

УТВЕЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Б.В. Падалкин
« _____ » _____ 2015 г.



ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ
по направлению подготовки

13.04.03 Энергетическое машиностроение
код и наименование направления подготовки

Факультет

Энергомашиностроение (Э)

Полное наименование факультета (сокращенное наименование)

Кафедра(ы)

Поршневые двигатели (Э2);
Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки (Э3);
Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика (Э10);

Полное наименование кафедры (сокращенное наименование)

Москва, 2015 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям в магистратуру допускаются лица, имеющие документ государственного образца о высшем образовании любого уровня (диплом бакалавра или специалиста).

Лица, предъявившие диплом магистра, могут быть зачислены только на договорной основе.

Прием осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний.

Программа вступительных испытаний в магистратуру по направлению подготовки:

13.04.03 Энергетическое машиностроение

код и наименование направления подготовки

составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки бакалавра по направлению:

13.03.03 Энергетическое машиностроение

код и наименование направления подготовки

и охватывает базовые дисциплины подготовки бакалавров по названному направлению.

Программа содержит описание формы вступительных испытаний, перечень вопросов для вступительных испытаний и список литературы рекомендуемой для подготовки.

2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы магистратуры по направлению:

13.04.03 Энергетическое машиностроение

код и наименование направления подготовки

3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания проводятся в письменной форме в соответствии с установленным приемной комиссией МГТУ расписанием.

Поступающему предлагается ответить письменно на 10 вопросов и задач билета, расположенных в порядке возрастания трудности и охватывающих содержание разделов и тем программы соответствующих вступительных испытаний.

При этом первые 5 вопросов относятся к общей для всех кафедр дисциплине «Механика жидкости и газа» и ответы на них обязательны. Следующие 5 вопросов вариативны для каждой из трех кафедр и абитуриент может выбрать в каждом пункте один (и только один) вопрос для ответа на него.

На ответы по вопросам билета отводится **210 минут**.

Результаты испытаний оцениваются по **стобальной** шкале.

Результаты испытаний оглашаются не позднее чем через три рабочих дня.

4. ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Письменное испытание проводится по программе, базирующейся на основной образовательной программе бакалавриата по направлению

13.03.03 Энергетическое машиностроение

код и наименование направления подготовки

Перечень разделов и тем дисциплины, включенные в письменное испытание

ДИСЦИПЛИНА 1. Механика жидкости и газа ч. 1 и ч.2 (общая для кафедр Э2, Э3 и Э10)

МЖГ Часть 1.

Тема 1 Гидростатическое давление. Основные параметры и физические свойства жидкостей и газов.

Гипотеза сплошности среды. Основные физические свойства жидкости и газов: плотность, сжимаемость, вязкость, поверхностное натяжение, испаряемость.

Напряженное состояние жидкости. Силы поверхностные и массовые (объемные). Давление в жидкости, касательные напряжения. Закон трения потока. Ньютоновские жидкости и реологические жидкости. Уравнение движения в напряжениях.

Тема 2 Гидростатика.

Равновесие Ньютоновских жидкостей. Уравнения Эйлера.

Равновесие жидкости в поле силы тяжести. Закон распределения давления. Приборы для измерения давления. Абсолютное давление, избыточное давление, вакуум.

Относительный покой. Законы распределения давления в жидкости, неподвижной относительно сосуда при его движении: а) прямолинейно равноускоренно; б) вращающегося вокруг вертикальной оси с постоянной частотой вращения. Определение сил давления на стенки сосудов.

Тема 3 Кинематика и гидродинамика.

Кинематика жидкости. Два метода описания движения жидкости. Линии тока, трубка тока, расход.

Уравнение неразрывности. Кинематика жидкой частицы. Теорема Коши-Гельмольца.

Обобщенная теорема Ньютона о связи между напряжениями и скоростями деформаций. Уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Распределение давлений в параллельно-струйном потоке. Понятие идеальной жидкости. Понятие пограничного слоя.

Подобие гидродинамических потоков. Метод размерностей. Ламинарное и турбулентное течения.

Одномерная модель течения. Уравнения Бернулли для элементарной струйки идеальной несжимаемой жидкости. Энергетическое толкование уравнения Бернулли. Понятие мощности струйки. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости.

Гидравлические сопротивления. Структура общих формул для вычисления потерь напора. Гидравлические сопротивления в круглых трубах. Опыт Никурадзе. Гидравлические потери в трубах с практической шероховатостью. Эквивалентная шероховатость.

Ламинарное течение в круглой трубе и в кольцевом зазоре. Гидравлическое сопротивление труб с некруглым поперечным сечением. Местные гидравлические сопротивления.

Потери напора при внезапном расширении потока (теорема Борда), потери выхода, потери в диффузоре, потери при сужении потока, при повороте потока. Зависимость коэффициентов местных сопротивлений от геометрии и числа Рейнольдса.

Тема 4 Расчет трубопроводов

Взаимное влияние местных сопротивлений. Гидравлический расчет трубопроводных систем. Расчет простых трубопроводов с последовательным соединением труб. 3 задачи расчета.

Расчет сложных трубопроводов с параллельным соединением труб и с концевой раздачей. Силовое воздействие установившегося потока несжимаемой жидкости на твердой поверхности. Задачи неустановившегося движения жидкости. Опорожнение сосудов. Гидравлический удар в трубах.

Истечение жидкости через отверстия и насадки в атмосферу и под уровень. Кавитация в цилиндрическом насадке.

Перечень вопросов

1. Закон распределения давления в жидкости, находящейся в покое относительно сосуда, вращающегося с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси в поле земного тяготения.
2. Закон распределения давления в жидкости, находящейся в покое относительно сосуда, вращающегося с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной или горизонтальной оси при условии $\omega^2 r \gg g$.
3. Опишите два способа вычисления силы давления жидкости на криволинейную стенку.
4. Методика расчета сложного трубопровода на примере задачи о трех резервуарах
5. Закон распределения давления в ньютоновской жидкости, находящейся в покое относительно сосуда,двигающегося в поле земного тяготения прямолинейно и равномерно с постоянным ускорением. Поверхности равного давления.
6. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости при установившемся течении в поле силы тяжести. Пояснить энергетический смысл членов уравнения.
7. Особенности жидкого и газообразного состояний вещества. Гипотеза сплошности. Физические свойства жидкости.
8. Гидравлический удар в простом трубопроводе. Формула Жуковского.
9. Гидравлическое сопротивление труб. Опыты Никурадзе по определению гидравлического сопротивления в трубах с однородной шероховатостью
10. Истечение жидкости под переменным напором. Определение времени опорожнения сосудов.
11. Зависимость сопротивления конического диффузора от угла раскрытия.
12. Гидравлическое сопротивление при внезапном расширении потока. Формулировка теоремы Борда. Природа потерь для данного случая течения.
13. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной несжимаемой жидкости при установившемся течении в поле силы тяжести.
14. Расчет простого трубопровода
15. Методика расчета трубопроводных систем. Системы с параллельным соединением труб.
16. Истечение жидкости через отверстия и насадки в атмосферу. Коэффициенты истечения.
17. Кавитация в цилиндрическом насадке при истечении в атмосферу. Определение предельного расхода насадка.
18. Способы вычисления силы давления жидкости на плоскую стенку.
19. В каких режимах движения жидкости в круглой трубе шероховатость поверхности стенок не влияет на коэффициент потерь на трение, и почему?
20. В каких режимах движения жидкости в круглой трубе число Рейнольдса не влияет на коэффициент потерь на трение, и почему?
21. Что такое взаимное влияние местных сопротивлений? Проиллюстрировать картиной потока в трубопроводе с несколькими местными сопротивлениями.
22. Гидравлическая потеря при входе потока из трубы в бак. Природа потерь.
23. Чем ньютоновская жидкость отличается от неньютоновской?
24. Зависимость коэффициента потерь на трение в трубе от числа Рейнольдса.

25. Что такое коэффициент Кориолиса и чему он равен для разных режимов движения жидкости?
26. Два метода описания движения жидкости. Чем отличаются метод Лагранжа и метод Эйлера? Линии тока, трубки тока.
27. Сила взаимодействия потока жидкости с ограничивающими стенками: зависимость ее от параметров потока.
28. Какие числа подобия в гидравлике вы знаете? Запишите формулы для них.
29. Понятие о методе эквивалентных замен трубопроводов и местных сопротивлений. Как вычисляется эквивалентная длина трубопровода?
30. Что такое поверхности равного давления? Вывести формулу поверхности равного давления для любой задачи гидростатики.
31. Напишите формулу потерь при местном сопротивлении
32. Напишите формулу потерь на трение при движении жидкости в трубе
33. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса.
34. Изобразите эпюру скоростей в трубе при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости
35. Основное уравнение гидростатики: зависимость давления от глубины погружения.
36. Что такое предельная высота всасывания?
37. Что такое кавитация?
38. Как определить теоретическую высоту полета струи жидкости на выходе из насадка, направленного вверх (истечение в атмосферу)?
39. Напишите формулу для числа Рейнольдса
40. Что такое коэффициент расхода?
41. Почему происходит сжатие струи на выходе из отверстия с острой кромкой?
42. Почему гидравлические потери в диффузоре зависят от угла его раскрытия?
43. Зачем нужны ступенчатые диффузоры?
44. Как нужно открывать задвижку в трубопроводе, чтобы не было гидравлического удара?
45. Запишите закон жидкостного трения Ньютона в дифференциальной форме.
46. Изобразите форму поверхностей равного давления в сосуде, вращающемся в поле сил тяжести с постоянной скоростью вокруг вертикальной оси.
47. Как можно определить вязкость жидкости?
48. Что такое абсолютное и избыточное давление, что такое вакуум?
49. Что такое полный напор?
50. За счет чего происходят потери в конфузоре?

Основная литература

1. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. Учебник. – М.: Машиностроение. 1987. – 460 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Учебник. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982.-423 с.
3. Бутаев Д.А. и др. Сборник задач по машиностроительной гидравлике /Под ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвидза/. Учебное пособие. – М.: Машиностроение. 1981.- 484 с.
4. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередат. Учебное пособие. Под ред. С.С.Руднева и Л.Г. Подвидза, М., "Машиностроение", 1981, 415 с.
5. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература

6. Попов Д.Н., Панайотти С.С., Рябинин М.В. Гидромеханика. Учебник. – М.:

Издательство МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2002. – 383 с.

7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: Наука, 1987. - 840 с.

8. Кузнецов В.С. Определение коэффициентов гидравлических сопротивлений. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993 г., - 16с.

9. Шабловский А.С. Учебное пособие для выполнения домашних заданий и курсовых работ по дисциплине "Механика жидкости и газа" ч.1 Гидростатика- 72 с. и ч.2 Гидродинамика-60с. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999 г.

МЖГ Часть 2

Тема 1 Введение. Кинематика жидкости

Предмет и задачи механики жидкости и газа. Исторические сведения. Перспективы развития подходов к решению задач гидродинамики. Задание движения сплошной среды, поле скорости, траектории, линии тока. Поле ускорений. разложение ускорения на локальную и конвективную составляющую. Угловая скорость и вихрь. Тензор скоростей деформации и его компоненты. Вихревые линии и трубки. Вторая теорема Гельмгольца. Интенсивность вихревой трубки. Выражение интенсивности вихревой трубки через циркуляцию вектора скорости по контуру.

