



**ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
"МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА"**

Для направлений:

- 550100 - Строительство
- 550300 - Полиграфия
- 550600 - Горное дело
- 550800 - Химическая технология
и биотехнология
- 551000 - Авиа- и ракетостроение
- 551400 - Наземные транспортные средства
- 551800 - Технологические машины
и оборудование
- 552000 - Эксплуатация авиационной
и космической техники
- 552400 - Технология продуктов питания
- 552600 - Кораблестроение и океанотехника
- 552700 - Энергомашиностроение
- 553300 - Прикладная механика
- 553600 - Нефтегазовое дело
- 560700 - Природообустройство
- 561000 - Рыболовство

Издание официальное

Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

*

Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Одобрена научно-методическим советом по гидравлике (технической механике жидкости)
Председатель А.А.Шейпак

Составлена в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по указанным направлениям.
Утверждаю:
Начальник Главного управления образовательно-профессиональных программ и технологий Ю.Г.Татуру

**ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

"МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА"

Для направлений:

- 550100 - Строительство
- 550300 - Полиграфия
- 550600 - Горное дело
- 550800 - Химическая технология и биотехнология
- 551000 - Авиа- и ракетостроение
- 551400 - Наземные транспортные средства
- 551800 - Технологические машины и оборудование
- 552000 - Эксплуатация авиационной и космической техники
- 552400 - Технология продуктов питания
- 552600 - Кораблестроение и океанотехника
- 552700 - Энергомашиностроение
- 553300 - Прикладная механика
- 553600 - Нефтегазовое дело
- 560700 - Природообустройство
- 561000 - Рыболовство

Москва, 1996 г.

Примерная программа дисциплины
"Механика жидкости и газа"

Для направлений:

- 550100 - Строительство
- 550300 - Полиграфия
- 550600 - Горное дело
- 550800 - Химическая технология и биотехнология
- 551000 - Авиа- и ракетостроение
- 551400 - Наземные транспортные средства
- 551800 - Технологические машины и оборудование
- 552000 - Эксплуатация авиационной и космической техники
- 552400 - Технология продуктов питания
- 552600 - Кораблестроение и океанотехника
- 552700 - Энергомашиностроение
- 553300 - Прикладная механика
- 553600 - Нефтегазовое дело
- 560700 - Природообустройство
- 561000 - Рыболовство

I. ПРЕДИСЛОВИЕ

Механика жидкости и газа (гидравлика) - наука, входящая в цикл механических дисциплин, изучающая законы равновесия и движения жидких и газообразных тел и применение этих законов для решения технических задач.

Дисциплина базируется на высшей математике (теория поля, дифференциальные уравнения), физике (механика, свойства жидкостей и газов), теоретической механике. Анализ содержания реферативного журнала "Механика" за последние 5 лет показал, что только 12% публикаций относится к механике твёрдого недеформируемого тела (включая теорию механизмов и машин, а также теорию машин-автоматов), механика жидкости и газа, а также устройства и машины на её основе, отражена в 34% публикаций, а механика деформируемого твёрдого тела (сопротивление материалов, теория упругости, пластичность, и т.д.) - в 54%. Таким образом, появление новых машин и технологий следует связывать, скорее всего, с методологией и результатами, полученными в механике деформируемой

сплошной среды.

В различных отраслях техники в зависимости от конкретного состава учебного курса, практических приложений и аспекта изложения применяются различные практически эквивалентные наименования: "Механика жидкости и газа", "Гидравлика", "Техническая гидромеханика", "Гидрогазодинамика", "Техническая механика жидкости". Кроме того, в некоторых учебных планах гидравлика объединяется в одном курсе с другими дисциплинами: "Гидравлика и гидравлические машины", "Гидравлика и гидроневопривод", "Гидравлика, гидрология и гидрометрия", "Гидравлика, водоснабжение и канализация", "Гидравлика и аэродинамика", "Основы теплообмена", "Процессы и аппараты" и т. д.

Специфика Механики жидкости и газа (МЖГ) обусловлена деформируемостью материала тел, являющихся объектом изучения. Отсюда следует специфическая форма записи общих законов сохранения массы, импульса, энергии и соответствующие специфические методы их решения. Эти методы требуют целесообразного выбора конфигурации контрольного жидкого объема, формирования начальных и граничных условий (часто с привлечением экспериментальных данных) и корректной постановки математической задачи. Многие численные методы решения нелинейных уравнений в частных производных разработаны и разрабатываются применительно к задачам МЖГ. Для получения практически приемлемых результатов необходимо также привлечение опытных данных и допустимое упрощение исходных уравнений. Специфической чертой МЖГ является существенное влияние диссипативных процессов и нелинейных эффектов. В практическом плане учет этих явлений приводит к специфике методов расчета трубопроводных систем и проточных частей гидравлических и газовых машин и устройств. Важнейшей частью МЖГ является эксперимент, который служит как для первичного изучения явления, так и для создания адекватных расчетных схем, причем одним из важнейших объектов эксперимента являются поля скоростей и давлений.

Развитие дисциплины связано с использованием численных методов для определения влияния диссипативных процессов и нелинейных эффектов, являющихся наиболее существенными чертами предмета, а также с включением задач течения жидкости с физическими и химическими эффектами, которые могут послужить основой создания новых высоких технологий в том числе для разработки высокоэкологических производств (облитерация, эффект Том-

са, электромагнитные явления, течения с химическими реакциями и т. д.)

Примерная программа состоит из двух частей:

1. общие законы механики жидкости и типовые для всех отраслей техники инженерные задачи (базовое содержание или "ядро" дисциплины);

2. специальные разделы дисциплины ("модули"), которые рекомендуется включать в состав рабочей программы в том или ином наборе, наиболее подходящем для определённого направления или специальности.

Программой не определяется полнота изложения отдельных вопросов. В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть её методами в той степени, которая достаточна для решения типовых инженерных задач и для чтения современной научной и технической литературы.

Рекомендуемые научно-методическим советом комбинации разделов "ядра" в зависимости от объема курса даны в таблице.

