

Министерство образования и науки Российской Федерации

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

05.23.16 «Гидравлика и инженерная гидрология»

по техническим наукам

Программа-минимум
содержит 12 стр.

2007

Введение

Настоящая программа отражает основные положения по теории и методам расчета гидравлики и инженерной гидрологии. В ее основу положены следующие дисциплины: «Механика жидкости и газа», «Гидромеханика», «Гидравлика», «Гидравлика и гидравлические машины», «Гидрология, гидрометрия и регулирование стока».

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России по строительству и архитектуре при участии Московского университета природообустройства и Московского государственного строительного университета.

1. Основы механики жидкости

1.1. Вводные сведения

Предмет гидравлики (технической механики жидкости). История формирования и развития гидравлики, ее современное состояние. Области применения гидравлики в технике.

Основные физические свойства жидкости и газа. Модель сплошной среды. Силы, действующие в жидкости. Напряженное состояние в точке сплошной среды. Вязкость жидкости и газа. Понятие о неньютоновских и аномальных жидкостях. Фазовые переходы жидкости, кипение и кавитация. Системы единиц физических величин в гидравлике. Силы, действующие в жидкостях. Напряжения поверхностных сил.

1.2. Основы кинематики.

Методы описания движения жидкости. Субстанциональная производная. Установившееся и неуставившееся движение жидкости. Линия тока, траектория, трубка тока, элементарная струйка. Теорема Коши-Гельмгольца о составляющих движения жидкой частицы. Поступательное,

вращательное и деформационное движение объема жидкости. Тензор скоростей деформации. Вихревые линии и трубки. Теорема Гельмгольца о постоянстве напряжения вихревой трубки по ее длине. Циркуляция скорости и теорема Стокса.

Безвихревое движение. Потенциал скорости и его свойства. Плоские течения и функции тока. Гидродинамическая сетка.

1.3. Основы динамики жидкости

Основные законы динамики сплошной среды: закон сохранения массы, закон изменения количества движения, момента количества движения, кинетической энергии. Уравнения неразрывности в общей интегральной дифференциальной и гидравлической формах. Уравнение движения жидкости в напряжениях (уравнения Коши). Обобщенный закон вязкого трения. Тензор напряжений. Понятие гидродинамического давления. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Уравнение Бернулли для линии тока вязкой жидкости. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (уравнения Эйлера) и их интегралы.

Общая задача гидродинамики. Начальные и граничные условия для дифференциальных уравнений движения. Формулировка задачи гидродинамики в случае потенциального движения жидкости. Динамические свойства вихрей в идеальной жидкости.

1.4. Потенциальные течения невязкой жидкости.

Основные свойства потенциальных течений, их суперпозиция. Плоская задача. Комплексный потенциал и его свойства. Метод конформных отображений. Сущность метода особенностей. Приближенные методы. Численные методы и применение ЭВМ.

1.5. Основные задачи теории ламинарного движения вязкой жидкости.

Примеры точных решений уравнений Навье-Стокса (течение в цилиндрических трубах, течение между параллельными плоскостями, диффузия вихрей). Обзор приближенных методов. Численные методы решения уравнений Навье-Стокса.

Ламинарный пограничный слой. Уравнение Прандтля и интегральные соотношения. Обзор методов расчета. Влияние градиента давления и отрыв пограничного слоя.

1.6. Турбулентное движение жидкости

Гидродинамическая неустойчивость и возникновение турбулентности. Мгновенные местные значения гидродинамических величин и способы их осреднения. Модель Рейнольдса-Буссинеска осредненного турбулентного потока. Уравнения Рейнольдса и проблема их замыкания. Турбулентные напряжения и коэффициент турбулентной вязкости. Современные полуэмпирические теории турбулентности. Уравнения баланса энергии для турбулентного потока. Тепло- и массоперенос в турбулентном потоке.

Статистический подход к описанию турбулентных потоков. Однородная и изотропная турбулентность. Структура продольно-однородного турбулентного потока в трубе. Гипотеза локальности.

Турбулентный пограничный слой. Обзор методов расчета.

1.7. Гидродинамическое подобие, моделирование, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований.

Влияние различных факторов на движение жидкости. Пи-теорема. Подобие физических явлений. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии подобия гидродинамических явлений. Необходимые и достаточные условия подобия. Методы моделирования различных классов течений. Основы планирования экспериментов. Методы обработки экспериментальных данных.

1.8. Теоретические основы решения одномерных задач механики жидкости.