Тема 2 Динамика жидкости

Напряжения. Тензор напряженности и его симметричность. Общие уравнение динамики сплошной среды. Уравнение неразрывности. Уравнение динамики в напряжениях. Идеальная жидкость. Основные уравнения движения. Теоремы количества движения и момента количества движения при стационарном движении идеальной жидкости. Теорема Бернулли о сохранении поной механической энергии при стационарном баротропном движении идеальной жидкости. Внутренне трение в жидкостях и газах. Обобщенный закон Ньютона. Закон линейной связи между тензорами напряжений и скоростей деформации. Общее уравнение движения вязкой жидкости. Ламинарное движение вязкой несжимаемой жидкости по цилиндрической трубе. Простейшие случаи ламинарных течений. Природа турбулентности. Возникновение турбулентности. Средние и пульсационные составляющие скорости и давления. и. Осреднение уравнений динамики вязкой жидкости по Рейнольдсу.

Тема 3 Потенциальные течения

Сохранение циркуляции скорости в потоке идеальной жидкости. Теорема Кельвина и Логранжа. Безвихревое движение. Потенциал течения. Интеграл Логранжа-Коши уравнений безвихревого движения. Плоское безвихревое движение несжимаемой жидкости. Потенциал скорости и функция тока. Комплексный потенциал и сопряженная скорость. Простейшие плоские потоки и их наложение. Безциркуляционное и циркуляционное обтекание круглого цилиндра. Конформное отображение.

Тема 4 Общие положения применения численных методов для решения уравнений переноса

Основные преимущества и недостатки численного решения задач гидродинамики. Обобщенное дифференциальное уравнение. Понятие односторонней и двусторонней координаты. Методы дискретизации. Метод разложения в ряд Тейлора и метод контрольного объема (КО). Пример применения метода КО для задач одномерной теплопроводности (схожесть процессов теплопроводности и диффузии). Применение различных профилей для аппроксимации между узлами сетки. Основные правила построения дискретного аналога. Линерализация источникового члена, примеры линеаризации.

Тема 5 Дискретные аналоги диффузионных и конвективных членов

Применение равномерных и неравномерных сеток. Аппроксимация коэффициента диффузии (теплопроводности) на гранях КО. Нелинейности, итерационный процесс, сходимость и расходимость решения. Три типа граничных условий, дискретные аналоги. Общий вид дискретного аналога для нестационарного случая. Три схемы дискретизации нестационарного члена. Дискретные аналоги для двумерного и трехмерного

случаев задач диффузии, решение систем линейных уравнений, метод Гаусса-Зейделя, критерий Скарбороу. Метод нижней и верхней релаксации. Диффузия и конвекция, центрально-разностная схема. Схема против потока, точное решение одномерной задачи, экспоненциальная схема. Комбинированная схема и схема со степенным законом. Общий случай дискретизации при наличии конвективных членов. Двухмерный и трехмерный случай для задач конвекции и диффузии. Уравнение неразрывности, его дискретизация. Граничные условия на выходе при наличии конвекции Схемная диффузия.

Тема 6 Дискретные аналоги уравнений гидродинамики

Трудности расчета поля давления. Шахматная сетка. Аппроксимация уравнений динамики жидкости. Уравнение для поправки давления. Метод SIMPLE. Метод SIMPLER

Тема 7 Понятие пограничного слоя.

Понятие пограничного слоя, обтекание круглого цилиндра реальной жидкостью. Профиль скорости в пограничном слое, толщина погранслоя. Отрыв пограничного слоя, связь с градиентом давления. Переход ламинарного ПС в турбулентный. Примеры для пластины и шара. Безразмерная толщина пограничного слоя в ЛПС и ТПС

Уравнение Навье-Стокса в форме переноса вихря. Обтекание шара, аналогия с температурным ПС.

Тема 8 Уравнения Прандтля и их решения.

Уравнение Прандтля для ПС. Уравнение Бернулли для внешнего потока. Влияние градиента давления на положение точки перегиба на профиле скорости в ПС. Обтекание плоской пластины, решение Блазиуса. Уравнение импульса для ПС. Приближенный метод расчета ПС на пластине. приближенный метод расчета для общего случая обтекания

Тема 9 Основные положения теории турбулентности.

Классификация моделей турбулентности. DNS, DES и LES модели турбулентности. RANS модели. Уравнение Навье-Стокса осредненное по Рейнольдсу. Алгебраические модели турбулентности. Модели турбулентности с одним уравнением, модель Колмогорова для кинетической энергии турбулентности. Модели с двумя уравнениями. К-эпсилон и к-омега модели турбулентности.

Перечень вопросов

1. В каких двух случаях движения жидкости линии тока и траектории совпадают?
2. Запишите в векторном виде как выражается полное ускорение в точке при описании движения жидкости
3. Что такое линия тока?
4. Запишите дифференциальное уравнение линии тока
5. Из каких скоростей складывается движение жидкой частицы согласно первой теореме Гельмгольца?
6. Что такое вихревая линия?
7. Как ведет себя поток вектора вихря вдоль вихревой трубки согласно второй теореме Гельмгольца?
8. Почему вихревая трубка не может начинаться или заканчиваться внутри жидкости?
9. Что такое циркуляция скорости?
10. Какое соотношение связывает циркуляцию скорости с ротором скорости (интенсивностью вихря).
11. Запишите уравнение неразрывности в дифференциальной форме для несжимаемой жидкости
12. Запишите уравнение неразрывности в дифференциальной форме для сжимаемой жидкости
13. При каких условиях существует потенциал течения?

14. Потенциал течения равен $2xy$, чему равна скорость жидкости в точке
15. Может ли потенциал плоского течения быть равен $x^2y - y^3/3$?
16. При каких условиях существует функция тока?
17. Если функция тока равна $2x$ чему равна проекция скорости на ось ординат в точке $(2,0)$?
18. Запишите комплексный потенциал однородного потока, скорость которого направлена вдоль оси X и равна 5 м/с
19. Как определяется комплексный потенциал через потенциал течения и функцию тока?
20. Запишите формулу Жуковского для абсолютной величины подъемной силы крыла единичного размаха ($b=1\text{м}$)
21. Чему равна средняя по времени величина турбулентной пульсации скорости
22. Запишите проекцию конвективного ускорения жидкости на ось x
23. Какой вид имеют компоненты тензора скоростей деформации находящиеся на главной диагонали (определяющие скорость относительной линейной деформации)
24. Какой вид имеют компоненты тензора скоростей деформации не находящиеся на главной диагонали (определяющие скорость угловой деформации деформации)
25. Почему вихревая трубка не может начинаться или заканчиваться внутри жидкости?
26. Запишите уравнение динамики идеальной жидкости в векторной форме (Уравнение Эйлера)
27. Комплексный потенциал равен $W(z)=z^2$, чему равна скорость в точке $(1,1)$
28. Для определения какой величины был введен постулат Жуковского-Чаплыгина (о конечном значении скорости на заостренной задней кромке крыла)?
29. В чем заключается «парадокс Даламбера»
Равенство нулю силы сопротивления при обтекании тела идеальной жидкостью
30. Запишите уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости в векторной форме
31. Какими членами в уравнении Навье-Стокса можно пренебречь при течениях жидкости когда $Fr \ll 1$
32. В чем принципиальное отличие вихревой вязкости в гипотезе Буссинеску от молекулярной вязкости?
33. После осреднения каких членов уравнения Навье-Стокса в получившейся системе уравнений появляются Рейнольдсовы напряжения?
34. Какая величина определяет форму профиля скорости в ламинарном пограничном слое?
35. Чему равна кинетическая энергия турбулентности по определению?
36. Почему при турбулизации пограничного слоя при обтекании жидкостью круглого цилиндра происходит резкое уменьшение коэффициента лобового сопротивления?
37. Запишите проекцию на ось X уравнения динамики жидкости в напряжениях
38. Тензор напряжения в точке движущейся жидкости равен

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 4 & 2 & 5 \\ 6 & 5 & 3 \end{pmatrix}$$

Чему равно давление в этой точке?

39. Каковы граничные условия для скорости на непроницаемой стенке для идеальной жидкости?
40. Потенциал течения равен xu , чему равна функция тока?
41. Заданы проекции скорости жидкости на оси X и Y
 $V_x=2xy$

$$V_y = x^2$$

Вязкость жидкости равна 1 Па*с

Определите касательное напряжение τ_{xy} в точке (1,1)

42. Какое допущение при выводе системы уравнений Прандтля из системы уравнений

Навье-Стокса позволило сократить второе уравнение системы до $\frac{\partial p}{\partial y} = 0$

43. Используя какое соотношение можно заменить член $-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$ в системе уравнений

Прандтля для пограничного слоя на член

$U \frac{\partial U}{\partial x}$, где U – это скорость внешнего потока

44. Каким законом описывается профиль скорости в турбулентном пограничном слое при использовании модели пути смешения Прандтля

Основная литература

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для втузов / Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. [и др.]. - 3-е изд., стер. - М.: Альянс, 2009. - 422 с..
2. Калекин А.А. Основы гидравлики и технической гидромеханики: учеб. пособие для вузов. - М.: Мир: БИНОМ. 2008. - 279 с.
3. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С. Гидродинамические расчёты. Справочное учебное пособие : учеб. пособие для вузов - М. : ИздАТ. 2009. - 213 с.
4. Кудинов А.А. Техническая гидромеханика : учеб. пособие для вузов - М. : Машиностроение, 2008. - 367 с.
5. Лапшев Н.Н. Гидравлика : учебник для вузов - 2-ое изд. - М. : Академия, 2008. - 268с.
6. Липанов А.М. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред - М. : Наука, 2011. - 550 с.
7. Лоханский Я.К. Основы вычислительной гидромеханики и тепломассообмена : учеб. пособие - М. : МГИУ, 2008. - 75 с.
8. Никитин О.Ф. Гидравлика и гидропневмопривод : учеб. пособие - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 414 с.
9. Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика : учеб. пособие - М. : Физматлит, 2010. - 518 с.
10. Сборник задач по гидравлике для технических вузов : учеб. пособие для вузов / Бутаев Д.А., Калмыкова З.А., Подвидз Л.Г. [и др.] ; ред. Куколевский И.И., Подвидз Л.Г. - 6-ое изд. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 486 с.
11. Широков Н.Н., Вознесенский Э.Н. Введение в механику жидкости и газа : учеб. пособие - М. : Изд-во МФТИ, 2007. - 323 с.
12. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература

13. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика : учебник для вузов, 2-ое изд. М. : Машиностроение 1989. - 468 с.
14. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа : учеб. пособие, 3-ье изд. М. : Наука. 1970. 480 с.

ДИСЦИПЛИНА 2. Теория поршневых и комбинированных двигателей (кафедра Э2)

Тема 1. Термодинамические основы процессов действительного цикла:

Вопросы:

- показатели эффективности циклов двигателей;
- обратимые термодинамические циклы поршневых и комбинированных двигателей;
- исследование и оптимизация обратимых термодинамических циклов.

Тема 2. Топливо, топливовоздушная смесь и продукты сгорания:

Вопросы:

- основные виды топлив двигателей и их свойства;
- реакции сгорания и продукты сгорания;
- термодинамические свойства свежего заряда и продуктов сгорания.

Тема 3. Процессы газообмена в четырехтактных и двухтактных двигателях:

Вопросы:

- принципиальные конструктивные решения систем выпуска и впуска;
- интегральные показатели качества газообмена;
- математические модели для расчета газообмена.

Тема 4. Процессы смесеобразования и сгорания в бензиновых и дизельных двигателях:

Вопросы:

- способы смесеобразования;
- основные методы расчета смесеобразования;
- характеристики тепловыделения по режимам работы двигателя;
- методы расчета характеристик тепловыделения;
- элементы систем топливоподачи, характерные технические показатели систем.

Тема 5. Повышение удельной мощности двигателей

Вопросы:

- основные способы повышения удельной мощности двигателей, достоинства и недостатки методов, ограничения, накладываемые на предельные значения, и причины ограничений.
- характерные величины основных показателей бензиновых и дизельных двигателей.

