

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

Н. Р. Ахмедова

ГИДРАВЛИКА

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Калининград
2022

УДК 532

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» В.А. Наумов

Ахмедова, Н. Р. Гидравлика: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование / Н. Р. Ахмедова. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 19 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 1, рис. – 3, список лит. – 7 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры 29 июня 2022 г., протокол № 5

УДК 532

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2022 г.
© Ахмедова Н.Р., 2022 г.

Содержание

Введение	4
1. Тематический план занятий	8
2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов	16
Список рекомендуемой литературы.....	17
Приложение А. Экзаменационные вопросы.....	18

Введение

Дисциплина *Гидравлика* входит в состав основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование.

Целью дисциплины является приобретение знаний, умений и навыков решения задач в области гидравлики, являющихся основой для решения профессиональных задач природообустройства.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать основные закономерности равновесия и движения жидкостей, основные параметры и способы расчета потоков в трубопроводах и открытых руслах; способы гидравлического обоснования размеров основных сооружений на открытых потоках; основы фильтрационных расчетов;

- уметь применять уравнение Бернулли для потока реальной жидкости; выполнять гидравлические расчеты трубопроводов и сопряжения бьефов и фильтрационные расчеты;

- владеть навыками выполнения инженерных гидравлических расчетов; проведения лабораторных гидравлических исследований, обработки и анализа их результатов.

Дисциплина опирается на компетенции, знания, умения и навыки студентов, полученные при изучении *физики*.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и вопросы для практических занятий;
- задания и вопросы для лабораторных работ;
- задания для курсового проекта;
- тестовые задания по дисциплине.

В соответствии с учебным планом по дисциплине *Гидравлика* предусмотрено выполнение практических и лабораторных работ. Перед

началом выполнения практической или лабораторной работы обучающиеся изучают задание и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита работы проводится либо на очередном практическом/лабораторном занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Обучающийся, защитивший работу с ответами на вопросы, получает оценку «зачтено» за данную практическую/лабораторную работу.

Задание для выполнения курсового проекта обучающиеся получают в начале семестра. Целью выполнения курсового проекта является формирование компетенций, связанных с профессиональной деятельностью, систематизация знаний, умений, навыков, полученных при изучении теоретического курса. При этом студенту дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов, он знакомится с комплексом основных задач гидравлических расчетов открытых потоков. Основная часть пояснительной записки курсового проекта состоит из трех разделов. В течение семестра преподаватель осуществляет текущий контроль выполнения разделов курсового проекта на практических занятиях.

Тестовые задания по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов, на каждый из которых приведены три варианта ответа, в том числе один правильный. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине *Гидравлика* проводится в форме защиты курсового проекта, экзамена.

Система оценивания результатов защиты курсового проекта, экзамена включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в табл. 1.

Выполненный курсовой проект представляется для проверки на кафедру техносферной безопасности и природообустройства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовой проект допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовой проект отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать его на проверку.

Если курсовой проект 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.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся экзаменационные вопросы. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список экзаменационных вопросов представлен в приложении А.

Условия допуска к экзамену:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме практические работы, предусмотренные программой.
2. Выполненные и защищенные в полном объеме лабораторные работы, предусмотренные программой.
3. Выполненный на оценку «зачтено» тест.
4. Выполненный и защищенный на положительную оценку («удовлетворительно», «хорошо», «отлично») курсовой проект.

Порядок и правила выставления зачета по дисциплине преподаватель сообщает студентам в начале учебного семестра.

Таблица 1 – Система и критерии оценивания

Система оценок Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может 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 полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
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
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и 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

1. Тематический план занятий

Тема 1. Введение. Основы гидростатики

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины. Предмет гидравлики.

2. Основные физические свойства жидкостей. Основное уравнение гидростатики. Абсолютное, избыточное и вакуумметрическое давления. Приборы для измерения давления. Давление жидкости на плоские и криволинейные поверхности.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические, лабораторные занятия) типов.