Таблица. Рекомендуемый состав базовой части ("ядра") дисциплины.

Уровень подготовки	Число часов аудитор. зан.	Разделы базового содержания дисциплины
1	50	1.1, 1.2, 1.3.2, 1.3.5, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5
2	80	1.1, 1.2, 1.3.2, 1.3.5, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5
3	100	1.1, 1.2, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.5, 1.3.7, 1.4
4	120	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
5	140	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
6	200	1.1, 1.2, 1.3, 1.4

Примечание. Объем лабораторного практикума должен составлять не менее 25% обязательных аудиторных занятий.

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Базовое содержание дисциплины ("ядро").

1.1. Вводные сведения. Основные физические свойства жидкостей и газов

Предмет механики жидких сред. Примеры гидромеханических задач из отраслей техники. Краткие исторические сведения о развитии науки.

Объект изучения, физическое строение жидкостей и газов. Гипотеза сплошности. Основные физические свойства: сжимаемость, текучесть, вязкость. Два режима движения жидкостей и газов. Растворимости газов в жидкостях, кипение, кавитация. Неньютоновские жидкости.

1.2. Основы кинематики

Два метода описания движения жидкостей и газов. Понятие о линиях и трубках тока. Ускорение жидкой частицы. Расход элементарной струйки и расход через поверхность. Уравнение неразрывности (сплошности) в разных формах. Общий характер движения и деформаций жидких частиц, разложение сложного движения на составляющие; вихревое и безвихревое (потенциальное) движения.

1.3. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов.

1.3.1. Силы, действующие в жидкостях; напряжения поверхностных сил; напряженное состояние. Уравнения в напряжениях.

1.3.2. Абсолютный и относительный покой жидких сред. Уравнения Эйлера и их интегралы. Основная формула гидростатики; распределение давления в покоящейся среде. Определение сил давления покоящейся среды на плоские и криволинейные стенки. Относительное равновесие жидкости.

1.3.3. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Уравнения Эйлера и их интегралы для разных случаев движения. Уравнение Бернулли. Напряжения сил вязкости, обобщенная гипотеза Ньютона. Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для линии тока вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для относи-

тельного движения.

1.3.4. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения.

1.3.5. Подобие гидромеханических процессов. Числа и критерии подобия. Методы моделирования. Понятие о методе размерностей.

1.3.6. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах. Диссипация и перенос энергии. Уравнение переноса теплоты.

1.3.7. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Уравнение Рейнольдса. Основные гипотезы о турбулентных напряжениях.

1.3.8. Конечно-разностные формы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса.

1.3.9. Общая схема применения численных методов и их реализация на ЭВМ.

1.4. Одномерные потоки жидкостей и газов

1.4.1. Одномерная модель и приведение к ней плавноизменяющихся течений. Обобщение уравнения Бернулли. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация. Структура формул для вычисления потерь энергии (напора). Основная формула равномерного движения.

1.4.2. Сопротивления по длине, основная формула потерь. Данные о гидравлическом коэффициенте трения. Зоны сопротивления. Ламинарный поток в трубе и приведение его к одномерной модели. Турбулентное течение в трубах, физическая природа турбулентных напряжений и их представление на основе полуэмпирических теорий. Законы распределения скоростей и сопротивлений при турбулентных течениях в трубах. Сводка наиболее употребительных формул для гидравлического коэффициента трения.

1.4.3. Местные гидравлические сопротивления, основная формула; зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса и геометрических параметров. Частные виды местных сопротивлений: вход в трубу, внезапное расширение, диффузоры и др.

1.4.4. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расчет трубопроводных систем: простые трубопроводы, сложные трубопроводы, трубопроводы с переменным расходом по пути. Тупиковые и кольцевые водопроводные сети. Применение ЭВМ. Силовое воздействие потока на ограничивающие его стенки.

1.4.5. Одномерное неустановившееся движение, основное уравнение, инерционный напор. Случаи малых ускорений - истечение из резервуаров при переменных напорах. Большие ускорения, колебания давлений и уровней в напорных системах. Гидравлический удар в трубах, формулы Жуковского.

1.4.6. Одномерное течение невязкого газа. Основные термодинамические соотношения. Уравнение Бернулли. Параметры торможения и критическая скорость. Уравнение Гюгонио и его анализ; переход через скорость звука. Сопло Лавала. Истечение газа через сужающееся сопло. Прямой скачок уплотнения.

1.4.7. Изотермическое и адиабатное движение газа в трубах. Основы расчета газопроводов при малых и больших перепадах давлений. Расчет газопроводов, систем вентиляции и газопроводов.

Раздел 2. Специальные разделы дисциплины (модули)

2.1. Потенциальные (безвихревые) течения жидкостей и газов.

2.1.1. Общие свойства безвихревых течений; постановка задачи. Суперпозиция потенциальных течений. Плоские течения, гидродинамическая сетка, способы ее построения и использование для расчета поля скоростей.

2.1.2. Применение функций комплексного переменного. Комплексный потенциал и сопряженная скорость. Простейшие плоские потенциальные потоки (равномерный поток, источник-сток, диполь, вихрь, вихревой слой). Суперпозиция элементарных течений. Обтекание круглого цилиндра с циркуляцией; эффект Магнуса и образование подъемной (поперечной) силы Жуковского. Метод конформных отображений. Обтекание с циркуляцией плоской пластины. Постулат Жуковского-Чаплыгина. Постановка задачи об обтекании крылового профиля. Сущность методов особенностей.

2.1.3. Понятие о разрывных течениях идеальной жидкости. Схемы Кирхгофа и др. Элементы методов теории струй идеальной жидкости.

2.1.4. Пространственные потенциальные течения; применение криволинейных координат. Простейшие пространственные потенциальные течения и их суперпозиция. Применение метода особенностей. Расчеты течений в осесимметричных каналах. Неустановившееся движение тела в идеальной жидкости, инерционное сопротивление и понятие о присоединенных массах.

2.1.5. Плоские и осесимметричные течения невязкого газа.