Тема 6. Характеристики двигателей

Вопросы:

- режимы и показатели работы, принципы регулирования комбинированных двигателей;
- скоростные, нагрузочные, винтовые, комбинированные, регуляторная, тепловозная характеристики;
- устойчивость режима работы двигателя.

Тема 7. Наддув ДВС

Вопросы:

- основные способы наддува двигателей;
- конструктивные решения и агрегаты наддува;
- принципы регулирования;
- согласования характеристик компрессора и турбины с поршневой частью;

Тема 8. Математические модели процессов действительного цикла

Вопросы:

- 0-, 1-, ... 3- мерные модели рабочего процесса, основные положения;
- термодинамический и газодинамический подход к расчету рабочего процесса;
- основные системы уравнений для расчета действительного цикла в различных постановках.

Тема 9. Оптимизация двигателей

Вопросы:

- анализ процесса сгорания по индикаторной диаграмме;
- анализ качества сгорания по характеристикам тепловыделения;

-совершенствование процессов сгорания для достижения максимального КПД и снижения вредных выбросов.

Тема 10. Теплообмен в поршневых двигателях

Вопросы:

- тепловой баланс: общие положения, составляющие баланса, тепловой баланс по режимам работы двигателя;
- теплообмен в цилиндре: общие положения, конвективный и радиационный теплообмен;
- теплообмен в полостях охлаждения.

Тема 11. Токсичность двигателей и способы уменьшения выбросов вредных веществ с отработавшими газами

Вопросы:

- образование токсических веществ при сгорании топлива в дизелях;
- совершенствование смесеобразования и сгорания с целью уменьшения выбросов вредных веществ и снижения расхода топлива.

Тема 12. Комбинированные двигатели

Вопросы:

- схемы и принципы работы комбинированных двигателей;
- эффективные показатели комбинированных двигателей;
- показатели напряженности и пределы форсирования комбинированных двигателей.

Тема 13. Неустановившиеся режимы работы двигателей

Вопросы:

- общие положения, основные уравнения;
- сходственные условия работы, сходственный рабочий цикл;
- разгон двигателя, прием нагрузки;
- нерегулярный, колебательный, циклический режимы работы двигателя.

Основная учебная литература

1. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. Харьков. Издательство ХНАДУ, 2009. – 500 с.
2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 2008. - 496 с.
3. Р.З. Кавтарадзе. Теория поршневых двигателей. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.
4. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература

5. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания” / Д.Н.Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И.Ивин и др.; Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. - 4-е изд. - М.: Машиностроение, 1983.-372 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник. / С.И.Ефимов, Н.А.Иващенко, В.И.Ивин и др.; под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. - 3-е изд. - М.: Машиностроение, 1985. - 456 с.
7. Двигатели внутреннего сгорания. В 3кн. Кн.1.Теория рабочих процессов. Учебник./ В.Н.Луканин, К.А.Морозов, А.С.Хачиян и др.; Под ред. Луканина В.Н. - М.: Высшая школа, - 1995. - 368 с.
8. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. – М.: Изд-во Легион-Автодата. – 2004.
9. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. Учебник. Под редакцией В.С.Зарубина и А.П.Крищенко. М.: Изд. МГТУ. – 2001. – 439 с.
10. Иващенко Н.А., Ивин В.И. Термодинамическая оптимизация ДВС в курсовых и дипломных работах и проектах: Учебное пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. - 32 с.

11. Ивин В.И. Регулировочная характеристика дизеля. Методические указания к лабораторной работе. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана. – 1999.
12. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. – Харьков: Вища школа. Из-во Харьков. Унив-та. – 1980. 169 с.
13. Кулешов А.С., Грехов Л.В. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов ДВС. - М.: МГТУ, 2000.-64 с.
14. Агрегаты воздухооборудования комбинированных двигателей / Д.А.Дехович, Г.И.Иванов, М.Г.Круглов и др. – М.: Машиностроение, 1973. – 296 с.
15. Орлин А.С., Круглов М.Г. – Комбинированные двухтактные двигатели. – М.: Машиностроение, - 1968. – 576 с.
16. Иванченко Н.Н., Красовский О.Г., Соколов С.С. – Высокий наддув дизелей.- Л.: Машиностроение, -1983.-196 с.
17. Патрахальцев Н.Н. Наддув ДВС. Учебное пособие.-М.: Из-во РУДН, 2003. –319 с.
18. Турбонаддув высокооборотных дизелей. / Симсон А.Э., Каминский В.Н., Моргулис Ю.Б. и др. –М., Машиностроение. – 1976. –286 с.
19. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – учебное пособие. – Владимир: ВГУ. 2000. 255с
20. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 296 с.
21. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие. - М.: Изд-во РУДН, 1998. - 214 с.
22. Васильев Ю.Н., Золотаревский Л.С., Ксенофонтов С.И. Газовые и газодизельные двигатели. – М.: ВНИИГазпром. – 1992. – 126 с.

ДИСЦИПЛИНА 3. Динамика поршневых двигателей (кафедра Э2)

Кинематические схемы ДВС, кинематика кривошипно-шатунного механизма, динамика кривошипно-шатунного механизма, уравнивание КШМ, крутильные колебания коленчатых валов, собственные крутильные колебания, вынужденные крутильные колебания, гармонический анализ, передаточные механизмы нетрадиционных схем, и т.д.

Перечень вопросов.

1. Кинематические схемы, используемые в ДВС.
2. Кинематика поршня для аксиального КШМ.
3. Кинематика поршня для дезаксиального КШМ.
4. Приближенные значения перемещения, скорости и ускорения поршня для дезаксиального КШМ.
5. V-образный КШМ с прицепным шатуном. Кинематика поршня прицепного шатуна.
6. Силы и моменты в одноцилиндровом двигателе. Порядок динамического расчета ДВС.
7. Диаграммы сил, действующих на шатунную шейку и шатунный подшипник. Условная диаграмма износа шатунной шейки.
8. Диаграмма сил, действующих на коренную шейку. Условная диаграмма износа коренной шейки.
9. Диаграмма набегающего крутящего момента в многоцилиндровом двигателе.
10. Равномерность хода двигателя. Определение момента инерции маховика.
11. Силы, действующие в КШМ V-образного двигателя с прицепным шатуном.
12. Уравнивание ДВС. Уравнивание сил инерции вращающихся масс.
13. Уравнивание двигателей методом Ланчестера.
14. Крутильные колебания коленчатого вала. Основные понятия. Собственные крутильные колебания вала с 1-ой массой.

15. Собственные крутильные колебания n -массовой системы. Методы решения уравнений собственных крутильных колебаний.
16. Гармонический анализ крутящего момента. Резонансные режимы работы двигателя.
17. Кинематика бесшатунных ДВС на примере 4-х цилиндрового двигателя Баландина.
18. Динамика бесшатунных ДВС на примере 4-х цилиндрового двигателя Баландина.

Основная учебная литература.

1. Конструирование двигателей внутреннего сгорания. Под ред. Н.Д. Чайнова. М.: Машиностроение, 2011. – 406с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 2 - Динамика и конструирование. Учебник для вузов / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. — 3-е изд. перераб. — М.: Высш. шк., 2007. — 400 с.
3. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература

4. А.Н. Краснокутский. Расчет коленчатого вала ДВС на крутильные колебания: Учебное пособие - М.:МВТУ, 2003. -36с.
5. В.К.Чистяков. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие - М.:Машиностроение, 1989. -255с.
6. Дизели: Справочник/Под ред. В.А.Ваншейдта, Н.Н.Иванченко, Л.К.Коллерова. - 3-е изд. перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1977.
7. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа. 1972г. 327с.
8. В.К. Чистяков. Расчет на ЭВМ изгибных, крутильных и продольных колебаний коленчатых валов ДВС: Учебное пособие - М.:МВТУ, 1985.

ДИСЦИПЛИНА 4. Конструирование поршневых и комбинированных двигателей (кафедра Э2)

Цели и задачи дисциплины: изучение основ конструирования и расчета на прочность современных поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания и выработка навыков самостоятельного творческого решения практических задач в области конструирования и расчета двигателей. Конструкций поршневых двигателей различных типов и назначений, компоновочных схем, методов конструирования и расчета на прочность основных узлов и деталей двигателей с использованием современных методов на базе компьютерных технологий.

Перечень вопросов.

1. Основные параметры, характеризующие конструкцию ДВС.
2. Поршневая группа двигателя (условия работы, требования, основные элементы группы).
3. Конструкции поршней автомобильных и тракторных двигателей (условия работы, требования, типы конструкций, материалы, тенденции развития).
4. Основные компоновочные схемы автомобильных и тракторных ДВС.
5. Основные компоновочные схемы форсированных среднеоборотных ДВС.
6. Конструкция компрессионных поршневых колец ДВС (условия работы, требования, геометрические формы, материалы).
7. Особенности конструкции шатунов автомобильных дизелей.

8. Конструкции шатунов
9. Основные положения метода конечных элементов (МКЭ) применительно к задачам определения теплового состояния деталей двигателя.
10. Основные положения метода конечных элементов (МКЭ) применительно к задачам определения теплового состояния деталей двигателя.
11. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей плоской формы МКЭ.
12. Расчет напряженно-деформированного состояния поршня.
13. Расчет теплового состояния поршня.
14. Расчет на прочность поршневых колец.
15. Поршневой палец (особенности конструкции, расчет на прочность).
16. Расчет кривошипной головки шатуна.
17. Расчет поршневой головки шатуна.
18. Газо-распределительный механизм. Схемы, детали, материалы. Основные подходы к расчету деталей.

Основная учебная литература.

1. Конструирование двигателей внутреннего сгорания. Учебник. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л. -М, Машиностроение, 2011. 496 с.
2. Оценка выносливости базовых деталей поршневых двигателей. А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков, Н.Д. Чайнов. Учебное пособие. Москва, Изд. МГТУ им. Баумана, 2013. 102с.
3. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература:

4. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование Учебник. Луканин В.Н., Шатров М.Г. –М, Высшая школа, 2005. 400 с.
5. Определение деформаций и напряжений в шатуне быстроходного двигателя. Методические указания к лабораторным работам. Чайнов Н.Д., Мягков Л.Л. МГТУ, 2014, 21 с.
6. Расчет нагрузок в элементах кривошипно-шатунного механизма и прочности коленчатых валов поршневых машин. Учебное пособие. / Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, А.В. Карпов. Изд-во МГТУ, 2000. 32 с.
7. Программы для расчета на ЭВМ полей температур, деформаций и напряжений в деталях цилиндропоршневой группы.
8. Использование твердотельного моделирования при разработке деталей поршневых двигателей. Методические указания. Мягков Л.Л. Издательство МГТУ, 2005. 48 с.

ДИСЦИПЛИНА 5. Теплообменные аппараты (кафедра ЭЗ).

Тема 1. Конструкция элементов теплообменных аппаратов.

Вопросы:

- классификация теплообменных аппаратов;
- регенераторы и рекуператоры;
- конструктивные схемы теплообменных аппаратов;
- конструктивно-технологические характеристики поверхностей теплообмена;
- гидравлический диаметр, коэффициент фронтального сечения, коэффициент компактности;
- теплогидравлические характеристики поверхностей теплообмена;
- способы фиксации матрицы в корпусе теплообменного аппарата
- компенсация термических расширений корпуса и матрицы
- патрубки теплообменных аппаратов.

—

Тема 2. Теплопередача и гидравлическое сопротивление элементов поверхности теплообмена.