Тема практической работы 1. Гидростатическое давление. Центр давления.

Цель работы: научиться рассчитывать гидростатическое давление и определять положение центра давления.

Тема лабораторной работы 1. Введение. Гидравлический стенд. Приборы для измерения давления.

Цель работы: изучить основные гидравлические характеристики потока жидкости, принцип работы гидравлического стенда, приборов для измерения давления.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Укажите виды гидростатического давления.
2. Напишите основное уравнение гидростатики.
3. Напишите единицы измерения давления.
4. Укажите, в чём измеряется сила давления.
5. Дать определение понятию «центр давления».
6. Напишите формулу для определения силы давления.
7. Назвать приборы для измерения давления.

8. Если высота столба жидкости (вода пресная) в пьезометре $h=0,5$ м, как выразить это давление в Па?
9. Назвать, какие силы относятся к массовым.
10. Приведите примеры неньютоновской жидкости.
11. Если жидкость (вода) при 20°C имеет динамическую вязкость $\mu=1,005 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м², плотность $\rho=998,2$ кг/м³, чему будет равна кинематическая вязкость ν ?

Тема 2. Кинематика жидкостей

Ключевые вопросы темы

1. Способы описания движения жидкости (способ Лагранжа, способ Эйлера).
2. Установившееся и неустановившееся движение.
3. Классификация потоков по характеру границ.
4. Гидравлические характеристики потока жидкости.
5. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности жидкости.

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Написать уравнение неразрывности жидкости.
2. Чем линия тока отличается от траектории движения частицы жидкости?
3. Охарактеризовать установившееся неравномерное движение жидкости.
4. Дать определение понятию «расход жидкости».
5. Что такое «смоченный периметр потока»?
6. Если значение живого сечения потока $\omega=27,9$ м², смоченный периметр $\chi=83,4$ м, то чему будет равен гидравлический радиус?

Тема 3. Динамика жидкости

Ключевые вопросы темы

1. Дифференциальные уравнения Эйлера для движения идеальной жидкости. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса).

2. Режимы движения жидкостей.

3. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.

4. Гидравлические сопротивления в потоках жидкости.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов.

Тема практической работы 2. Расчет простого трубопровода.

Цель работы: научиться выполнять гидравлический расчет простого трубопровода.

Тема практической работы 3. Расчет трубопровода с ветвлением.

Цель работы: научиться выполнять гидравлический расчет трубопровода с ветвлением.

Тема лабораторной работы 2. Исследование режимов течения жидкости в трубах. Опыт Рейнольдса.

Цель работы: изучить режимы движения жидкости, понять физический смысл числа Рейнольдса.

Тема лабораторной работы 3. Гидравлические потери при ламинарном течении в трубе.

Цель работы: ознакомиться с экспериментальными методами определения коэффициента гидравлического трения, научиться устанавливать зависимость между потерями напора на трение и средней скоростью движения жидкости в трубе постоянного диаметра при ламинарном режиме.

Тема лабораторной работы 4. Гидравлические потери при турбулентном течении в трубе.

Цель работы: ознакомиться с экспериментальными методами определения коэффициента гидравлического трения, научиться устанавливать зависимость между потерями напора на трение и средней скоростью движения жидкости в трубе постоянного диаметра при турбулентном режиме.

Тема лабораторной работы 5. Тарировка дроссельного расходомера.

Цель работы: ознакомиться с назначением и устройством дроссельных расходомеров, с методом измерения расхода жидкости в напорных трубопроводах; с экспериментальными методами определения коэффициента расхода дроссельного расходомера.

Тема лабораторной работы 6. Исследование водопропускной способности малого отверстия и насадка.

Цель работы: ознакомиться с экспериментальными методами определения коэффициентов сжатия струи, расхода и скорости при установившемся истечении жидкости из отверстия в тонкой стенке и цилиндрического насадка.

Тема лабораторной работы 7. Гидравлический удар в напорном трубопроводе.