2.1.5.1. Распространение малых возмущений в газе. Линии возмущения в сверхзвуковом потоке. Основные формулы теории малых возмущений. Обтекание твердых тел дозвуковым и сверхзвуковым потоком газа при малых возмущениях.

2.1.5.2. Общие уравнения для потенциала скорости и функции тока при конечных возмущениях в потоке газа. Преобразование уравнений для дозвуковых течений. Метод Чаплыгина; приближенные методы расчета. Сверхзвуковые течения; характеристики и их свойства. Общая схема метода характеристик, типовые (элементарные) задачи. Простые волны в сверхзвуковом потоке газа; течение Прандтля-Майера. Обтекание внутреннего угла, косые скачки уплотнения. Расчет сверхзвукового потока в плоском канале произвольной формы.

2.2. Плоские и осесимметричные течения вязкой жидкости.

2.2.1. Общие свойства вязких течений. Точные решения уравнений Навье-Стокса: течения между пластинами, в кольцевой трубе, между вращающимися цилиндрами. Общая характеристика приближенных методов. Ползущие течения. Основы гидродинамической теории смазки. Теория плоского клиновидного слоя и цилиндрического подшипника.

2.2.2. Плоский ламинарный пограничный слой. Дифференциальные уравнения и интегральные соотношения. Методы расчета ламинарного пограничного слоя на пластине. Влияние градиента давления и отрыв пограничного слоя. Критическое число Рейнольдса и возникновение турбулентности в слое.

Интегральные соотношения для турбулентного слоя и методы его решения. Расчет турбулентного пограничного слоя на пластине. Формулы сопротивления трения пластины при смешанном пограничном слое.

2.2.3. Незатопленные и затопленные струи вязкой жидкости. Основные характеристики незатопленной струи. Ламинарная затопленная струя-источник. Переходные явления и возникновение турбулентности. Турбулентные свободные затопленные струи, их структура и основные параметры. Метод расчета параметров свободных струй. Влияние стенок, полуограниченные струи. Эффект Коанда.

2.2.4. Неизотермические струи. Подсасывающее действие струи и

воздушный приток. Воздушные завесы.

2.2.5. Обтекание тел вязкой жидкостью. Силы, действующие со стороны жидкости на обтекаемое тело. Поперечная сила Жуковско-го и архимедова сила. Силы лобового сопротивления, ее составляющие. Опытные данные об обтекании цилиндра и шара. Кризис сопротивления. Обтекание шара при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса. Гидравлическая крупность (скорость витания); обтекание в зоне квадратичного сопротивления. Структура потока в гидродинамическом следе. Отрывные режимы обтекания. Обтекаемые пластины. Влияние шероховатости.

2.2.6. Возникновение кавитации, ее виды и стадии. Теоретические схемы суперкавитационного обтекания. Кавитационная эрозия; влияние кавитации на гидродинамические параметры.

2.3. Равномерное движение жидкости в открытых руслах.

2.3.1. Классификация русел. Условия существования равномерного безнапорного движения. Особенности движения жидкости в открытых руслах. Основное уравнение равномерного движения. Зависимость коэффициента Шези от относительной шероховатости и числа Рейнольдса. Формулы для определения коэффициента Шези и скоростной характеристики в квадратичной и неквадратичной областях. Распределение скоростей по сечению открытого потока. Основные формы поперечных сечений каналов. Максимальный гидравлический радиус. Гидравлически наивыгоднейшие сечения. Определение гидравлических элементов живого сечения в трапециевидных и параболических руслах.

2.3.2. Основные типы задач по расчету каналов. Определение нормальной глубины. Расчет каналов по относительному гидравлическому радиусу. Допускаемые максимальные и минимальные скорости.

2.3.3. Особенности гидравлического расчета безнапорных трубопроводов и других каналов замкнутого сечения.

2.3.4. Применение ЭВМ в расчетах равномерного движения.

2.4. Установившееся неравномерное плавно изменяющееся движение жидкости в открытых руслах.

2.4.1. Основные понятия и определения. Удельная энергия сечения, критическая глубина. Критический уклон. Бурное, спокойное

и критическое состояние потока. Число Фруда. Параметр кинетичности.

Основное дифференциальное уравнение установившегося неравномерного плавно изменяющегося движения. Гидравлический показатель русла. Исследование форм свободной поверхности потока. Методы интегрирования основного дифференциального уравнения неравномерного движения. Построение кривых свободной поверхности. Гидравлические расчеты непризматических русел. Применение ЭВМ в расчетах неравномерного движения.

2.4.2. Методы построения кривых свободной поверхности потока в естественных руслах.

2.4.3. Неравномерное движение жидкости в открытых руслах с переменным расходом. Сборные водоотводные русла.

2.5. Гидравлический прыжок

2.5.1. Общие сведения. Виды гидравлических прыжков. Совершенный прыжок. Распределение осредненных скоростей по сечению в пределах гидравлического прыжка и послепрыжкового участка. Уравнение совершенного гидравлического прыжка. Формулы сопряженных глубин для прямоугольных русел. Потери энергии в прыжке. Длина прыжка и послепрыжкового участка. Отогнанный, надвинутый прыжки и прыжок в критическом состоянии. Прыжок в руслах негоризонтальных и с большой шероховатостью. Гидравлический прыжок в непризматических руслах. Прыжок-волна.

2.5.2. Косые гидравлические прыжки; условия их возникновения, виды и свойства. Система расчетных уравнений косых прыжков. Расчетная диаграмма. Пересечение косых прыжков и взаимодействия со стенками.

2.6. Водосливы.

2.6.1. Классификация водосливов. Основная формула расхода водосливов. Коэффициент расхода. Водосливы с тонкой стенкой. Типы струй, переливающихся через водослив. Условия подтопления водосливов с тонкой стенкой. Учет бокового сжатия и подтопления. Использование водосливов с тонкой стенкой для измерения расхода. Наклонные водосливы.

2.6.2. Водосливы с широким порогом. Форма свободной поверхности на пороге водослива. Условия подтопления. Определение глу-

бины на пороге водослива. Учет бокового сжатия.