Вопросы:

- расчет теплопередачи в элементах поверхностей теплообмена;
- расчет теплопередачи через развитые (оребрённые и другие) поверхности теплообмена сложной формы;
- расчет процесса теплопередачи в регенеративном типе теплообменного аппарата;
- использование методов моделирования и аналоговых устройств к расчету процесса теплообмена в теплообменном аппарате;
- особенности теплообмена в условиях невесомости;
- аккумулятор теплоты;
- термосифон и тепловая труба;
- гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата, составляющие потерь давления;
- потери давления в патрубках;
- диффузорные и конфузорные участки гидравлического тракта;
- интенсификация процесса теплообмена;
- критерии оценки качества процесса интенсификации;
- способы интенсификации и их выбор;
- влияние теплофизических свойств теплоносителя на теплообмен и гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата;
- влияние теплофизических свойств теплоносителя на массогабаритные характеристики теплообменного аппарата.

Тема 3. Теплообменные аппараты (ТОА) рекуперативного типа.

Вопросы:

- схема движения теплоносителей в ТОА рекуперативного типа;
- температурный напор, эффективность теплообменного аппарата, число единиц переноса теплоты в ТОА рекуперативного типа;
- расчет теплообменного аппарата на заданные потери давления;
- энергетическая характеристика ТОА с заданной величиной поверхности теплообмена;
- оптимизация параметров ТОА с заданной величиной поверхности теплообмена при минимизации энергозатрат на циркуляцию теплоносителей;
- особенности расчета теплообменного аппарата рекуперативного типа при заданном его габарите;
- ТОА с контуром промежуточного теплоносителя.

Тема 4. ТОА регенеративного типа.

Вопросы:

- коэффициент теплопередачи, отнесенный ко времени продолжительности цикла;
- коэффициент аккумуляции теплоты;
- ТОА со стационарной матрицей;
- ТОА с перемещаемой (сыпучей) матрицей;
- ТОА с вращающейся матрицей.
- понятие об аккумуляторе теплоты.

Тема 5. Регенератор теплоты уходящих газов в энергоустановке.

Вопросы:

- регенератор теплоты уходящих газов: тип поверхности теплообмена геометрии корпуса, конструктивные схемы регенераторов рекуперативного и регенеративного типов;
- связь принятой схемы со способом компенсации термических деформаций корпуса и матрицы;

- основы технико-экономической оптимизации теплообменного аппарата;
- оптимальная степень регенерации регенератора ГТД и ГТУ
- оптимальная частота вращения матрицы регенератора;

Тема 6. ТОА отвода теплоты.

Вопросы:

- промежуточный и концевой охладители установок открытого и замкнутого циклов, схемы с промежуточным теплоносителем;
- используемые конструктивные схемы и типы поверхностей;
- холодильник-излучатель космической ЗГТУ, выбор типа излучающей поверхности, особенности расчета;
- ТОА системы кондиционирования охлаждающего агента системы охлаждения энергоустановки;
- маслоохладители;
- источники хладоресурса в зависимости от области применения энергоустановки.

Тема 7. Особые режимы работы ТОА.

Вопросы:

- работа ТОА на режимах частичной мощности энергоустановки;
- особенности оптимизации параметров теплообменных аппаратов (промежуточный и концевой охладители, регенератор) ГТУ замкнутого цикла по условию минимизации подведенной теплоты источника.

Основная учебная литература

1. Теплотехника : учебник для вузов / Александров А. А., Архаров А. М., Архаров И. А. и др. / общ. ред. Архаров А. М., Афанасьев В. Н. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 791 с.
2. Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок. Учебник. / Иванов В.Л., Леонтьев А.И., Манушин Э.А., Осипов М.И. /под редакцией Леонтьева А.И. М. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004, 571 с.
3. Теплотехника: учебник для вузов / Шатров М. Г., Иванов И. Е., Пришвин С. А. и др.; ред. Шатров М. Г. - М. : Академия, 2011. - 287 с.
4. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена / общ. ред. Гортышлов Ю.Ф. Казань : Центр инновационных технологий, 2009. - 530 с.
5. Иванов В.Л. Приемники и аккумуляторы теплового излучения солнца. Уч. пособие. Мю. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. 66 с.
6. Исследование теплогидравлических характеристик поверхностей теплообмена теплообменных аппаратов конвективного типа : метод. указания по выполнению лаб. работы по курсу "Теплообменные аппараты газотурбинных и комбинированных установок" / Егоров К. С., Иванов В. Л., Щеголев Н. Л. ; ред. Иванов В. Л. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 20 с.
7. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная учебная литература

8. Теплообменные устройства газотурбинных и комбинированных установок. Уч. пособие. / Грязнов Н.Д., Епифанов В.М., Иванов В.Л., Манушин Э.А. /под редакцией Леонтьева А.И.) М. Машиностроение. 1985. 360 с.
9. Теплообменные аппараты ТЭС : учеб. пособие для вузов / Назмеев Ю. Г., Лавыгин В. М. - 3-е изд., стер. - М. : Изд-во МЭИ, 2005. - 259 с.
10. Теория тепломассообмена. Учебник. / Исаев С.И., Кожин И.А., Кофанов В.И. и др. / под редакцией Леонтьева А.И. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана.1997. 683 с.

11. Иванов В.Л. Методы расчета теплообменных аппаратов газотурбинных установок. Уч. пособие. РИО МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1989. . 25 с.
12. Грязнов Н.Д. . Методическое руководство к курсовому проекту «Теплообменные аппараты» 1-3 части. 1978. 96 с.
13. Руководство к лабораторным работам по теплообменным аппаратам / Егоров К.С., Иванов В.Л., Щеголев Н.Л. /под редакцией Иванова В.Л. М. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. 25 с.
14. Елисеев Ю.С. Манушин Э.А., Михальцев В.Е. Осипов М.И, , др. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. Учебник. М. Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1997. 638 с.
15. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. Машиностроение. 1975. 802 с.

ДИСЦИПЛИНА 6. Лопаточные машины (кафедра ЭЗ).

Тема 1. Основные уравнения и соотношения теории лопаточных машин (ЛМ).

Вопросы:

- уравнения Эйлера для количества движения и момента количества движения массы газа;
- уравнение расхода, уравнение сохранения энергии, уравнение энергии в механической форме;
- потери при течении вязкой жидкости в диффузорных и конфузорных каналах, коэффициенты потерь, связь с энтропией;
- соотношение между показателями политропы и изоэнтропы процессов сжатия и расширения;
- затраченная, политропическая и изоэнтропическая работы сжатия рабочего тела в ступени и компрессоре;
- изображение процессов сжатия и расширения в T-S и i-S диаграммах
- изоэнтропические и политропические КПД, связь между ними.

Тема 2. Плоская решетка профилей.

Вопросы:

- геометрические и кинематические параметры плоской решетки профилей;
- действие потока на профиль при течении идеальной жидкости через решетку, формула Жуковского;
- коэффициенты подъемной силы и силы сопротивления профиля в решетке при течении с потерями;
- характеристика плоской решетки профилей, экспериментальное определение характеристики;
- аэродинамическая нагруженность решетки, способы ее оценки, обобщение результатов исследований плоских решеток;
- влияние режимных параметров на характеристики решеток, критическое и максимальное число Маха;
- определение параметров решетки профилей для заданного треугольника скоростей потока.

Тема 3. Ступень осевого компрессора (ОК).

Вопросы:

- основные геометрические, кинематические и энергетические параметры ступени;
- изменение параметров рабочего тела по длине проточной части ступени;
- уравнение равновесия частицы при движении в проточной части лопаточной машины, частные случаи движения по конической и цилиндрической поверхностям тока;
- профилирование лопаток ОК по высоте;
- определение параметров потока в межвенцовых зазорах по теории цилиндрической ступени;

- основные виды потерь в ступени осевого компрессора и способы их оценки;
- пути снижения потерь в осевой ступени;
- оптимальные параметры элементарной и полноразмерной ступени;
- влияние степени реактивности и закрутки потока при входе в рабочие колеса на коэффициент теоретического напора;
- радиальный зазор и его влияние на КПД и напор ступени;
- выбор значения осевого зазора;
- влияние удлинения лопаток на параметры ступени;
- трансзвуковые и сверхзвуковые ступени, особенности газодинамического расчета течения, выбора геометрических параметров профилей и решеток;
- влияние физических свойств рабочего тела на параметры ступени.

Тема 4. Проектирование многоступенчатого ОК.

Вопросы:

- особенности расчета ступеней в системе многоступенчатого ОК;
- выбор формы меридионального контура проточной части;
- изменение параметров ступеней по длине проточной части;
- расчет компрессора с применением данных экспериментального исследования плоских решеток;
- потери во входном и выходном патрубках и их влияние на КПД компрессора;
- пути повышения энергетической нагруженности и снижения числа ступеней ОК.

Тема 5. Ступень центробежного компрессора (ЦБК).

Вопросы:

- типы рабочих колес, форма лопаток, степень реактивности ступени ЦБК;
- изменение параметров рабочего тела по длине проточной части, T-S диаграмма процессов сжатия в элементах ступени;
- особенности течения в межлопаточных каналах рабочих колес ЦБК, роль сил Кориолиса, вихревой характер относительного движения потока;
- условие устойчивости течения в межлопаточном канале, влияние вязкости среды;
- одномерный газодинамический расчет компрессора по средней линии тока;
- выбор типа рабочего колеса, формы лопаток и параметров колеса, оценка потерь, определение параметров потока и размеров колеса;
- безлопаточный диффузор, назначение, траектория движения частиц, влияние вязкости на параметры потока;
- лопаточный диффузор, назначение, выбор типа и параметров диффузора, расчет потерь и параметров потока.
- профилирование входного и выходного устройств ЦБК;
- построение меридионального контура проточной части и формы лопаток рабочего колеса;
- профилирование безлопаточного и лопаточного диффузора ЦБК;
- способы снижения потерь в элементах ЦБК.

Тема 6. Характеристики компрессоров, неустойчивые режимы работы, способы регулирования.

Вопросы:

- подобие течений в лопаточных венцах компрессоров, критерии подобия, приведенные параметры;
- понятие характеристики компрессора, экспериментальное определение, изображение характеристики в параметрах подобия;
- характеристика ступени, срывные режимы работы, оценка начала срыва;
- рассогласование работы ступеней ОК на нерасчетных режимах работы, неустойчивые режимы работы компрессора, вращающийся срыв и помпаж;
- запас газодинамической устойчивости ОК, влияние радиальных и осевых зазоров;

- способы регулирования осевых и центробежных компрессоров.

Тема 7. Теория сопловых и рабочих решеток.

Вопросы:

- идеальное течение, сопловой аппарат, рабочее колесо, истечение с потерями;
- потери в каналах проточной части;
- коэффициенты скорости и расхода;
- расширение газа в косом срезе сопловой решетки, сверхзвуковые сопловые решетки.

Тема 8. Параметры и пространственное проектирование ступени турбины.

Вопросы:

- степень реактивности, треугольники скоростей для ступени, работа ступени на окружности колеса, составляющие потерь;
- параметры осевой и радиальной ступени турбин;
- КПД на окружности колеса;
- оптимальные параметры активной и реактивной ступени, потери в осевом зазоре;
- парциальные ступени, классификация КПД турбин;
- размеры осевой ступени;
- пространственное проектирование проточной части, законы профилирования осевой турбины по радиусу;
- проектирование профилей и решеток;
- особенности проектирования ступени центростремительной турбины: выбор степени реактивности, треугольники скоростей, оптимальные параметры;
- профилирование соплового аппарата и рабочего колеса центростремительной турбины.

Тема 9. Многоступенчатые осевые турбины.

Вопросы:

- турбины со ступенями скорости, турбины со ступенями давления;
- коэффициент возврата теплоты, выбор числа ступеней и распределение теплоперепада по ступеням;
- выбор формы проточной части;
- работа турбины на различных рабочих телах;
- назначение и расчет затурбинного диффузора;
- расчет лабиринтных уплотнений и их конструкция;
- расчет осевых усилий в турбине;
- специфика расчета паровой турбины.

Тема 10. Характеристики и регулирование турбин.