Цель работы: изучить явление гидравлического удара в напорном трубопроводе.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Указать от каких параметров зависит коэффициент гидравлического трения при турбулентном режиме в квадратичной области сопротивления.

2. Написать размерность скоростного напора.

3. Написать уравнение Бернулли для реальной жидкости.

4. При известных значениях коэффициента гидравлических потерь $\zeta=4,0$ и средней скорости движения потока $v_{cp}=2,2$ м/с определить величину гидравлических потерь в местных сопротивлениях.

5. Назвать режим движения жидкости (воды) при значениях средней скорости потока $v_{cp}=2,2$ м/с, кинематической вязкости жидкости $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6}$ м²/с, протекающей по трубопроводу диаметром $d=40$ мм.

6. Укажите области сопротивления, которые могут возникать при турбулентном режиме движения жидкости.

7. Дать определение понятию «тарировочная зависимость».

8. Выразить среднюю скорость потока, если известны расход потока жидкости и диаметр трубопровода.

9. Назвать причины возникновения гидравлических потерь по длине трубопровода.

10. Чему равен коэффициент сжатия ε на выходе из насадка?

Тема 4. Движение жидкости в открытых руслах

Ключевые вопросы темы

1. Общие сведения. Установившееся и неустановившееся движение в открытых руслах. Шероховатость русел, распределение скоростей в открытых потоках. Удельная энергия сечения. Гидравлически наивыгоднейшее сечение канала.

2. Формы свободной поверхности потока. Построение кривых свободной поверхности в естественных руслах.

3. Гидравлический прыжок, прыжковая функция и ее график.

4. Водосливы, истечение из-под затворов.

5. Сопряжение бьефов, водобойные сооружения. Гидравлический расчет сопрягающих сооружений.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов.

Тема практической работы 4. Гидравлический расчет канала при равномерном движении.

Цель работы: научиться выполнять гидравлический расчет канала при равномерном движении.

Тема практической работы 5. Гидравлический расчет канала при неравномерном движении жидкости.

Цель работы: научиться выполнять гидравлический расчет канала, определять тип кривой свободной поверхности потока.

Тема практической работы 6. Гидравлический расчет сооружений.

Цель работы: научиться выполнять гидравлический расчет водослива с широким порогом.

Тема лабораторной работы 8. Опытное определение коэффициента шероховатости русла.

Цель работы: ознакомиться с физической картиной движения жидкости в открытом русле и установить влияние шероховатости стенок на пропускную способность потока.

Тема лабораторной работы 9. Определение расходов мерными водосливами с острым ребром.

Цель работы: изучить процесс прохождения жидкости через водослив с острой стенкой, овладеть навыками определения расхода воды при истечении через треугольный и трапецеидальный водосливы.

Тема лабораторной работы 10. Определение коэффициента расхода прямоугольного водослива с острым ребром.

Цель работы: ознакомиться с процессом прохождения жидкости через прямоугольный водослив с острым ребром, овладеть навыками определения коэффициента расхода воды опытным путем.

Тема лабораторной работы 11. Истечение через водослив практического профиля.

Цель работы: изучить процесс прохождения жидкости через водослив практического профиля.

Тема лабораторной работы 12. Истечение через водослив с широким порогом.

Цель работы: изучить физическую картину движения жидкости через водослив с широким порогом.

Тема лабораторной работы 13. Истечение жидкости из-под затвора.

Цель работы: изучить процесс истечения жидкости из-под затвора, овладеть навыками определения расхода воды при истечении из-под затвора.

Тема лабораторной работы 14. Изучение гидравлического прыжка в прямоугольном русле.

Цель работы: изучить явление гидравлического прыжка в прямоугольном русле.

Тема лабораторной работы 15. Исследование характера сопряжения потока в нижнем бьефе.