Классификация движений жидкости (равномерное - неравномерное, напорное - безнапорное, установившееся – неуставившееся, плавно изменяющееся – резко изменяющееся). Распределение гидродинамического давления в живом сечении потока жидкости. Уравнение Бернулли для установившегося потока вязкой жидкости. Коэффициент кинетической энергии. Уравнение количества движения для одномерных течений. Коэффициент количества движения. Уравнение баланса энергии в случае разделения и слияния потоков. Основное уравнение равномерного движения. Динамическая скорость. Потери напора при равномерном движении жидкости. Формулы Вейсбаха-Дарси и Шези, их взаимосвязь. Гидравлический коэффициент трения и практические способы его определения. Зернистая и эквивалентная шероховатости. Потери напора при резком расширении турбулентного потока. Формула Вейсбаха. Уравнение Бернулли для напорного неуставившегося движения жидкости. Инерционный напор. Гидравлический удар в трубах. Формулы Жуковского. Волновые уравнения. Применение ЭВМ и численные методы их решения. Начальные и граничные условия.

1.9. Основы расчета установившегося движения жидкости в трубах и каналах.

Классификация трубопроводов. Основные задачи расчета трубопроводных систем. Силовое воздействие напорного потока и свободной струи на твердые поверхности.

Удельная энергия сечения, критическая и нормальная глубины, критический уклон. Бурное и спокойное состояния потока. Равномерное движение в каналах. Дифференциальное уравнение установившегося плавно изменяющегося безнапорного движения жидкости. Исследование форм

свободной поверхности в призматическом русле. Построение кривых свободной поверхности в призматических руслах.

Гидравлический прыжок, его типы, уравнения и расчет.

1.10. Истечение через отверстия, насадки и водосливы.

Истечение жидкости через отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Расход и скорость при истечении через отверстия и насадки. Виды насадков, соотношение расходов и скоростей при истечении из различных насадков.

Классификация водосливов. Формулы для расхода через водосливы. Подтопленные водосливы; критерии подтопления. Учет бокового сжатия.

2. Специальные разделы гидравлики

2.1. Струйные течения.

Основы теории струйных течений идеальной жидкости. Годограф скорости и применение метода конформных отображений. Типовые задачи. Затопленные струи вязкой жидкости. Поле скоростей. Автомодельные задачи для ламинарных и турбулентных струй. Полуограниченные струи.

2.2. Неоднородные течения вязкой жидкости в ограниченных пространствах.

Ползущие течения в щелях и кольцевых пространствах. Типовые задачи. Основы гидродинамической теории смазки. Гидродинамический расчет щелевых уплотнений.

2.3. Турбулентные течения в полостях машин и аппаратов.

Методы приближенных расчетов течений в криволинейных напорных каналах.

2.4. Движение многофазных жидкостей.

Установившееся и неустановившееся движение многофазных жидкостей (жидкость + газ + твердые взвеси). Уравнения напорного движения многофазных жидкостей. Скорость распространения упругой и ударной волн. Численные методы решения уравнений. Применение ЭВМ.

2.5. Стратифицированные потоки

Общие уравнения стратифицированных потоков. Методы решения, характеристики и кинематическая структура. Применение ЭВМ.

2.6. Обтекание тел потоком вязкой жидкости

Общие формулы для сил и моментов воздействия жидкости на обтекаемое тело. Подъемная сила и лобовое сопротивление. Обтекание сферы, кризис сопротивления.

Неустановившееся движение тела в жидкости. Присоединенные массы и моменты.

2.7. Кавитация.

Физическая сущность кавитации. Стадии кавитации и их основные характеристики. Классификация кавитационных течений. Суперкавитация и ее теоретические схемы. Кавитационная эрозия поверхностей проточных частей машин и сооружений.

2.8. Гидравлика сооружений.

Основные формы течений через безнапорные водоводы. Основы теории сопряжения бьефов и методы гашения избыточной энергии открытого потока. Гасители энергии и их расчет.

Плановая задача гидравлики. Методы построения плана спокойных течений. Двухмерные бурные потоки. Основные уравнения и метод характеристик. Косые гидравлические прыжки.

Неустановившееся течение в каналах и реках (одномерная задача). Уравнения Сен-Венана и методы их решения. Прерывные волны. Численные методы расчета длинных и прерывных волн. Явные и неявные разностные схемы. Начальные и граничные условия. Применение ЭВМ

2.9. Движение грунтовых вод

Движение жидкости в пористой среде, скорость фильтрации. Основной закон ламинарной фильтрации. Дифференциальные уравнения движения грунтовых вод. Плоская задача фильтрации. Гидродинамическая сетка. Метод электрогидродинамической аналогии (ЭГДА) для решения фильтрационных задач. Применение функций комплексного переменного. Плавное изменяющееся безнапорное движение грунтовых вод; уравнение Дюпюи. Построение кривых депрессии. Фильтрация через земляную плотину. Приток грунтовых вод к колодцу и дрене. Обзор современных методов фильтрационных задач. Применение ЭВМ.

3. Инженерная гидрология

3.1. Общая гидрология суши.

Круговорот воды в природе. Водный баланс. Уравнение водного баланса речных бассейнов. Связь водного и теплового балансов территории и водных объектов. Водные ресурсы Земли. Водные ресурсы РФ. Охрана водных ресурсов. Водное законодательство РФ. Задачи Комитета РФ по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Климатические факторы стока. Испарение с водной поверхности и с поверхности суши. Испаряемость.