Вопросы:

- критерии подобия, возможные режимы работы, параметры ступени при изменении режима работы;
- запас работы в одноступенчатой турбине, коэффициент приспособляемости, перераспределение параметров по ступеням многоступенчатой турбины;
- мощность и КПД, способы регулирования.

Основная учебная литература.

1. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Теория и проектирование газовой турбины: Учеб. пособие по курсу «Лопаточные машины газотурбинных и комбинированных установок. Газовые турбины».-Ч. 1: Теория и проектирование ступени газовой турбины / Под ред. М.И. Осипова. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2006. -104 с.
2. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Теория и проектирование газовой турбины: Учеб. пособие по курсу «Лопаточные машины газотурбинных и комбинированных установок. Газовые турбины».-Ч. 2: Теория и проектирование многоступенчатой газовой турбины / Под ред.

М.И. Осипова. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. -116 с.

3. Теория и проектирование центробежных компрессоров газотурбинных двигателей : учеб. пособие : в 3 ч. / Троицкий Н. И., Тумашев Р. З. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. Ч. 1 : Основные уравнения теории лопаточных машин / ред. Осипов М. И. - 2010. - 40 с.
4. Технология изготовления лопаток компрессора газотурбинных двигателей / Юрьев В. Л., Грибановский В. А., Старочкина С. В. - М. : Машиностроение, 2011. - 623 с.
5. Теория и расчет транспортных газотурбинных двигателей : учебник для вузов / Чумаков Ю. А. - М. : Форум : Инфра-М, 2012. - 447 с.
6. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная учебная литература

7. Бекнев В.С., Куфтов А.Ф., Тумашев Р.З. Расчет и проектирование центробежных компрессоров ГТД: Методические указания. – М.: МГТУ. 2002.-32 с.
8. Тумашев Р.З. Характеристика одноступенчатого осевого компрессора: Методические указания. М.: МГТУ. 2002.-32 с.
9. Турбомашин и МГД-генераторы газотурбинных и комбинированных установок / Бекнев В.С., Михальцев В.Е., Шабаров А.Б., Янсон Р.А. М.: Машиностроение. 1983. –392 с.
10. Моляков В.Д. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Лопаточные машины. Часть 2». Кафедра Э-3 МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. – 6 с.
11. Абианц В.Х.. Теория авиационных газовых турбин. М.: Машиностроение, 1978. -167 с.
12. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Авиационные газотурбинные двигатели. Лопаточные машины. М.: Машиностроение. 1977. – 234 с.
13. Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. М.: Машиностроение. 1986. - 432 с.
14. Щегляев А. В. Паровые турбины. М.: Энергия, 1976.-498 с.
15. Манушин Э.А., Суровцев И.Г. Конструирование и расчет на прочность турбомашин газотурбинных и комбинированных установок/ Под ред. Н.Н. Малинина. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
16. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки»/С.А. Вьюнов, Ю.И. Гусев, А.В. Карпов и др.; Под общ. ред. Д.В. Хромина. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
17. 10. В.Е. Михальцев, В.Д. Моляков. Экспериментальное исследование газовой турбины: Методическое руководство к лабораторным работам по курсу «Турбины». – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1987. –26 с.
18. Ржавин Ю.А. Осевые и центробежные компрессоры двигателей летательных аппаратов. Теория, конструкция и расчет: Учебник. – М.: Изд-во МАИ. 1995.-344 с.
19. Кампсти Н. Аэродинамика компрессоров: Пер. с англ.- М.: Мир. 2000. - 688 с.
20. Сироткин Я.А. Аэродинамический расчет лопаток осевых турбомашин. – М.: Машиностроение. 1992.- 448 с.
21. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д. Теория авиационных двигателей: Теория лопаточных машин: Учебник для вузов. М.: Машиностроение. 1995.- 320 с.
22. В.Е. Михальцев. Проектирование и расчет проточной части многоступенчатой газовой турбины. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1981. – 72 с.
23. Траупель В. Тепловые турбомашин (паровые газовые турбины, компрессоры): В 2 т. Т. 1: Тепловой и аэродинамический расчет// Пер. с нем. Под ред. Б.М. Трояновского. М. – Л.: Гос. Энергетич. Изд-во, 1961. 344 с.
24. В.Е. Михальцев, В.Д. Моляков. Расчет цикла газотурбинной установки: Учебное пособие / Под ред. И.Г. Суровцева М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000.32 с.
25. Степанов Г.Ю. Гидродинамика решеток турбомашин. М.: ГИФМЛ, 1962. 512 с.
26. Локай В.И., Максудова М.К., Струнkin В.А. Газовые турбины двигателей летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1991. 511 с.

27. Копелев С.З. Охлаждаемые лопатки газовых турбин (тепловой расчет и профилирование). М.: Наука, 1983. 145 с.
28. Венедиктов В.Д. Газодинамика охлаждаемых турбин. М.: Машиностроение, 1990. 240 с.
29. Зарянкин А.Е., Шерстюк А.Н. Радиально-осевые турбины малой мощности. М.: МАШГИЗ, 1963. 248 с.
30. Никитин Ю.М., Нестеренко В.Г., Афанасьев А.А. Раздаточный материал к учебному пособию «Конструкция и проектирование узлов соединений роторов турбин и компрессоров авиационных двигателей». М.: Изд-во МАИ, 1989. 24 с.
31. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое. М.: Энергия, 1972. 344 с.
32. Манушин Э. А., Михальцев В. Е., Чернобровкин А. П. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. М.: Машиностроение, 1977. 447 с.
33. Елисеев Ю.С., Манушин Э.А., Михальцев В.Е., Осипов М.И., Суровцев И.Г. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.
34. Манушин Э.А., Барышникова Э.С. Турбостроение. Итоги науки и техники. Т. 2. Системы охлаждения турбин высокотемпературных двигателей. М.:ВИНИТИ, 1980. 280 с.
35. Аэродинамика турбин и компрессоров / под ред. У. Р. Хауторна. М.: Машиностроение, 1968. 742 с.
36. Бекнев В. С, Панков О. М., Янсон Р. А. Газовая динамика газотурбинных и комбинированных установок. М.: Машиностроение, 1973. 392 с.
37. Локомотивные газотурбинные установки/В. В. Уваров, В. С. Бекнев, Н. Д. Грязнов и др. М.: Машгиз, 1962. 548 с.
38. Степанов Г.Ю. Гидродинамическая теория решеток. — В кн.: Механика в СССР за 50 лет, Т. 2. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1970, с. 103—152.
39. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки. М.: Высшая школа, 1970. 320 с.
40. Ржавин Ю.А. Осевые и центробежные компрессоры двигателей летательных аппаратов. Теория, конструкция и расчет: Учебник. – М.: Изд-во МАИ, 1995. 344 с.
41. Холщевников К.В. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. М.: Машиностроение, 1970. 610 с.
42. Седов Л. И. Методы подобия и размерностей в механике. М.: Наука, 1967. 428 с.
43. Митрохин В.Т. Выбор параметров и расчет центростремительной турбины на стационарных и переходных режимах. М.: Машиностроение, 1974. 226 с.
44. Основы технологии производства газотурбинных двигателей: Учебник для студентов авиац. спец. вузов /А.М. Сулима, А.А. Носков, Г.З. Серебренников. – М.: Машиностроение, 1996. – 480 с.
45. Комаров О.В., Ревзин Б.С. Газотурбинные двигатели судового типа для энергетических и газотурбинных установок. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. 58 с.

ДИСЦИПЛИНА 7. Конструкция и прочность элементов энергетических установок (кафедра ЭЗ)

Тема 1. Детали и узлы турбомашин.

Вопросы:

- типовые конструктивные элементы газотурбинных установок, условия их работы и предъявляемые к ним требования;
- проектирование безмоментных рабочих лопаток турбомашин;
- напряжения и перемещения в рабочих лопатках, силы и моменты, действующие на них, проектирование равнопрочных лопаток;
- изгиб лопаток, геометрические характеристики поперечных сечений лопаток, осевые перемещения торцевых сечений лопаток.
- расчет на прочность хвостовиков рабочих лопаток;

- расчет дисков турбомашин, основное уравнение расчета дисков, уравнение равновесия элемента диска, уравнение совместности деформаций;
- граничные условия на расточке и на периферии диска;
- расчет диска постоянной толщины, 3 задачи расчета диска постоянной толщины;
- методы расчета дисков переменной толщины;
- расчет тонкостенных барабанов;
- расчет валов на статическую прочность;
- расчет корпусов как оболочек вращения;
- расчет тонкостенных оболочек (баллонов), нагруженных внутренним давлением;
- расчет фланцевых соединений.

Тема 2. Динамическая прочность элементов турбомашин.

Вопросы:

- колебания рабочих лопаток, причины их вызывающие;
- определение собственной частоты колебаний лопатки;
- уравнение колебаний, методы отстройки собственной частоты колебаний лопатки от частоты возмущающей силы;
- критическая частота вращения вала с одним диском;
- основное уравнение посадки диска на вал с натягом;
- дифференциальное уравнение движения диска, влияние трения диска об окружающую среду, податливости опор, гироскопических моментов на критическую частоту вращения вала с одним диском;
- определение собственных частот колебаний вала с несколькими дисками;
- энергетический метод Релея для расчета критических частот элементов конструкции со сложной геометрией, формула Данкерли.

Тема 3. Современные методы анализа упруго-напряженного состояния деталей.

Вопросы:

- особенности расчета на прочность при повышенных рабочих температурах;
- основы расчета деталей энергетических машин на ползучесть;
- кривые ползучести, гипотезы подобия кривых ползучести, технические теории ползучести;
- расчет толстостенного цилиндра на установившуюся ползучесть.
- особенности использования метода конечных элементов для расчета термонапряженного состояния деталей;
- особенности расчета на прочность элементов конструкции из композиционных материалов на примере тонкостенных стержней.

Основная учебная литература

1. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Теория и проектирование газовой турбины: Учеб. пособие по курсу «Лопаточные машины газотурбинных и комбинированных установок. Газовые турбины».-Ч. 1: Теория и проектирование ступени газовой турбины / Под ред. М.И. Осипова. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2006. -104 с.
2. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Теория и проектирование газовой турбины: Учеб. пособие по курсу «Лопаточные машины газотурбинных и комбинированных установок. Газовые турбины».-Ч. 2: Теория и проектирование многоступенчатой газовой турбины / Под ред. М.И. Осипова. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. -116 с.
3. Технология машиностроения : учебник для вузов : Т. 1 : Основы технологии машиностроения. / Бурцев В. М., Васильев А. С., Гемба И. Н. и др. / ред. Дальский А. М., Кондаков А. И. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 478 с.
4. Технология машиностроения : учебник для вузов : Т. 2 : Производство машин / Бурцев В. М., Васильев А. С., Гемба И. Н. и др. / ред. Мельников Г. Н. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 551 с.
5. Теория и проектирование центробежных компрессоров газотурбинных двигателей : учеб. пособие : в 3 ч. / Троицкий Н. И., Тумашев Р. З. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во

МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. Ч. 1 : Основные уравнения теории лопаточных машин / ред. Осипов М. И. - 2010. - 40 с.

