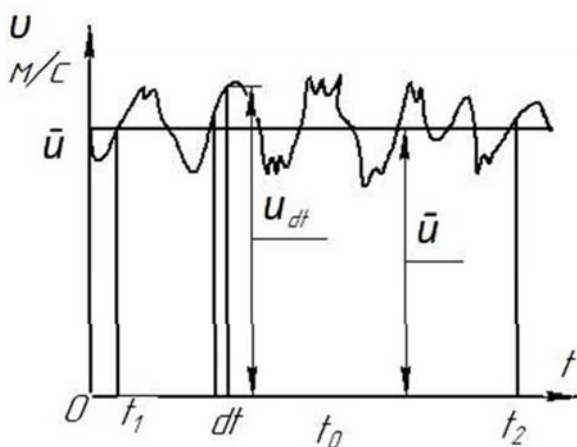


Рис. 5. График пульсации продольной составляющей скорости

Продолжительность периода осреднения для получения осредненной продольной местной скорости зависит от степени турбулентности и стационарности движения потока. Так, для стационарного (установившегося) движения период осреднения берется тем больше, чем больше турбулентность.

Установившимся (стационарным) движением воды в русле называется такое движение, при котором каждая неподвижная точка пространства, занятая движущейся жидкостью, характеризуется определенной осредненной местной скоростью течения, неизменной во времени по величине и направлению. Движением неустановившимся (нестационарным) называется такое течение жидкости, при котором в каждой неподвижной точке пространства, занятого движущейся жидкостью, скорость движения ее частиц, а также осредненная местная скорость изменяются с течением времени по величине и (или) направлению. При нестационарном движении период осреднения должен быть по возможности короче.

При измерении скоростей течения очень важно, чтобы продолжительность отдельного измерения была бы близка периоду осреднения. В противном случае местная осредненная скорость будет определена неверно. В практике гидрометрических работ измерение скорости течения в точке принято производить в течение 100 с, что для большинства случаев оказывается достаточным.

*Характер распределения скоростей в речном потоке*

В дальнейшем будем рассматривать распределение только осредненной продольной местной скорости, которую для сокращения назовем просто скоростью, обозначив  $u$ .

Распределение скоростей течения воды в пределах отдельных сечений реки может быть самым разнообразным в зависимости от типа реки (равнинная, горная), места расположения сечения (поворот реки, прямолинейный участок), уклона водной поверхности (участки перекаатов, плесов).

В характере распределения скоростей по глубине и ширине реки существуют определенные закономерности, знание которых позволяет упростить измерения, а в отдельных случаях и вычислять скорости по формулам, не прибегая к измерениям.

Изобразим распределение продольных скоростей по глубине реки на отдельной вертикали. Для этого отложим от вертикали в точках, расположенных на разных глубинах, отрезки векторов продольной скорости. Плавная кривая, соединяющая концы отрезков, дает форму профиля распределения скорости на вертикали (рис. 6).

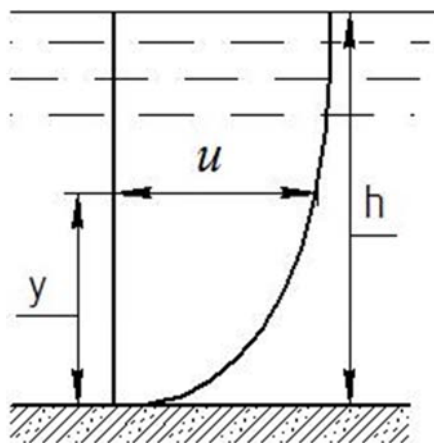


Рис.6. Эпюра скоростей течения на вертикали

Фигура, ограниченная профилем скоростей, вертикалью и поверхностью воды, называют **эпюрой распределения скоростей** по глубине потока. Эпюра скоростей считается нормальной, если имеет место уменьшение скорости от поверхности воды ко дну, при этом в верхних слоях потока скорости уменьшаются, ближе ко дну – резко снижаются почти до нуля.

Для математического выражения линии профиля скорости при нормальной эпюре существует ряд формул.

### **5. Вычисление расходов воды аналитическим способом.**

Рассматриваемые вопросы:

1. Определение параметров поперечного сечения реки.
2. Определение скоростей по вертикалям поперечного сечения
3. Определение расхода в поперечном сечении.

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по типовым мероприятиям по экономии водных ресурсов.

**Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям**



### ***Расчетный способ определения расхода воды***

Этот способ использует формулу Шези

$$Q = \omega u_0 = \omega C \sqrt{RI},$$

где  $\omega$  – площадь живого сечения потока, определяемая по имеющемуся для данного створа поперечному профилю;  $u_{cp}$  – средняя скорость течения реки, вычисляемая по формуле Шези:

$$u_{cp} = C \sqrt{RI},$$

где  $C$  – коэффициент Шези, имеющий размерность м<sup>0,5</sup>/с;  $R$  – гидравлический радиус живого сечения потока;  $I$  – продольный уклон водной поверхности.