Физико-географические факторы, формирующие сток. Влияние антропогенной деятельности на режим стока. Взаимодействие поверхностных и подземных вод.

Основные фазы водного режима. Источники питания рек. Колебания уровней и расходов воды.

Гидромеханический анализ поверхностного стока. Общие сведения о водной эрозии и стоке наносов. Тепловые процессы, протекающие в водоемах и водотоках. Закономерности, которым подчиняются температурные поля в водных объектах. Распространение тепла. В водных ламинарных и турбулентных потоках.

Прогнозирование и регулирование процессов образования и таяния льда в различных гидравлических и тепловых условиях. Термические и ледовые процессы в водных объектах. Тепловое взаимодействие водоемов и водотоков с гидротехническими и другими (транспортными, рекреационными, энергетическими и природоохранными) сооружениями. Гидравлический режим потока под ледяным покровом, в том числе с учетом движения ледяных частиц в потоке, а также по поверхности льда, ледяным каналам и водосливам. Процессы заторо- и зажорообразования и пропускная способность русел в зимний период.

3.2. Гидрометрия и учет водных ресурсов.

Режим уровней и расходов и организация наблюдений за ними. Точность гидрологических измерений. Обработка водомерных наблюдений. Связь между уровнями и расходами.

Методы измерения скоростей течения и определения расходов воды.

Наблюдения за расходами взвешенных и донных наносов в реках, озерах и водохранилищах. Определение расходов взвешенных и влекомых наносов. Система мониторинга.

3.3. Гидрологические расчеты.

Классификация методов гидрологических расчетов. Генетические и вероятностные методы расчета речного стока.

Изменчивость годового стока. Применение математической статистики к определению расчетных гидрологических характеристик речного стока.

Кривые повторяемости и обеспеченности. Основные статистические параметры и методы их определения.

Расчет максимальных и минимальных расходов при наличии ряда наблюдений, при коротком ряде и при отсутствии наблюдений.

Гидрологические прогнозы. Математическое моделирование речного стока. Гидрохимия речного стока.

3.4. Хозяйственное звено круговорота воды. Формирование качества поверхностных вод.

Основные водопользователи и методы определения их современных и перспективных потребностей в воде. Требования, предъявляемые к качеству воды. Нормирование качества воды. Основные факторы загрязнения речных вод и водохранилищ. Отчетные и перспективные водохозяйственные балансы.

3.5. Регулирование речного стока.

Задачи и виды регулирования стока. Назначение и классификация водохранилищ. Основные характеристики водохранилищ.

Влияние создания водохранилищ на режим стока. Заиление водохранилищ. Методы борьбы с заилением.

Методы расчета регулирования стока. Особенности зимнего режима водохранилищ.

Изменение качества воды водохранилищ при регулировании стока.

Мероприятия по охране водных ресурсов водохранилищ от загрязнения.

3.6. Движение наносов и русловые процессы.

Образование речных наносов и их характеристики.

Движение взвешенных наносов. Транспортирующая способность потока. Движение влекомых наносов. Грядовая форма перемещения донных наносов.

Русловые процессы. Взаимодействие потока и русла. Русловые деформации. Устойчивость русел неукрепленных каналов и рек.

Гидроморфологические зависимости. Моделирование речных потоков и русловых процессов. Переработка берегов водохранилищ.

Селевые потоки, их происхождение и географическое распространение.

Основная литература

1. Гидгидов А.Д. Техническая механика жидкостей и газа. – СПб.: Изд. СпбГТУ, 1999. – 395 с.
2. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа – М.: Наука, 1978. –736 с.
4. Ляхтер В.М., Прудовский А.М. Гидравлическое моделирование. – М.: Энергоатомиздат, 1984. –392 с.
5. Справочник по гидравлическим расчетам /Под ред. П.Г. Киселева. – М.: - Энергия, 1977. –312 с.
6. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: В 2 кн. Кн1. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – Кн. 2 351 с.
7. Эббот М.Б. Вычислительная гидравлика. Гидравлика открытого потока: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. –272 с.
8. Воропаев Г.В., Исмайылов Г.Х., Федоров В.М. Развитие водохозяйственных систем. М.: Наука, 1989. – 295 с.
9. Железняков Г.В., Овчаров Е.Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. М.: Колос, 1993 –230 с.

10. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981 – 225 с.

Дополнительная литература

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 432 с.
2. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. – М.: Энергия, 1988. – 624 с.
3. Кучмент Л.С., Гельфан А.Н. Динамико-стохастические модели формирования речного стока. М.: Наука, 1993 –101 с.
4. Раткович Д.Я., Болгов М.В. Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна. М.: ИВП РАН, 1997
5. Штеренлихт Д.В. Очерки истории гидравлики, водных и строительных искусств. Учебное пособие.- М.: ГЕОС, 1999,2000 кн.1 – 392 с., кн.2. – 261 с., кн.3. – 382 с., кн. 4. – 346 с.