6. Термостойкие композиционные материалы и их применение в многоразовых объектах ракетно-космической техники : учеб. пособие для вузов / Резник С. В., Михайловский К. В., Юрченко С. О. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 55 с.
7. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная учебная литература

8. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т.т. Теория упругости: Учебное пособие-4 изд. М.: Наука 1987.-248с.
9. Гецов Л.Б. Материалы и прочность деталей ГТ:М.:Недра,1996.-591с.
10. Зайцев В.И., Грицай Л.Л., Моисеев А.А. Судовые паровые и газовые турбины. М.: Транспорт, 1981. 312 с.
11. Биргер Ю.И. и др. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. М.: Машиностроение,1993. 664 с.
12. Скубачевский Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели М.: Машиностроение, 1981. 542 с.
13. Композиционные материалы: Справочник /В.В.Васильев, В.Д.Протасов, В.В.Болотов и др. под общ. ред. В.В.Васильева и Ю.М.Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. 512с.
14. Манушин Э.А., Суровцев И.Г. Конструирование и расчет на прочность турбомашин ГТ и КУ: учебное пособие для студентов маш. специальностей вузов / под ред. Малинина Н.Н. – М.: Машиностроение 1990. 400 с.
15. Манушин Э.А., Барышникова Э.С. Турбостроение. Итоги науки и техники. Т. 2. Системы охлаждения турбин высокотемпературных двигателей. М.:ВИНИТИ, 1980. 280 с.

ДИСЦИПЛИНА 8. Лопастные гидромашины (кафедра Э10)

Тема 1. Введение

Лопастная гидравлическая машина (ЛГМ) как элемент технической или энергетической системы. Устройство ЛГМ. Основные элементы проточной части лопастного насоса и гидротурбины: вращающееся лопастное колесо и подводящее и отводящее жидкость устройства. Отличия гидравлических явлений в рабочем процессе ЛГМ от явлений в гидравлических машинах объемного типа. Основные показатели ЛГМ как элемента системы. Области применения ЛГМ. Диапазон вариаций параметров ЛГМ. Основные преимущества и недостатки ЛГМ. Экологические аспекты применения. Основное уравнение баланса удельной механической энергии потока жидкости в технической системе с ЛГМ. Пример изменения напора потока жидкости при его перемещении в технических системах с насосом, с гидротурбиной. Энергетические, кавитационные и другие характеристики ЛГМ как отклик элемента системы на изменение условий работы системы. Метод получения характеристик ЛГМ. Необходимые условия получения характеристик. Критерии выбора ЛГМ для данной технической системы и места для ее установки в системе.

Тема 2 . Удельная работа лопастного колеса

Баланс механической энергии в ЛГМ (лопастной насос, гидротурбина) и его графическое изображение. Удельная работа лопастного колеса ЛГМ. КПД ЛГМ и его слагающие (механический, объемный и гидравлический КПД). Гипербола в координатах напор-подача (H-Q) как геометрическое место режимных точек работы ЛГМ, имеющих одинаковую гидравлическую мощность при максимальном значении КПД (поле характеристических точек ЛГМ). Практический опыт выбора принципа действия насоса и оптимизации по КПД

формы проточной части вращающегося лопастного колеса одноступенчатого лопастного насоса при постоянной частоте вращения ротора, а также выбора конструкции объемных насосов по мере уменьшения подачи и возрастания напора по указанной закономерности. Изменение напора потока при его перемещении через проточную часть работающей ЛГМ на оптимальном и неоптимальном режимах. Связь удельной работы вращающегося лопастного колеса ЛГМ с ее напором.

Тема 3 Вращающееся лопастное колесо как элемент ротора ЛГМ

Вращающееся лопастное колесо как элемент ротора ЛГМ. Уравнение моментов для ротора ЛГМ как элемента насоса (системы). Уравнение Эйлера для ЛГМ. Картина перемещения жидкости по проточной части ЛГМ в абсолютном и относительном движении. Условия эффективности процесса преобразования механической энергии в работающем лопастном колесе ЛГМ. Планы осредненных скоростей на границах проточной части лопастного колеса. Геометрические размеры и углы, характеризующие проточную часть колеса. Условия, определяющие поток на входе в межлопастные каналы и на выходе из них. Критерии выбора угла атаки на входе в лопастную решетку колеса насоса на рассматриваемой поверхности тока. Гипотеза о полной направленности потока лопастями и поправки на конечное число лопастей на выходе и на входе рабочего колеса насоса. Уравнение связи между удельной работой лопастного колеса и формой его проточной части (для насоса). Графическое представление характеристики удельной работы колеса от расхода жидкости через него $H_t=f(Q_k)$. Влияние угла установки лопастей на выходе из рабочего колеса насоса на очертание графика $H_t=f(Q_k)$. Влияние закрутки потока на входе в колесо на его удельную работу.

Тема 4 Теория подобия лопастных гидромашин

Основы теории подобия лопастных гидромашин как закон связи технической системы со встроенной в нее ЛГМ. Физические явления в работающей ЛГМ. Переход от характеристики удельной работы лопастного колеса к напорной характеристике насоса. Обобщение общих законов гидродинамического подобия потоков на ЛГМ. Условия обобщения. Следствия выполнения условий подобия. Формулы подобия для насосов и гидротурбин. Коэффициент быстроходности ЛГМ ns и коэффициент напорности лопастных насосов как критерий подобия по выходным параметрам ЛГМ на режиме максимального КПД. Классификация проточной части лопастных насосов по значению ns (или коэффициента напорности). Зависимость вида энергетических характеристик насоса от ns . Особенности вида характеристик лопастного насоса (крутизна, "западание" или "нестабильность" и т.п.). Связь режима пуска насоса с видом энергетических характеристик.

Тема 5 Работа насоса в насосной установке

Насосная установка (НУ). Условие устойчивой работы НУ. Методы изменения расхода в НУ и оценка их эффективности (дресселированием; изменением частоты вращения ротора насоса; перепуском части расхода из напорного патрубка в подводящий; параллельным и последовательным подключением резервных ЛН; перепуском из напорного патрубка в подводящий с рекуперацией гидравлической мощности перетечек во встроенной гидротурбине). Ограничения применения методов. Причины появления потери устойчивости режима работы НУ. Помпаж, способы его устранения и оценка их эффективности.

Тема 6 Кавитация в лопастных гидромашинах

Явление кавитации. Сопутствующие явления. Последствия кавитации. Число кавитации как параметр подобия кавитационных явлений в каналах с подобной геометрической формой. Развитие кавитационных явлений на одиночном профиле и на профиле в лопастных решетках насоса и гидротурбины. Закон подобия и параметры подобия кавитационных явлений. Кавитационный запас на входе в проточную часть ЛГ - насоса. Классификация кавитационных течений в насосной лопастной решетке. Критический обзор применяющихся чисел кавитации. Частная кавитационная характеристика ЛН. Критерии критических режимов кавитации насоса.

Метод опытного определения критических режимов кавитации (ГОСТ 6134-87. Насосы динамические. Методы испытаний). Вид напорной характеристики ЛН в зависимости от

значения кавитационного запаса потока на входе в насос. Особенность развития кавитации при работе насоса на смесях жидкостей, имеющих разные значения давления насыщенного пара при данной температуре. Кавитационный коэффициент быстроходности С.С. Руднева как критерий подобия лопастных насосов по условиям входа. Определение оптимального диаметра горловины рабочего колеса ЛН на входе из условия наименьших гидравлических потерь в проточной части рабочего колеса. Определение необходимого значения диаметра горловины рабочего колеса на входе из условия достижения наибольшей всасывающей способности насоса (минимизацией кавитационного запаса на входе в колесо). Примеры опытных значений коэффициента кавитации для входных кромок лопастей, выполненных по различной технологии. Оценка необходимых значений коэффициента приведенного диаметра для минимизации кавитационного запаса потока на входе в колесо. Ограничения на рост Do . Основные положения расчета всасывающей способности лопастных насосов учетом конечной толщины входных кромок лопастей на входе, числа лопастей и т.п. Методы улучшения всасывающей способности ЛН.

Тема 7 Отводящие и подводящие устройства ЛГМ

Назначение и работа отводящего устройства ЛГМ. Применяемые формы отводов. Модель кинематики потока на входе в отводящее устройство. Оптимальная форма проточной части отвода ЛГМ по различным критериям. Физическая модель потока в каналах отводов в зависимости от режима работы насоса и от вида характеристики удельной работы колеса. Пропускная способность отвода Асп. Луч отвода как геометрическое место режимов работы лопастного колеса, обеспечивающих минимальные потери на смешение потоков по каналу отвода и из рабочего колеса. Влияние пропускной способности отвода на вид напорной характеристики насоса с одним и тем же рабочим колесом. Расчет бокового спирального отвода насоса с помощью ПЭВМ.

Направляющие аппараты, их виды и метод их расчета. Мероприятия по снижению шума и вибрации ЛН (в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86). Основные требования к поверхностям проточной части отвода.

Назначение и работа подвода ЛГМ. Применяемые формы подводов. Боковой спиральный подвод насоса и гидротурбины. Влияние пропускной способности бокового спирального подвода насоса на его напорную характеристику и всасывающую способность. Определение границ эффективного использования степени закрутки потока на входе насоса для изменения режима работы насосной установки.

Тема 8 Потери мощности в лопастных гидромашинах

Методы расчета потерь мощности в опорах ротора ЛГМ. Расчет потерь мощности в уплотнениях вала ЛГМ. Дисковые потери мощности – внутренние механические потери. Трение вращающегося диска о жидкость в неограниченном и ограниченном пространстве. Физическая модель течения жидкости в пазухах между дисками рабочего колеса и стенками корпуса ЛГМ. Момент на валу вращающегося в жидкости диска. Взаимодействие течения в пазухах с течением жидкости в спиральном боковом отводе насоса. Анализ влияния на мощность дискового трения (коэффициент трения диска) величины зазоров между колесом и корпусом насоса, шероховатости поверхностей диска и стенок, структуры потока в пазухах (числа Re) и др. Относительная величина мощности дискового трения в насосах различной быстроходности.

Перетечки и утечки в ЛГМ и объемные потери мощности. Математическая модель равновесия ядра потока в пазухе между диском колеса и корпусом ЛГМ. Анализ возможных законов распределения давления в потоке по радиусу на оптимальных режимах работы насоса. Физическая модель потока в пазухах насоса на режимах недогрузки и перегрузки. Уравнение расхода перетечек через щелевые уплотнения рабочих колес и через межступенные щелевые уплотнения. Оценка относительной величины перетечки в насосах различной быстроходности. Влияние перетечки через щелевое уплотнение колеса на его удельную работу, на эффективность работы насоса и на всасывающую способность насоса. Объемный КПД насоса и пути его повышения. Объемный КПД многоступенчатого насоса.

Экологические аспекты проблемы уплотнения валов ЛГМ. Утечки и классы герметичности ЛГМ.

Гидравлические потери мощности в ЛГМ. Основные подходы к оценке потерь на трение и в местных сопротивлениях в проточной части ЛГМ. Экспериментальные методы оценок мощности гидравлических потерь в ЛГМ. Графическое представление пределов изменения и зависимости гидравлического КПД одноступенчатых лопастных насосов от ps . Влияние размеров ЛГМ и свойств протекающей через нее жидкости на характеристики ЛГМ. Отклонение от подобия при пересчете ЛГМ на другие размеры и при переходе на другие жидкости (масштабный эффект).

Тема 9 Радиальные и осевые силы в лопастных гидромашинах

Причины возникновения радиальных сил на роторе ЛГМ (гидродинамические и механические). Результирующие радиальных сил, действующих на опоры ротора. Примеры зависимости радиальных сил гидродинамического происхождения от режима работы насоса. Методы снижения гидродинамических и механических радиальных сил в ЛН (установкой направляющих аппаратов между колесом и входом в отвод, применением двух- и многозавитковых спиральных сборников, организацией выравнивания распределения давления по выходному диаметру колеса путем вариации размеров пазух и т.п. Появление гидродинамических радиальных сил в многоступенчатых насосах из-за эксцентриситета поверхностей, образующих щелевые уплотнения колес и между ступенями.

Тема 10 Стандартизация в насосостроении

Стандарты параметрических рядов ЛН и гидротурбин различного типа и принципы их построения. Критерии качества насосного оборудования.