2.6.3 Водосливы практического профиля полигонального и криволинейного очертаний. Безвакуумные и вакуумные водосливы. Влияние формы, полноты напора, бокового сжатия и подтопления водослива на его пропускную способность.

2.6.4. Другие виды водосливов: кольцевые, косые, боковые.

2.7. Истечение жидкости под затворами.

Истечение из-под щита. Свободное и затопленное истечения. Критерий затопления. Свободное истечение. Глубина в сжатом сечении. Затопленное истечение. Определение глубины над сжатым сечением. Истечение через щитовое отверстие прямоугольной формы.

2.8. Сопряжения бьефов

Общие понятия и терминология. Сопряжение потоков при изменении продольного уклона русла. Беспрыжковое сопряжение бьефов. Сопряжение бьефов за водосливным сооружением. Глубина в сжатом сечении и глубина, ей сопряженная. Формы сопряжения бьефов. Сопряжение свободной струи с потоком в нижнем бьефе, дальность отлета струи. Общие указания о гашении энергии в нижнем бьефе сооружений. Гасители энергии. Гидравлический расчет водобойных колодцев, водобойных стенок и других гасителей энергии. Поверхностный режим сопряжения бьефов. Гидравлический расчет плотин с уступом.

2.9. Гидравлические расчеты сопрягающих сооружений.

2.9.1. Основные понятия. Классификация. Перелазы. Расчет одноступенчатого перепада: входная часть, водопадный участок, выходная часть. Определение положения сжатого сечения после перепада. Гасители энергии после перепада.

2.9.2. Гидравлические расчеты многоступенчатых перепадов колодезного и бесколодезного типов. Форма свободной поверхности на ступени бесколодезного перепада.

2.9.3. Быстротоки. Расчет длинных и коротких быстротоков. Устойчивость потока и его аэрация на быстротоке. Искусственная шероховатость на быстротоке. Расчет быстротока по допускаемой скорости. Гасители энергии после быстротока.

2.9.4. Консольный перепад. Рассеивающий трамплин. Трубчатый перепад. Шахтный водосброс. Сооружения, управляющие бурными потоками.

2.10. Гидравлические расчеты специальных водопропускных сооружений.

Принципы расчета водопропускных сооружений, работающих по схемам водосливов. Расчеты отверстий плотины и водозаборных сооружений. Делители расходов. Водомерные лотки. Вертикальные и горизонтальные решетки систем канализации и дорожного водотода. Расчеты отверстий мостов и дорожных водопропускных труб. Безнапорные водопропускные сооружения. Формы свободной поверхности потока и факторы, их определяющие. Условия затопления. Гидравлический расчет безнапорных сооружений. Косогорные трубы. Расчет входного участка с учетом интерференции косых гидравлических прыжков. Полунапорные трубчатые водопропускные сооружения. Методика расчета. Напорные трубчатые водопропускные сооружения. Условия затопления и гидравлический расчет с учетом аккумуляции в верхнем бьефе. Растекание потока и сбойное течение в нижнем бьефе водопропускных сооружений. Размывы отводящих русел и их крепление.

2.11. Неустановившееся движение воды в искусственных открытых руслах

2.11.1. Виды волн перемещения, длинные и прерывные волны. Дифференциальные уравнения неустановившегося движения в открытых руслах и их интегрирование. Неустановившееся движение воды в горизонтальном русле прямоугольного сечения. Трансформация волны попуска. Применение ЭВМ в расчетах неустановившегося движения. Особенности расчета прерывных волн.

2.11.2. Основные сведения о ветровых волнах. Классификация волн. Граничные и начальные условия. Плоские, стоячие и прогрессивные волны. Скорость распространения волн. Групповая скорость. Энергия волн. Волны на мелкой воде.

2.12. Плановые задачи теории открытых потоков. Особенности плановых потоков. Дифференциальные уравнения

установившегося резко изменяющегося в плане безнапорного движения воды. Обтекание потоком боковой стенки русла, имеющего повороты в плане. Особенности расчета ковшей водозаборных сооружений. Бурный режим течения, характеристики и их свойства. Диаграмма характеристик и графоаналитический прием расчета. Численный расчет методом характеристик с использованием ЭВМ. Газогидравлическая аналогия. Построение плана растекания бурного потока в прямоугольном русле ограниченной ширины.

2.13. Двухфазные потоки жидкости и газа.

Виды двухфазных потоков и их классификация. Основные понятия гидродинамики дисперсных сред, исходные гипотезы. Системы газ - твердые частицы, жидкость - твердые частицы. Поведение твердой изолированной частицы. Скорость витания (гидравлическая крупность), влияние числа Рейнольдса. Концентрация объемная и массовая. Осаждение моодисперсной и полидисперсной взвесей. Стесненное осаждение твердых частиц. Принципы гидравлического расчета отстойников. Взвешивание частиц восходящим потоком. Понятие о псевдосжиженном слое. Особенности осаждения (всплывания) капель жидкости и газовых пузырей. Двухфазные потоки жидкости. Критическая скорость. Движение взвешенных наносов. Принципы расчета напорных и безнапорных пульповодов. Особенности расчета ило- и трубопроводов для пневмотранспорта и систем гидрозолоудаления. Движение донных наносов, виды их перемещения. Формирование гряд в размываемых руслах. Расход донных наносов. Размывающая скорость.

2.14. Потоки в естественных руслах.

Методы расчета однофазных течений в естественных руслах. Приведение потока в естественном русле к одномерной модели. Общее дифференциальное уравнение. Речной бассейн. Речная система. Русло, пойма, долина реки. Продольный и поперечный профили рек. Питание рек. Межень. Половодья и паводки, гидрографы. Виды движения воды в реках. Связь между расходом и уровнем. Распределение скоростей по вертикали и в живом сечении. Движение воды в изгибе русла. Поперечная циркуляция. Термический и ледовый режимы рек.

2.15. Движение наносов и русловые процессы.