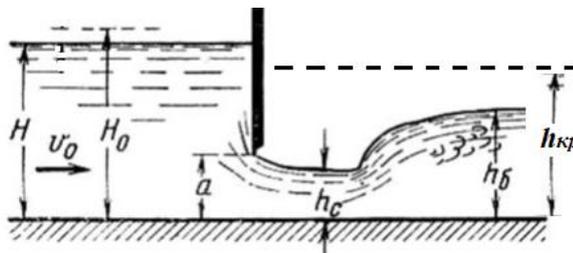
Цель работы: исследовать виды сопряжения потока.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Вычислить расходную характеристику $K_{норм}$, соответствующую нормальному расходу $Q_{норм} = 8,5 \text{ м}^3/\text{с}$ при заданном уклоне $i = 0,001$.

2. Определить коэффициент шероховатости русла по формуле И. И. Агроскина, если известны значения скорости потока $v = 0,017 \text{ м/с}$, гидравлический радиус $R = 0,2 \text{ м}$ и уклон $i = 0,0016$.

3. Определить, какой случай истечения из-под затвора изображён на рисунке (свободное или несвободное истечение).



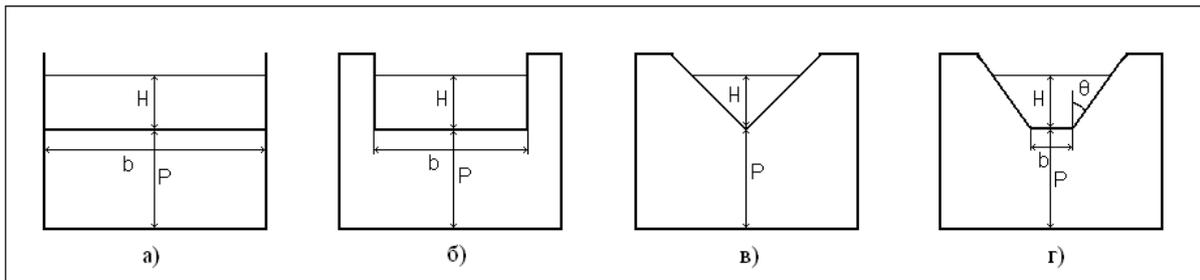
4. Перечислить виды сопряжения потока в нижнем бьефе.

5. Назвать вид прыжкового сопряжения при $h_{раз} < h_б$.

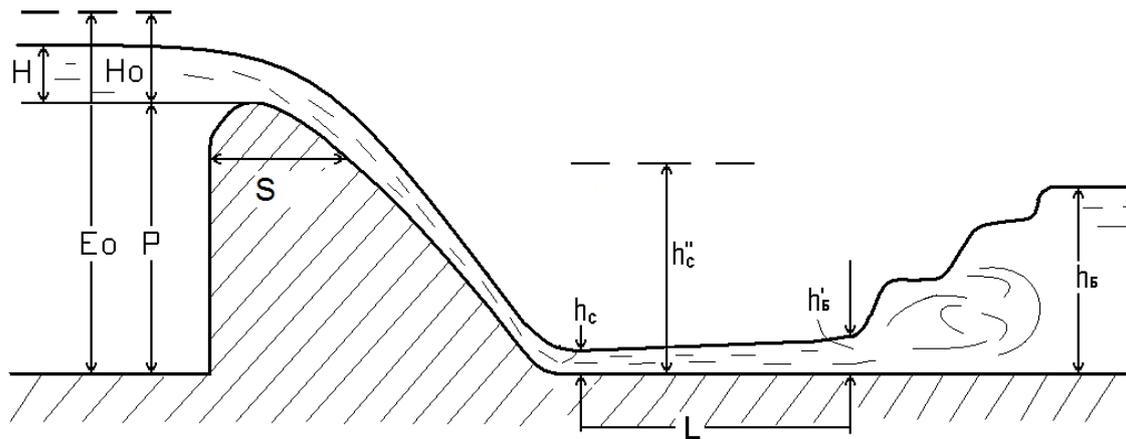
6. Определить напор с учетом скорости подхода при напоре над гребнем водослива $H = 0,5 \text{ м}$, скорости потока $0,06 \text{ м/с}$.