Формула справедлива для равномерно установившегося движения воды, которое характеризуется тем, что гидравлические элементы потока (площадь живого сечения, глубина, ширина, скорость, уклон дна) не изменяются во времени и по длине потока. В естественных реках в большинстве случаев наблюдается неравномерное движение воды, характеризующееся непрерывным изменением по длине потока указанных гидравлических элементов. Кроме того, в реках одновременно может иметь место и неустановившееся движение воды, характеризующееся изменением расхода воды во времени (периоды прохождения паводков, половодий). Для случаев равномерного и неустановившегося движения воды формула Шези не применима.

Движение воды, близкое к равномерному, может наблюдаться в реках лишь на прямолинейных участках с правильной корытообразной формой поперечного сечения русла при длительном постоянстве уровня воды в реке (например, в периоды устойчивой межени).

Если есть данные измерений расходов и уровней воды, то для заданного створа можно вычислить коэффициент Шези по формуле

$$C = \frac{u_{cp}}{\sqrt{h_{cp} I}},$$

где  $u_{cp}$  – средняя скорость реки, определяемая как отношение расхода воды к площади живого сечения реки;  $h_{cp}$  – средняя глубина, определяемая как отношение площади сечения реки к ее ширине;  $I$  – уклон водной поверхности, определяется нивелированием.

Подсчитав по формуле коэффициент  $C$  при нескольких значениях уровней  $H$ , можно построить график зависимости  $C = f(H)$ , который экстраполируют до необходимых пределов изменения уровней.

Если на выбранном для определения расхода створе ранее не производилось измерений расходов воды и нельзя получить значение коэффициента Шези по данным натурных измерений, как указывалось выше, определяют этот коэффициент по эмпирическим формулам, например, по формуле Н. Н. Павловского

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости русла, определяемый по таблице, имеющейся в любом гидравлическом справочнике или учебнике по гидравлике;  $R$  – гидравлический радиус, за который на равнинных реках принимают, как уже указывалось, среднюю глубину;  $y$  – показатель степени, определяемый по формуле Н. Н. Павловского

$$y = 2,5n - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10).$$

Для определения коэффициента Шези по формуле составлена таблица, которая имеется в гидравлических справочниках и которой следует пользоваться при расчетах.

Иногда формулой Шези пользуются и для приближенного вычисления расхода при движении воды по пойме. В этих условиях необходимо выбирать такое положение створа, чтобы участки затапливаемой поймы были свободны от кустов и захламленности, и чтобы в пределах выбранного участка поймы направление течения воды совпадало бы с направлением течения в коренном русле. Поскольку шероховатости дна коренного русла и поймы всегда разные, живое сечение потока разбивают на отдельные отсеки, относящиеся к руслу и к пойме. Для каждого отсека вычисляют расход воды по формуле. Общий расход воды получают суммированием расходов через все выделенные отсеки. Уклон водной поверхности принимают общий для всего живого сечения.

## **6. Разработка мероприятий по экономии водных ресурсов.**

Рассматриваемые вопросы:

1. Типовые мероприятия по экономии водных ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве.
2. Типовые мероприятия по экономии водных ресурсов в промышленности.

**Задания для подготовки к практическим занятиям:** изучить материал по типовым мероприятиям по экономии водных ресурсов.

**Материал, необходимый для подготовки к практическим занятиям**

***Типовые мероприятия по экономии водных ресурсов в промышленности***

1. Плотнo закрывать водопроводные краны, чтобы предотвратить утечку воды;
2. Не оставлять без необходимости кран включенным. Открывать воду только при непосредственном ее использовании;
3. Следить за исправностью сантехники, чтобы не допускать утечки воды;
4. Приобрести экономичную сантехнику;
5. Установить счетчик воды. Он настроит человека на экономичное отношение к воде, т.к. за каждый литр воды придется платить;
6. Ежегодная проверка сантехнического оборудования на предмет утечек;
7. Совершенствование водонагревающих аппаратов. Ведь пока вода нагревается, большое

- количество холодной воды используется зря;
8. Установить распылители на кранах;
  9. Развешивать листовки рядом с источниками воды;
  10. Устанавливать рычаговые смесители, чтобы быстро закрывать кран;
  11. Устанавливать краны с дозированным расходом воды;
  12. Устанавливать сигнальные звуковые предупредители о незакрытых кранах.