Физико-математические характеристики наносов. Форма и размер частиц наносов. Скорость выпадения частиц в стоячей воде. Общие сведения о движении наносов. Воздействие потока на подвижные частицы дна. Лобовое сопротивление. Подъемная сила. Движение влекомых наносов. Расход влекомых наносов на безгрядовом дне. Донные волны. Движение взвешенных наносов. Уравнение движения взвешенной жидкости. Распределение взвешенных наносов по вертикали. Транспортирующая способность потока и полный расход русловых наносов.

Общие свойства руслового процесса. Многолетние и сезонные переформирования русла. Уравнение деформации русла. Формирование русла побочного типа. Устойчивость речных русел. Движение донных гряд. Режим перекатов. Прогноз русловых деформаций.

2.16. Движение жидкости и газа в пористой среде. (фильтрация)

2.16.1. Основные характеристики фильтрации в грунтах. Основной закон фильтрации. Коэффициент фильтрации и методы его определения. Ламинарная и турбулентная фильтрации. Равномерное и неравномерное движения грунтовых вод. Дифференциальное уравнение неравномерного плавноизменяющегося движения грунтовых вод. Формы кривых депрессии. Интегрирование дифференциального уравнения для случая плоской задачи.

2.16.2. Основные дифференциальные уравнения гидромеханической теории фильтрации. Напорная функция. Потенциал скорости. Функция тока. Уравнение Лапласа для движения грунтовых вод. Гидродинамическая сетка при фильтрации через гидротехнические сооружения. Метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Применение ЭВМ при решении фильтрационных задач.

2.16.3. Приток грунтовых вод к водосборным сооружениям. Приток к дренажному и артезианскому колодцам. Расчет группы совершенных колодцев при водопонижении. Приток к одиночной совершенной водосборной галерее. Основы расчета системы горизонтальных совершенных и несовершенных дрен. Фильтрация воды через земляные плотины и под гидротехническими сооружениями.

2.16.4. Расчет фильтрующих насыпей.

2.16.5. Фильтрация жидкостей и газов. Специальные виды фильтров.

2.17. Основы гидромеханического моделирования.

2.17.1. Метод анализа размерностей. Пи-теорема. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобия. Математические модели и использование ЭВМ. Физические модели. Критерии гидромеханического подобия. Основные правила гидромеханического моделирования. Моделирование напорных трубопроводов, открытых русел и сооружений.

2.17.2. Планирование экспериментальных исследований. Методы и приборы для измерения глубин, давлений, скоростей и расходов. Измерение мгновенных скоростей и давлений. Обработка экспериментальных данных.

2.18. Основы массопередачи (массопереноса)

2.18.1. Основные понятия и определения массопередачи. Разность концентраций вещества в двух точках жидкой среды - движущая сила процесса массопередачи. Консервативные и неконсервативные примеси. Массоперенос и диффузия. Ламинарная и турбулентная диффузия в движущейся среде. Основной закон массопередачи (закон Фика) и его приложение при расчете разбавления сточных вод. Массопередача в однофазной среде. Диффузия в трубах и каналах в условиях равномерного и неравномерного движений. Массопередача в диффузионном слое при внешнем обтекании. Основы массопередачи воздух-жидкость применительно к пневматической аэрации.

Явления переноса теплоты, массы, импульса (законы Фурье, Фика, Ньютона) и их аналогия. Практическое значение этой аналогии. Характерные критериальные зависимости (Нуссельта, Пекле, Рейнольдса, Прандтля, Шмидта). Математические модели процессов массопередачи.

2.18.2. Стратифицированные течения. Классификация стратифицированных течений. Температурная, химическая и механическая стратификации. Прямая и обратная стратификации. Основные уравнения и критерии подобия. Устойчивость стратифицированных течений.

2.19. Гидрологические расчеты

Влагооборот в природе. Уравнение водного баланса речных бассейнов. Осадки, их основные виды и характеристики. Неравномерность распределения по времени и по площади. Факторы, оказывающие влияние на поверхностный сток. Роль рельефа, почв и грунтов, растительности, болот, озер в формировании максимальных расходов поверхностного стока.

Методы определения расчетных гидрологических характеристик при наличии и отсутствии наблюдений в зависимости от класса сооружений. Определение расчетных расходов методами математической статистики. Построение и экстраполяция кривых вероятности превышения расходов. Определение расчетных уровней воды. Построение и экстраполяция кривой расхода. Перенос расчетного расхода из одного створа реки в другой. Расчетные гидрографы половодий и паводков. Сток с малых водосборных бассейнов. Расчет расходов ливневого стока и снеготаяния. Применение ЭВМ в сложных гидрологических расчетах. Краткие сведения о регулировании речного стока.

2.20. Измерение параметров естественных водных потоков

Организация гидрометрических работ и основные требования при их выполнении. Безопасность производства гидрометрических изысканий. Способы измерения уровней, глубин и уклонов, приборы для измерения. Водомерные посты. Построение продольных и поперечных профилей. Измерение скоростей: способы и приборы. Гидрометрические створы, их разбивка по данным измерения плана течений.

Измерение векторов скоростей на участке мостового перехода. Применение аэрометодов и гидролокации в гидрометрии. Методы определения расходов воды по местным скоростям и глубинам потока. Построение кривых расходов, площадей живых сечений и средних скоростей.

2.21. Гидравлические машины

Общие сведения о гидромашинах. Классификация насосов и гидродвигателей. Принцип действия динамических и объемных машин. Основные параметры: подача (расход), напор, мощность, КПД. Баланс мощности в гидромашинах.

2.22. Лопастные машины

2.22.1. Основы теории лопастных насосов. Центробежные насосы, схема проточной части, кинематика потока. Уравнение Эйлера. Теоретический напор, влияние конструктивных и режимных параметров. Полезный напор. Баланс энергии. Коэффициенты полезного действия. Характеристики центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Коэффициент быстроходности и типы лопастных насосов. Основные сведения об осевых насосах.