Перечень вопросов:

1. Переход от характеристики удельной работы рабочего колеса N_t к напорной характеристике насоса
2. Изобразить изменение нормальной характеристики лопастного насоса при увеличении вязкости перекачиваемой жидкости и объяснить полученный график
3. Гипотеза бесконечного числа лопастей. Вывести поправку на конечное число лопастей
4. Вывести уравнение Эйлера для лопастных гидромашин
5. Определение оптимального диаметра горловины рабочего колеса лопастного насоса на входе из условия наименьших гидравлических потерь в проточной части колеса и по критерию минимальности кавитационного запаса на входе в насос.
6. Вывести коэффициент быстроходности лопастного насоса как критерий подобия насоса по выходным параметрам на режиме максимального КПД.
7. Вывести формулу пропускной способности расчетного сечения бокового спирального отвода - Асп.
8. Классификация проточных частей лопастных насосов по значениям коэффициента быстроходности. Зависимость вида параметрических характеристик и КПД от ps насоса
9. Работа одиночного насоса в НУ со сложным трубопроводом. Графоаналитическое или аналитическое описание.
10. Переход от частных кавитационных характеристик лопастного насоса к общей кавитационной характеристике.
11. Влияние угла установки лопастей на выходе на характеристику удельной работы лопастного колеса центробежного насоса (изобразить графически)
12. Определение потерь дискового трения в лопастной гидромашине. Формула для определения потерь, факторы, влияющие на величину потерь.
13. Влияние закрутки потока на входе (циркуляции скорости) на удельную работу колеса лопастного насоса N_t

14. Объемные потери в лопастных насосах. Методы их уменьшения
15. Осевые силы, действующие на ротор лопастного насоса.
16. Методы разгрузки осевых сил, действующих на ротор центробежного насоса
17. Метод профилирования лопастей рабочего колеса с помощью конформного отображения поверхностей тока на цилиндре
18. Кавитационный запас потока на входе в гидромашину, выраженный через скорости на входе в колесо и через параметры потока на входе в насос.
19. Изложить методику проведения балансовых испытаний центробежного насоса
20. Графически показать последовательность построения поля характеристик лопастного насоса
21. Перечислить причины появления радиальных сил на роторе насоса, показать механизм появления гидродинамической радиальной силы
22. Описать методы разгрузки радиальных сил на роторе центробежного насоса
23. Построить характеристику простого трубопровода, записать формулу потребного напора и определить рабочий режим насоса в установке
24. Изобразить схему стенда для нормальных и кавитационных испытаний центробежного насоса
25. Перечислить и изобразить методы улучшения всасывающей способности центробежных насосов
26. Вид частой кавитационной характеристики и критические значения кавитационного запаса лопастного насоса
27. Изобразите планы скоростей на входе и выходе рабочего колеса центробежного насоса и поясните с их помощью, как напор рабочего колеса описывается через уравнение Эйлера для лопастных гидромашин
28. Изобразите отводящее устройство лопастного насоса типа «Направляющий аппарат» (НА). Опишите элементы проточной части НА и их назначение. Показать изменение напора потока и момента скорости в проточной части НА.
29. Изобразить боковой полуспиральный подвод для рабочих колес двухстороннего входа и для ступени многоступенчатого насоса, и пояснить его функции (проиллюстрировать планами скоростей на входе)
30. Явление кавитации. Сопутствующие явления. Последствия кавитации в лопастных насосах. Число кавитации как параметр подобия кавитационных явлений в каналах с подобной геометрической формой.
31. Напишите формулу для кавитационного запаса лопастного насоса
32. Напишите уравнение Эйлера для лопастных гидромашин (для насоса и гидротурбины)
33. Постройте нормальную характеристику центробежного насоса
34. Обоснуйте, почему при регулировании подачи лопастного насоса дросселированием дроссели устанавливают в напорном трубопроводе, а не во всасывающем?
35. Напишите три формулы подобия лопастных гидромашин
36. Напишите формулу для определения КПД лопастного насоса
37. Напишите формулу для коэффициента быстроходности лопастного насоса
38. Сформулируйте назначение отводящих устройств лопастных насосов
39. Постройте планы скоростей на входе в колесо лопастного насоса (для случаев наличия и отсутствия момента скорости на входе в колесо)
40. Постройте план скоростей на выходе из рабочего колеса центробежного насоса (для конечного и бесконечного числа лопастей)

41. Сформулируйте функции подводящих устройств центробежного насоса и перечислите виды этих устройств
42. Изобразить схему проточных частей части консольного и многоступенчатого ЦБН и перечислить функции их элементов
43. Изобразите применяемые формы расчетных сечений спиральных отводов и покажите, что такое тангенциальный отвод и отвод по ISO
44. Баланс механической энергии в лопастной гидромашине и его графическое изображение. Составляющие КПД насоса
45. Перечислите признаки работы лопастного насоса на режиме кавитации.
46. Что такое масштабный эффект в центробежных насосах?
47. Изобразите этапы развития кавитационных явлений на профиле лопасти насоса
48. Перечислите виды уплотнений, применяемых в лопастных насосах
49. Изобразите конструктивную схему герметичного насоса с магнитной муфтой
50. Что такое параметрический ряд лопастных насосов? Изобразите его в виде полей характеристик.

Основная литература

1. А.А. Анкудинов. Расчет и проектирование предвключенной осевыхревой ступени центробежного насоса. Учебное пособие.-М. МГТУ, 2005 г.
2. Теплотехника : учебник для вузов / Александров А. А., Архаров А. М., Архаров И. А. [и др.] ; общ. ред. Архаров А. М., Афанасьев В. Н. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 791 с.
3. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы : учебник для вузов / Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. [и др.]. - 3-е изд., стер. - М.: Альянс, 2009. - 422 с..
4. С.П. Субботин. Герметичные насосы с магнитной муфтой: теория, проектирование, создание, отработка. Минск. Современные знания, 2008 г.
5. Моргунов К. П. Гидравлика, гидравлические машины, гидропривод : учебник. - СПб. : Санкт-Петербург. гос. ун-т водных коммуникаций, 2009. - 545 с.
6. Ухин Б. В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод : учеб. Пособие. - М. : Форум : Инфра-М, 2011. - 319 с.
7. Козлов С.Н., Петров А.И. Расчет и проектирование отводящих устройств центробежных насосов. Учебное пособие. Часть 1. М.: МГТУ. – 2004. – 40 с.
8. Козлов С.Н., Петров А.И. Расчет и проектирование отводящих устройств центробежных насосов. Учебное пособие. Часть 2. М.: МГТУ. – 2006. – 33 с.
9. Козлов С.Н., Петров А.И. Расчет радиальных и осевых сил в центробежных насосах. Методические указания. М.: МГТУ. – 2008. – 33 с.
10. Мелашенко В.И. Виброакустические кавитационные испытания лопастного насоса. Методические указания. М.: МГТУ. – 2008 г. -12 с.
11. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная учебная литература

12. Насосы динамические. Методы испытаний. ГОСТ 6134-2007.

ДИСЦИПЛИНА 3. Объемные гидромашины (кафедра Э10)

Тема 1 Введение. Гидромашины - насосы и гидродвигатели.

Основные понятия и показатели качества. Определение и принцип действия объемных гидромашин, их классификация, клапанная и золотниковая системы распределения жидкости, примеры конструкций. Области применения объемных гидромашин.

Тема 2 Работа объемной гидромашин в гидросистеме.

Баланс расходов и энергии для гидросистемы, включающей гидромашину, при установившемся режиме ее работы. Основные расчетные соотношения и характеристики для объемных гидромашин и элементов гидропередачи (клапаны, дроссели и т.п.). Регулирование расхода, поступающего к потребителю и скорости гидродвигателя.

Тема 3 Рабочий процесс объемных гидромашин.

Модели различной степени сложности. *Идеализированный рабочий процесс*: рабочий объем, идеальная подача и момент, их неравномерность, амплитудный и фазовый способы регулирования рабочего объема. Примеры, иллюстрирующие определение указанных выше понятий. Использование рядов Фурье при исследовании рабочего процесса многопоршневых гидромашин.

Реальный рабочий процесс: влияние сжимаемости рабочей среды, утечек и трения в элементах гидромашин. Роль мертвого объема и возможность регулирования подачи путем его изменения. Дифференциальное уравнение движения вязкой жидкости в щелях объемных гидромашин и частные примеры его интегрирования. Виды потерь в объемных гидромашинах, коэффициенты полезного действия, коэффициенты подачи и момента. Кавитация в объемных гидромашинах.

Тема 4 Поршневые насосы.

Классификация и конструктивные схемы. Кинематика кривошипно-ползунного механизма; неравномерность подачи и способы ее выравнивания. Основы расчета гидропневматического аккумулятора. Индикаторная диаграмма и баланс энергий в поршневом насосе. Основы теории и расчета клапанной системы распределения. Силы, действующие в механизме насоса. Порядок расчета и проектирования, материалы и технологические требования к основным деталям поршневых насосов.

Тема 5 Аксиально-поршневые гидромашины.

Классификация и конструктивные схемы. Кулачковый и рычажный механизмы, обеспечивающие возвратно-поступательное движение поршней: машины с наклонным диском и наклонным блоком цилиндров. Способы синхронизации вращения блоков шатунов и цилиндров. Кинематика движения поршней. Регулирование рабочего объема путем изменения угла наклона диска или блока цилиндров. Усилие на регулирующем органе. Силы, действующие в аксиально-поршневых гидромашинах. Особенности проектирования торцевой системы распределения, вопросы гидростатической разгрузки. Порядок расчета и проектирования аксиально-поршневых гидромашин, материалы и технологические требования к основным деталям и узлам.

Тема 6 Радиально-поршневые гидромашины.

Классификация и конструктивные схемы, преимущества и недостатки. Машины с неподвижным и с вращающимся кулачком. Торцевое и цапфенное распределение жидкости. Силы, действующие в радиально-поршневых гидромашинах. Высокомоментные гидромоторы (ВГМ) однократного и многократного действия. Особенности кинематики и рекомендуемые законы движения поршня (форма направляющей статора). Гидростатическая разгрузка отдельных элементов. Регулируемые ВГМ, способы регулирования рабочего объема. Порядок проектирования и расчета, материалы и технологические требования к основным деталям радиально-поршневых гидромашин.

Тема 7 Пластинчатые гидромашины.

Классификация и конструктивные схемы, преимущества и недостатки. Особенности кинематики и форма направляющей статора пластинчатых гидромашин однократного и двукратного действия. Разгрузка пластин и их конструктивное исполнение. Особенности пластинчатых гидромоторов. Силы, действующие в пластинчатых гидромашинах. Порядок

проектирования и расчета, материалы и технологические требования к основным деталям пластинчатых гидромашин.

Тема 8 Шестеренные гидромашин.

Классификация и конструктивные схемы, преимущества и недостатки. Машины с внешним и с внутренним зацеплением. Шестеренные гидромашин орбитального типа. Геометрическая подача шестеренных гидромашин и ее неравномерность. Защемленный объем и способы его разгрузки. Компенсация торцевого и радиального зазоров. Силы, действующие в шестеренных гидромашин. Порядок проектирования и расчета, материалы и технологические требования к основным деталям шестеренных гидромашин.

Тема 9 Винтовые гидромашин.

Классификация и конструктивные схемы, преимущества и недостатки. Одно-, двух- и трехвинтовые насосы. Геометрия винтов. Области применения. Порядок проектирования и расчета.