### ***Типовые мероприятия по экономии водных ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве***

1. Проверьте сантехническую часть своей квартиры на протечку воды.
2. Почините или замените все протекающие краны. Капание из крана – это потеря 24 литров в сутки (720 л в месяц), а течь из крана – это потеря до 144 литров в сутки, (т.е. до 4 тысяч литров воды в месяц). Старайтесь также плотно закрывать кран.
3. При выборе смесителей - отдайте предпочтение рычаговым. Они быстрее смешивают воду, чем смесители с двумя кранами, а значит, меньше уходит воды «впустую», когда вы подбираете оптимальную температуру воды.
4. На время, когда вы чистите зубы, выключайте воду. Чтобы ополоснуть рот достаточно стакана с водой.
5. Из сливного бачка в унитаз может постоянно течь вода. Из-за подобных протечек теряются до 2 тысяч литров воды в день, или до 60 тысяч литров воды в месяц. Старайтесь следить за состоянием сантехники в своей квартире и вовремя устранять неисправности.
6. По возможности приобретайте экономичную сантехнику: например, унитаз с двумя режимами слива.
7. Если сливной бачок вашего унитаза не оборудован двумя режимами слива, то избежать потерь воды поможет простое средство. Наполните 2-х литровую пластиковую бутылку водой и поместите в бачок. Это нехитрое «устройство» позволит сэкономить до 20 л чистой воды в день.
8. Не полощите белье под проточной водой. Для этих целей лучше использовать наполненную ванну или таз.
9. При мытье посуды не держите постоянно кран открытым. Если ваша раковина состоит из двух отделений, мойте посуду в наполненной водой раковине, предварительно закрыв слив.  
Вымытую посуду ополосните в отдельной емкости с чистой водой. Этот способ позволяет снизить потребление воды на мытье посуды в 3-5 раз. Использование посудомоечных машин – хоть и более дорогой, но эффективный способ экономии воды и электроэнергии на мытье посуды.
10. Не размораживайте продукты под струей воды из-под крана. Лучше всего заранее переложить продукты из морозилки в холодильник.
11. Принимая душ, вы в 5-7 раз снижаете потребление воды по сравнению с тем, когда вы принимаете ванну. Воды тратится меньше, если использовать в душе экономичный рассеиватель с меньшим диаметром отверстий.

12. Установите насадки-распылители на краны. Это поможет сократить потребление воды.

Попробуйте использовать хотя бы один из способов экономии воды каждый день, и Вы почувствуете экономию. Потому что каждая капля на счету!

13. Если вы живете в частном доме, установите во дворе бочку для сбора дождевой воды.

Как показывает опыт дачников, это решение может сэкономить до 5000 литров в год.

Собранную воду можно использовать для полива растений, уборки в гараже. Поливаем растения правильно. Поливайте растения рано утром или в конце дня, чтобы вода не испарялась в одночасье под солнечными лучами. Направляйте жидкость прямо к корням — так ваши зеленые питомцы получат больше питательной влаги.

## **Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, нормативной документации. Только после этого можно приступать к выполнению практических заданий и лабораторных работ.

При освоении данной дисциплины студент должен выполнить курсовую работу, пройти тестирование.

При выполнении курсовой работы следует придерживаться следующих правил:

- исходные данные должны полностью соответствовать варианту;
- все решения необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

Курсовую работу рекомендуется начинать выполнять сразу после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях, выполнения соответствующих заданий на практических занятиях.

Тестирование проводится на практических занятиях, каждый вариант теста включает в себя не менее 30 вопросов.

В итоге освоения дисциплины студенты будут способны принимать во внимание требования системного подхода, принципы рационального использования водных ресурсов в профессиональной деятельности.

### **Список рекомендованных источников**

1. Великанов, Н. Л. Водное хозяйство и основы водохозяйственного проектирования: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальности 280302.65 - Комплекс. использование и охрана вод. ресурсов / Н. Л. Великанов, Е. Д. Проскурнин; Калинингр. гос. техн. ун-т. - Калининград: КГТУ, 2011. - 153 с.
2. Великанов, Н. Л. Водохозяйственные проблемы региона: учеб. пособие / Н. Л. Великанов, Е. Д. Проскурнин; Калинингр. гос. техн. ун-т. - Калининград : КГТУ, 2004. - 127 с.
3. Иванова, Т. П. Водные ресурсы и основы водного хозяйства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений специальности 320600 - Комплексное использование и охрана водных ресурсов / Т. П. Иванова; Калинингр. гос. техн. ун-т. - Калининград: КГТУ, 2001. - 75 с.
4. Природообустройство: учеб. / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - Москва: КолосС, 2008. - 552 с. – ISBN 978-5-9532-0480-4.

Локальный электронный методический материал

Великанов Николай Леонидович

## **ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,6. Печ. л. 1,4

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1