2.22.2. Эксплуатационные расчеты лопастных насосов. Насосные установки. Регулирование подачи. Последовательное и параллельное соединение насосов. Кавитация в лопастных насосах. Кавитационный запас и кавитационные характеристики. Формула С.С.Руднева и ее применение.

2.23. Динамические насосы

Схема вихревого насоса, принцип действия, характеристика, области применения. Схема лабиринтного насоса, принцип действия, характеристика области применения.

2.24. Гидродинамические передачи

Назначение и области применения гидродинамических передач. Принцип действия и классификация. Рабочие жидкости. Гидродинамические муфты, устройство и рабочий процесс гидромуфты. Основные параметры, уравнения, характеристики. Совместная работа гидромуфты с двигателем. Регулирование гидромуфт. Гидродинамические трансформаторы, устройство, классификация, рабочий процесс и уравнения. Потери энергии в трансформаторе. Внешние характеристики гидротрансформаторов различных типов. Формулы подобия для гидротрансформаторов и их применение. Совместная работа гидротрансформаторов.

2.25. Объемные насосы

Общие сведения, принцип действия, основные свойства и классификация, области применения. Насосы возвратнопоступательного действия. Устройство и области применения поршневых, плунжерных и диафрагменных насосов. Графики подачи и способы ее выравнивания.

Общие свойства, классификация и области применения роторных насосов. Подача роторных насосов и ее равномерность, регулирование подачи. Характеристики роторных насосов и их работа на трубопровод. Устройство и особенности роторных насосов различных типов: шестеренных, пластинчатых, роторно-поршневых, винтовых, коловратных.

2.26. Объемный гидропривод и средства гидроавтоматики

2.26.1. Принцип действия объемного гидропривода. Классификация объемных гидроприводов по характеру движения выходного звена и другим признакам, элементы гидропривода (гидродвигатели, гидроаппаратура, фильтры, гидроаккумуляторы, гидролинии).

2.26.2. Гидродвигатели, силовые гидроцилиндры, их назначение и устройство. Расчет цилиндров, поворотные гидродвигатели.

2.26.3. Роторные гидродвигатели - гидромоторы. Обратимость роторных насосов и гидромоторов. Гидромоторы роторно-поршневых, пластинчатых, шестеренных и винтовых типов. Расчет крутящего момента и мощности на валу гидромотора. Регулирование рабочего объема. Высокомоментные гидромоторы.

2.26.4. Гидроаппаратура и элементы гидроавтоматики. Классификация гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики. Распределительные устройства. Назначение, принцип действия и основные типы. Клапаны. Принцип действия, устройство и характеристики. Дроссельные устройства, назначение, принцип действия и характеристики. Фильтры, гидроаккумуляторы. Обозначение гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики по ЕСКД.

2.26.5. Схемы гидропривода и системы гидроавтоматики. Схемы гидропривода с замкнутой и разомкнутой циркуляцией, с дроссельным и объемным регулированием скорости. Сравнение различных способов регулирования скорости гидропривода. Стабилизация скорости. Синхронизация движения нескольких гидродвигателей.

2.26.6. Следящий гидропривод. Назначение, принцип действия, схема и области применения следящего гидропривода в системах автоматического управления. Чувствительность, точность и устойчивость гидроусилителей.

2.27. Пневмопривод и средства пневмоавтоматики

Основные элементы и схемы пневмоприводов. Пневматические распределительные устройства. Пневматические двигатели. Источники сжатого газа. Пневматический привод с поршневым двигателем и дроссельным регулированием. Пневматические приводы с роторными и турбинными пневмодвигателями. Струйные системы пневмоавтоматики. Пневматические элементы вычислительных устройств. Системы струйных элементов.

2.28. Гидравлические задачи охраны природы

Основные положения. Расчет сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоемы и водотоки. Определение величины санитарного попуска. Изменение кинематической структуры потока при регулировании естественных потоков. Прогнозирование размывов русел водотоков и каналов при проведении водохозяйственных работ. Фильтрация из каналов. Изменение режима движения подземных вод при водозаборе и пополнении запасов подземных вод. Задача о поступлении морской воды в подземные горизонты при регулировании речного стока. Загрязненность и очистка вод поверхностного стока с урбанизированных территорий. Эрозионное воздействие водных потоков. Гидравлические основы очистки стоков промышленных предприятий.

Глава III. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Студентам всех специальностей рекомендуется выполнять контрольные работы по гидростатике, основным законам гидродинамики, гидравлическим сопротивлениям и гидравлическим расчетам сооружений или системы в соответствии с направлением или специальностью.

Возможны семинарские занятия по этим темам.

Глава IV. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

4.1. Темы лабораторных занятий, рекомендуемые для обязательного выполнения.

- 4.1.1. Методы и приборы измерения давления.
- 4.1.2. Относительное равновесие жидкости.
- 4.1.3. Определение сил давления на твердые плоские и криволинейные поверхности.

- 4.1.4. Изучение смены режимов движения (опыт Рейнольдса).
- 4.1.5. Опытная иллюстрация уравнения Бернулли.
- 4.1.6. Измерение поля скоростей на входном участке трубы или плоского канала.
- 4.1.7. Определение гидравлического коэффициента трения в трубах и плоских каналах (потери по длине).
- 4.1.8. Определение коэффициента местного сопротивления (диафрагма, задвижка).
- 4.1.9. Истечение через отверстия и насадки при постоянном напоре.
- 4.1.10. Определение силового воздействия потока.