Перечень вопросов:

1. Нарисуйте схему аксиально поршневого насоса с наклонным диском. На какой угол надо повернуть торцевой распределитель, чтобы при фазовом способе регулирования подача уменьшилась в два раза?
2. Нарисуйте схему радиально поршневого насоса однократного действия с клапанным золотниковой системой распределения. Определите коэффициент неравномерности подачи при семи поршнях, если угол поворота эксцентрика в момент отсечки рабочей камеры от полости всасывания равен $\pi/4$.
3. Как осуществляется предварительный выбор размеров клапана поршневого насоса?
4. Опоры какой шестерни наиболее нагружены в шестеренных насосах с внешним зацеплением? Каким образом создается эта нагрузка?
5. Нарисуйте: 1) схему регулируемого аксиально поршневого насоса с клапанным золотниковой системой распределения и 2) график идеальной подачи из одной рабочей камеры.
6. Каким образом можно показать, что неравномерность подачи шестеренных насосов с внутренним зацеплением гораздо меньше, чем с внешним зацеплением?
7. Какой будет частота колебаний идеальной подачи аксиально поршневого насоса с наклонным диском при 5 и при 6 цилиндрах, если частота вращения его вала $n=1500$ об/мин?
8. На сколько процентов, при прочих равных условиях, изменится осевая нагрузка на подшипники вала аксиально поршневого насоса с наклонным блоком при его регулировании от 0 до 30 градусов?
9. От каких факторов зависит величина давления в корпусе гидромотора?
10. Нарисуйте график изменения скорости движения пластины относительно ротора для пластинчатого насоса двукратного действия, указав на оси абсцисс характерные угловые положения при числе пластин z в диапазоне угла поворота $0 < \varphi < \pi$.
11. Нарисуйте гидравлическую схему регулирования подачи объемного насоса потребителю путём дросселирования.
12. Дайте определение понятию рабочий объем гидромашин и приведите возможный способ его экспериментального определения.
13. Нарисуйте картину сил, действующих на поршень аксиально поршневой гидромашин с наклонным диском и приведите формулы для их вычисления.
14. Отметьте основные преимущества и недостатки в конструкциях пластинчатых насосов одно и двукратного действия.
15. Нарисуйте схему аксиально поршневого насоса с наклонным блоком. Укажите направление вращения блока и положение полостей всасывания и нагнетания.
16. На какие показатели качества и в какую сторону, в первую очередь, влияет выбор числа зубьев шестеренного насоса с внешним зацеплением при одном и том же рабочем объеме?

17. Нарисуйте индикаторную диаграмму поршневого насоса при идеализированном рабочем процессе. Как она изменится, если убрать допущение о несжимаемости жидкости?
18. Нарисуйте график подачи одно поршневого насоса при идеализированном рабочем процессе. Что изменится, если убрать допущение о несжимаемости жидкости?
19. Полагая, что при работе аксиально поршневого насоса блок цилиндров и распределитель разделены масляным слоем, нарисуйте зависимость потерь энергии в этой паре в функции от величины зазора при постоянной вязкости.
20. Полагая, что при работе аксиально поршневого насоса блок цилиндров и распределитель разделены масляным слоем, нарисуйте зависимость потерь энергии в этой паре в функции от вязкости при постоянной величине зазора.
21. Какие потери (превалирующие) учитываются в теории подобия роторных гидромашин и с помощью каких коэффициентов? Как зная их, выражаются полные КПД для насоса и гидромотора?
22. Какие основные требования предъявляются к клапанам поршневых насосов?
23. Какие геометрические размеры определяют величину хода поршня в аксиально поршневой гидромашине с наклонным блоком?
24. Какое смысловое содержание скрывается за определением - "аксиально поршневой гидромотор с двойным несиловым карданом"?
25. Какие синхронизирующие механизмы встречаются в аксиально поршневых гидромашинках с наклонным блоком? Дайте им сравнительную оценку.
26. Для чего применяются гидропневмоаккумуляторы ("воздушные колпаки") в поршневых насосах? Как определить их объём?
27. Как вычислить величину рабочего объёма пластинчатого насоса (одно или двукратного действия)? Нужно ли при этом учитывать толщины пластин?
28. Что такое коэффициент подачи и коэффициент момента? Какая связь между этими коэффициентами и полным КПД насоса?
29. Какие силовые факторы действуют на синхронизирующий механизм в аксиально поршневых гидромашинках с наклонным блоком?
30. Как с помощью индикаторной диаграммы можно определить работу, совершаемую поршнем?
31. Что такое коэффициент неравномерности подачи? Определите его значение для идеальной подачи двух и трёх поршневого насоса с кривошипно ползунным механизмом.
32. Нарисуйте схему одно поршневого насоса с кривошипно ползунным механизмом и график его идеальной подачи.
33. Что такое регулируемая гидромашинка? Её обозначение на гидравлических схемах. Приведите формулы для вычисления параметра регулирования аксиально поршневых гидромашин с наклонным блоком и с наклонным диском.
34. Какой рабочий процесс в объёмной гидромашине называется "идеализированным"? Напишите для этого случая формулы для определения подачи и момента.
35. Напишите формулы для экспериментального определения полного КПД объёмного насоса и гидромотора. Как определить давление насоса и гидромотора?
36. Нарисуйте схему шестерённого насоса с внешним зацеплением. Укажите направление вращения шестерён и движения жидкости.
37. Нарисуйте схему аксиально поршневого насоса с наклонным диском. Укажите направление вращения блока и положение полостей всасывания и нагнетания.
38. Нарисуйте схему пластинчатого насоса однократного действия и напишите формулу для вычисления его рабочего объёма без учёта толщины пластины.
39. Нарисуйте схему пластинчатого насоса двукратного действия и напишите формулу для вычисления его рабочего объёма без учёта толщины пластины.
40. Нарисуйте схему регулируемого радиально поршневого насоса и напишите формулу для вычисления его рабочего объёма.
41. Назовите основные технические показатели качества объёмных гидромашин.

42. Как определить рабочий объём проектируемого насоса, если заданы его подача и частота вращения вала?
43. Как определить рабочий объём проектируемого гидромотора, если заданы давление и момент на его валу?
44. Нарисуйте идеальную и реальную характеристику объёмного насоса - подача в зависимости от давления. Что изменится, если насос будет снабжён предохранительным клапаном?
45. Нарисуйте рабочие характеристики объёмного насоса (например, для шестерённого насоса) - подача, полный КПД и мощность двигателя в функции от давления.
46. Изложите сущность "секторного" метода расчёта торцевого распределителя в аксиально поршневых гидромашинах
47. В каком случае и почему целесообразнее делать объёмные гидромашины многократного действия, когда они работают в качестве насосов или гидромоторов?
48. В чём разница следующих понятий: "насос двукратного действия" и "насос двухстороннего действия"?
49. Что принято понимать под "мёртвым" объёмом? Как он влияет на величину подачи насоса?
50. Что скрывается за понятиями: торцевой распределитель аксиально поршневой гидромашины с положительным, с отрицательным и с нулевым перекрытием?

Основная литература.

1. Башта Т.М. (учебник) Объёмные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. - М.: Машиностроение, 1974. - 606 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С. и др. (учебник) Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. - М.: Машиностроение, 1982. - 422 с.
3. Орлов Ю.М. Объёмные гидравлические машины. М.: Машиностроение, 2006 - 222 с.
4. Машиностроительный гидропривод. / Под ред. В.Н.Прокофьева. М.: Машиностроение, 1978. - 495 с.
5. Объёмные гидромеханические передачи. / Под ред. Е.С.Кисточкина. Л.: Машиностроение, 1987 - 255 с.
6. Лабораторный курс гидравлики насосов и гидропередач. О.В. Байбаков, Д.А. Бутаев, и др. / Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. М.: Машиностроение, 1974 - 416 с.
7. Динамика механизмов. (учебное пособие) Под ред. А.А. Головина. М., изд. МГТУ, 2006.-160 с.
8. Голубев В.И. (учебное пособие). Силовой регулируемый гидропривод в энергомашиностроении. М., изд. МЭИ, 1989г.-107 с.
9. Попов Д.Н. (учебник). Механика гидро и пневмоприводов. - М. изд. МГТУ, 2002 - 320с
10. Справочно-информационные ресурсы сети Internet по данной тематике.

Дополнительная литература.

11. Мальц Л.У. Поршневые гидравлические передачи с регулируемыми насосами. - Л.: Судпромгиз, 1961 -
12. Навроцкий К.Л. (учебник). Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М., Машиностроение, 1991 - 384 с.
13. Абаринова И.А. Методические указания к выполнению домашнего задания по курсу «Объёмные гидромашины и гидропередачи». Изд. МВТУ, 1994.

ПРИМЕР билета письменных вступительных испытаний
БИЛЕТ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ

13.04.03 Энергетическое машиностроение

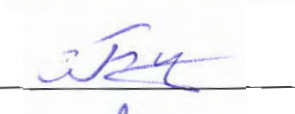
Вопросы 1..5 обязательны для всех, на вопросы 6..10 абитуриент может отвечать по своему желанию на один (и не более одного) из трех вопросов в каждом пункте.

№ вопроса	Вопрос	Ценность ответа в баллах
1	Напишите формулу, описывающую закон жидкостного трения Ньютона	5
2	Запишите уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости	5
3	Сформулируйте понятие поверхностных и массовых сил, действующих в жидкостях, и приведите примеры таких сил	10
4	Приведите известные Вам коэффициенты, описывающие истечение жидкости через отверстия и насадки, и покажите, как с их помощью рассчитывается расход и скорость жидкости	10
5	Напишите уравнение Навье-Стокса в дифференциальной форме для установившегося движения несжимаемой вязкой жидкости и поясните смысл его членов	20
6.1	Изобразите нормальную характеристику лопастного насоса	5
6.2	Регенераторы и рекуператоры, достоинства и недостатки, типы	5
6.3	Показатели эффективности термодинамических циклов двигателей	5
7.1	Какие виды уплотнений вращающихся валов в гидромашинах вы знаете?	5
7.2	Потери давления в патрубках ТОА	5
7.3	Кинематические схемы, используемые в ДВС	5
8.1	Опишите механизм возникновения радиальной силы на роторе центробежного насоса и постройте ее зависимость от подачи насоса	10
8.2	Основные виды потерь в ступени осевого компрессора и способы их оценки	10
8.3	Скоростные, нагрузочные, винтовые, комбинированные, регуляторная, тепловозная характеристики	10
9.1	Постройте планы скоростей на входе и выходе лопасти колеса центробежного насоса	10
9.2	Коэффициент возврата теплоты, выбор числа ступеней и распределение теплоперепада по ступеням	10
9.3	Силы и моменты в одноцилиндровом двигателе. Порядок динамического расчета ДВС.	10
10.1	Выведите основное уравнение лопастных машин (уравнение Эйлера)	20
10.2	Напряжения и перемещения в рабочих лопатках, силы и моменты, действующие на них, проектирование равнопрочных лопаток	20
10.3	Расчет теплового состояния поршня ДВС	20

Настоящая программа рассмотрена и утверждена на заседаниях кафедр Э2, Э3 и Э10.

Автор(ы) программы:

к.т.н., доцент каф. Э10  Петров А.И.

к.т.н., доцент каф. Э3  Бурцев С.А.

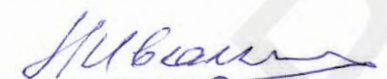
к.т.н., доцент каф. Э2  Мягков Л.Л.

Декан факультета Э



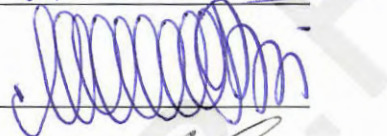
А.А. Жердев

Заведующий кафедрой Э2



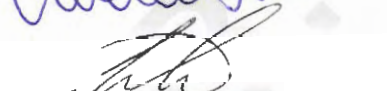
Н.А. Иващенко

Заведующий кафедрой Э3



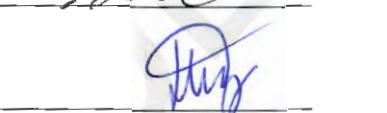
А.Ю. Вараксин

Заведующий кафедрой Э10



С.Е. Семенов

Начальник отдела магистратуры



Б.П. Назаренко