7. Начертить схему трапецидального водослива с указанием всех основных параметров (ширина по дну, напор над водосливом и т.д.).

8. Определить типы водосливов, изображенных на рисунке.



9. Указать тип водослива, изображенного на рисунке.



2. 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 в области гидравлики. Только после этого можно приступать к выполнению практических заданий и лабораторных работ.

После проработки теоретического материала, выполнения практической или лабораторной работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

При освоении данной дисциплины студент должен выполнить курсовой проект, пройти тестирование.

При выполнении курсового проекта следует придерживаться следующих правил:

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

Курсовой проект 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 30 вопросов.

Библиографический список

1. СО 34.21.308-2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.
2. СП 100.13330.2016 Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85 (с Изменением N 1).
3. Ахмедова, Н. Р. Гидравлика: учеб.-методич. пособие по лаб. работам для студ., обуч. в бакалавриате по направлению подгот. 20.03.02 Природообустройство и водопользование / Н. Р. Ахмедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 92 с.
4. Гидравлика: учеб.-метод. пособие по практ. занятиям для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подгот. 20.03.02 – Природообустройство и водопользование / Н. Р. Ахмедова; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2020. – 38 с.
5. Гидромеханика: учеб. / А. Ш. Ачкинадзе [и др.]. – Санкт-Петербург: Мор Вест, 2007. – 551 с.
6. Чугаев, Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учеб. / Р. Р. Чугаев; под ред. Б. И. Леонова. – 6-е изд., репринт. – Москва: БАСТЕТ, 2013. – 672 с.
7. Профессиональная справочная система Техэксперт
<http://техэксперт.рус/>

Приложение А. Экзаменационные вопросы

1. Основные свойства жидкостей.
2. Основное уравнение гидростатики. Приборы для измерения давления.
3. Силы, действующие в жидкости.
4. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
5. Сила гидростатического давления на криволинейную стенку.
6. Основные понятия кинематики жидкости: линия тока, траектория частицы, трубка тока, элементарная струйка, поток. Движение установившееся и неустановившееся.
7. Уравнения постоянства расхода и неразрывности для потока несжимаемой жидкости.
8. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
9. Гидравлические потери напора.
10. Потери напора по длине трубопровода: формулы для определения коэффициента Дарси и области их применения.
11. Истечение жидкости из отверстия и насадка.
12. Режимы движения жидкости. Опыт Рейнольдса.
13. Трубопроводы: классификация, основные расчеты.
14. Установившееся и неустановившееся движение в открытом русле.
15. Допустимые скорости при расчете каналов. Гидравлическая крупность наносов.
16. Гидравлический прыжок. Виды и структура. Прыжковая функция и ее график.
17. Гидравлический удар.
18. Водосливы: определение, классификации, формула расхода.
19. Водослив практического профиля. Формула расхода, учет подтопления и бокового сжатия.

20. Водослив с широким порогом. Формула расхода, учет подтопления и бокового сжатия.
21. Водослив с тонкой стенкой. Формула расхода, учет подтопления и бокового сжатия.
22. Истечение из-под затворов, виды истечений.
23. Удельная энергия сечения. Критическая глубина потока. Критический уклон потока. Спокойные и бурные потоки.
24. Построение кривых свободной поверхности в призматическом русле.
25. Гидравлический расчет водобойного колодца.
26. Сопрягающие сооружения. Гидравлический расчет перепада.
27. Сопрягающие сооружения. Гидравлический расчет водобойной стенки.
28. Сопрягающие сооружения. Гидравлический расчет быстротока.
29. Типы гасителей энергии потока, условия их применения.
30. Виды сопряжения потока в нижнем бьефе.

Локальный электронный методический материал

Наталья Равиловна Ахмедова

ГИДРАВЛИКА

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,1. Печ. л. 1,3

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