4.2. Темы лабораторных работ по выбору кафедры

- 4.2.1. Расходомер Вентури.
- 4.2.2. Потери напора при внезапном расширении трубопровода.
- 4.2.3. Осреднение и пульсационные характеристики потока.
- 4.2.4. Построение пьезометрической линии при движении жидкости в трубопроводах с переменным расходом.
- 4.2.5. Истечение через отверстия при переменном напоре.
- 4.2.6. Изучение течений в диффузорах и конфузорах.
- 4.2.7. Измерение поля скоростей свободной турбулентной струи.
- 4.2.8. Водослив с тонкой стенкой.
- 4.2.9. Водослив с широким порогом.
- 4.2.10. Водослив практического профиля.
- 4.2.11. Истечение из-под щита.
- 4.2.12. Неравномерное установившееся движение жидкости в открытом русле.
- 4.2.13. Гидравлический прыжок.
- 4.2.14. Донный режим сопряжения бьефов.
- 4.2.15. Поверхностный режим сопряжения бьефов.
- 4.2.16. Изучение гидравлических условий работы водопропускных (по отраслям) сооружений.
- 4.2.17. Исследование работы модели быстротока.
- 4.2.18. Исследование работы водобойных колодцев.
- 4.2.19. Исследование работы ступенчатого перепада.
- 4.2.20. Определение коэффициента фильтрации однородного грунта.
- 4.2.21. Исследование фильтрационных потоков на установке ЭГДА.
- 4.2.22. Фильтрация через земляную плотину.
- 4.2.23. Фильтрация под основанием сооружения.
- 4.2.24. Исследование дренажных систем.

- 4.2.25. Испытание центробежного насоса.
 - 4.2.26. Кавитационное испытание насоса.
 - 4.2.27. Испытание объемного насоса.
 - 4.2.28. Статические и динамические характеристики переливных клапанов.
 - 4.2.29. Испытание объемного гидропривода с дроссельным регулированием.
 - 4.2.30. Испытание гидропривода с объемным регулированием.
 - 4.2.31. Характеристика струйных усилителей.
 - 4.2.32. Испытание мембранного пневмопривода.
 - 4.2.33. Испытание следящего электрогидропривода.
 - 4.2.34. Гидравлический удар в трубе.
- И другие.

Глава V. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

- 5.1. Темы практических занятий, рекомендуемых для обязательного выполнения.
- 5.1.1. Определение абсолютного и избыточного давлений, вакуум, распределение давления.
- 5.1.2. Относительное равновесие жидкости.
- 5.1.3. Силовое воздействие покоящейся жидкости и газа на твердые поверхности.
- 5.1.4. Примеры использования уравнения Бернулли в гидравлических расчетах. Построение линии полного напора и пьезометрической линии.
- 5.1.5. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.
- 5.1.6. Типовые задачи на истечение жидкостей и газов через отверстие и сопла.
- 5.1.7. Построение поля скоростей плоских потенциальных течений.
- 5.1.8. Расчеты одномерного течения газа.
- 5.1.9. Элементарный расчет сопла Лаваля.
- 5.1.10. Расчеты течения вязкой жидкости в щелях и зазорах.

5.2. Темы практических занятий по выбору кафедры.

- 5.2.1. Расчеты скачков уплотнения.
- 5.2.2. Расчеты течения вязкого газа в трубах.

- 5.2.3. Расчеты ламинарного и турбулентного пограничного слоя.
 - 5.2.4. Гидравлический расчет равномерного движения жидкости в открытых призматических каналах.
 - 5.2.5. Гидравлический расчет водосливов.
 - 5.2.6. Определение удельной энергии сечения; критическая глубина, критический уклон.
 - 5.2.7. Расчет параметров потока при неравномерном плавноизменяющемся движении в открытых каналах.
 - 5.2.8. Сопряженные глубины гидравлического прыжка.
 - 5.2.9. Сопряжение бьефов при устройстве водосливных плотин.
 - 5.2.10. Расчет сопрягающих сооружений (быстроотоков, перепадов, консольных перепадов и т.п.)
 - 5.2.11. Расчеты малых водопропускных сооружений (малых мостов, труб).
 - 5.2.12. Расчет систем дренажа.
 - 5.2.13. Определение расчетных гидрогеологических характеристик дорожно-мостовых и аэродромных гидротехнических сооружений.
 - 5.2.14. Расчет напорной фильтрации под сооружением.
 - 5.2.15. Расчет притока к водосборным колодцам.
 - 5.2.16. Фильтрация через земляные дамбы и перемычки.
 - 5.2.17. Определение потребного напора насоса.
 - 5.2.18. Расчеты всасывающей и нагнетательной линий насоса.
 - 5.2.19. Расчеты двухфазных потоков.
 - 5.2.20. Расчеты загрязненности и очистки воды.
- И другие.

ГЛАВА VI. КУРСОВЫЕ РАБОТЫ

- Расчетно-графические курсовые работы являются формой закрепления и развития знаний, полученных на лекциях, а также практических и лабораторных занятиях. Они посвящаются комплексному расчету простых сооружений и гидравлических систем по специальностям, как правило, с применением ЭВМ.
- 6.1. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.
 - 6.2. Использование уравнения Бернулли при решении инженерных задач.
 - 6.3. Гидравлический расчет "длинных" и "коротких" трубопроводов; расчет сложных трубопроводов.
 - 6.4. Истечение через отверстия и насадки.

- 6.5. Расчеты равномерного движения воды в открытых руслах и каналах замкнутого поперечного сечения.
 - 6.6. Неравномерное установившееся движение в открытых руслах; построение кривых свободной поверхности в призматических руслах.
 - 6.7. Расчет сопряжения бьефов.
 - 6.8. Гидравлический расчет водобойных устройств.
 - 6.9. Гидравлический расчет быстротоков и перепадов.
 - 6.10. Расчет напорной фильтрации под основанием сооружения.
 - 6.11. Неустановившееся движение жидкости в трубопроводах.
 - 6.12. Неустановившееся движение жидкости в открытых каналах.
 - 6.13. Осаждение (всплывание) твердых частиц в жидкости.
 - 6.14. Расчет двухфазных потоков.
 - 6.15. Обтекание тел потенциальным потоком.
 - 6.16. Расчеты пограничного слоя.
 - 6.17. Течение вязкой жидкости в щелях гидромашин и гидромеханизмов.
 - 6.18. Определение потребного напора насоса.
 - 6.19. Нахождение рабочей точки трубопровода с насосной подачей.
 - 6.20. Нахождение экономически оптимального диаметра трубопровода.
 - 6.21. Динамические характеристики объемного гидропривода станка, приспособления.
 - 6.22. Динамические характеристики пневмопривода.
 - 6.23. Расчет объемной гидротрансмиссии.
 - 6.24. Гидравлический расчет системы тормозов.
 - 6.25. Гидравлический расчет системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания.
 - 6.26. Гидравлический расчет системы смазки двигателя внутреннего сгорания.
 - 6.27. Гидравлический расчет системы питания автомобильного карбюраторного двигателя.
 - 6.28. Гидравлический расчет системы питания дизеля.
 - 6.29. Расчет характеристик гидропривода с дроссельным регулированием.
 - 6.30. Гидравлический расчет централизованной подачи охлаждающей жидкости.
- И другие.

ГЛАВА VII. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Темы курсовых проектов должны соответствовать профилю специальности.

ГЛАВА VIII. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

При изучении дисциплины механика жидкости и газа (гидравлика) планируется контролируемая преподавателем самостоятельная работа студентов. Цели самостоятельной работы студентов определяются кафедрами в соответствии с направлением или специальностью и предусматривают более глубокое изучение отдельных теоретических вопросов гидравлики, лабораторные исследования или расчеты на ЭВМ процессов, сооружений, аппаратов и гидравлических систем. Одним из видов самостоятельной работы являются контрольные работы по основным разделам курса.

ГЛАВА IX. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ.

- 9.1. Для обучения и контроля знаний студентов по основным разделам курса.
- 9.2. Исследование влияния различных параметров на характеристики сооружений, устройств и машин.
- 9.3. Расчет полей скоростей и давлений в элементах устройств, сооружений и машин.

Глава X. ЛИТЕРАТУРА

- 10.1. Основная
 - 10.1.1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. -М.: Наука, 1969. -824 с.
 - 10.1.2. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. -М.: Стройиздат, 1987. -410 с.
 - 10.1.3. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. -М.: Машиностроение, 1982. -423 с.
 - 10.1.4. Войткунский Я.И., Фаддеев Ю.И., Федяевский К.К. Гидромеханика. -Л.: Судостроение, 1982. -455 с.
 - 10.1.5. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. -М.: Машиностроение, 1987. -460 с.
 - 10.1.6. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидрав-

- лика, гидрология, гидрометрия. -М.: Высш. шк., 1987. - Ч.1. - 304 с.
- 10.1.7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: Наука, 1987. - 840 с.
- 10.1.8. Чугаев Р.Р. Гидравлика. -Л.: Энергоиздат, 1982. - 672 с.
- 10.1.9. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. -М.: Энергоатомиздат, 1991. -кн.1 351 с.,кн.2 367с.

10.2. Дополнительная

- 10.2.1. Бондарев Е.Н., Дубасов В.Т., Рыжов Ю.А. Аэро-гидродинамика. -М.: Машиностроение, 1993. -608 с.
- 10.2.2. Мхитарян А.М., Ушаков В.В. и др. Аэрогидромеханика. -М.: Машиностроение, 1984. - 352 с.
- 10.2.3. Альтшуль А.Д., Калицун В.И. и др. Примеры расчетов по гидравлике. -М.:Стройиздат, 1976. - 256 с.
- 10.2.4. Беренда Т.К. и др. Элементы и схемы пневмоавтоматики. -М.: Машиностроение, 1976. - 242 с.
- 10.2.5. Бутаев Д.А. и др. Сборник задач по машиностроительной гидравлике/Под ред. И.И.Куколевского и Л.Г.Подвизва. - М.: Машиностроение, 1981. - 484 с.
- 10.2.6. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. -М.: Машиностроение, 1975. - 272 с.
- 10.2.7. Гликман Б.Е. Математические модели пневмогидравлических систем. - М.: Наука, 1986. - 336 с.
- 10.2.8. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Газодинамика. -М.: Энергоатомиздат, 1984. - 384 с.
- 10.2.9. Дмитриев В.Н., Градецкий В.Г. Основы пневмоавтоматики. -М.:Машиностроение, 1978. - 360 с.
- 10.2.10. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. -М.: Высш. шк., 1984. - 264 с.
- 10.2.11. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Под ред. Б.Б.Некрасова. -М.:Высш. шк., 1989. -245 с.
- 10.2.12. Золотов С.С. и др. Задачник по гидромеханике для судостроителей. - Л.:Судостроение, 1984. - 230 с.
- 10.2.13. Константинов Н.М., Петров Н.А., Александров В.А. и др. Примеры гидравлических расчетов. -М.:Транспорт, 1987. - 440 с.
- 10.2.14. Патрашев А.Н. и др. Прикладная гидромеханика. - Л.:Военмориздат, 1979. - 605 с.

- 10.2.15. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. -Л.:Машиностроение, 1976. - 502 с.
- 10.2.16. Самойлович Г.С. Гидроаэромеханика. -М.:Машиностроение, 1980. - 280 с.
- 10.2.17. Следящие гидроприводы / Под ред. Б.К.Чемоданова. -М.:Энергия, 1976. - Кн.1. - 480 с.; кн.2 - 334 с.
- 10.2.18. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г.Киселева. -М.:Энергия, 1972. - 312 с.
- 10.2.19. Сырицин Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода. -М.:Машиностроение, 1981. - 228 с.
- 10.2.20. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики. -М.:Машиностроение, 1979. - 232 с.
- 10.2.21. Штеренлихт Д.В., Альшев В.М., Яковлева Л.В. Гидравлические расчёты. -М.:Колос, 1992.-287 с.

Программу составили:

- Бутаев Д.А. - профессор Московского государственного технического университета
- Емцев Б.Т. - профессор Московского энергетического института (технического университета)
- Иванов Л.П. - профессор Московского государственного строительного университета
- Шейпак А.А. - профессор Московского автомобилестроительного института (ВТУЗ-ЗИЛ)
- Штеренлихт Д.В. - профессор Московского государственного университета природообустройства

Ответственный редактор:

- Схиртладзе А.Г. - профессор Московского государственного технологического университета "Станкин"