

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научного совета
DSc.30.08.2018.FM/T.02.09
при Самаркандском
государственном университете
Р.И.Халмурадов



_____ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Высшей
Аттестационной Комиссии
при КМ РУз
А.Т.Юсупов



« _____ » _____ 2018 г.

ПРОГРАММА

квалификационного экзамена по специальности

01.02.05-«Механика жидкости и газа»

Утвержден протоколом № 260 от «29» января 2018 г.

Президиума Высшей Аттестационной Комиссии
при Кабинете Министерств Республики Узбекистан

Самарканд - 2018

Введение

В основу настоящей программы положены следующие: Роль жидкостей и газов в природных явлениях, технике и обеспечении жизнедеятельности человека. Гидрогазодинамика как составная часть механики сплошной среды. Связь гидрогазодинамики с другими отраслями знаний. Основные этапы истории развития механики жидкостей и газов. Гидромеханическое представление о жидкостях как сплошной и текучей среде. Фундаментальные свойства жидкостей и газов - сплошность и текучесть. Основы математического моделирования и численные методы. Основы теории вероятностей и математической статистики.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан по механико-математическим и техническим наукам при участии СамГУ.

1. Основные физические свойства жидкостей и газов.

Плотность жидкостей и газов. Зависимость плотности от температуры и давления. Уравнения состояния для идеальных газов и капельных жидкостей. Особенности теплового расширения воды. Связь коэффициента сжимаемости жидкостей со скоростью звука. Адиабатическая и изотермическая скорости звука в идеальном газе. Понятие о несжимаемой жидкости.

Вязкость жидкостей. Физическая природа сил вязкого трения - вязкое трение как результат процессов переноса импульса молекулами. Вязкие напряжения. Закон вязкого трения Ньютона. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости и их зависимость от температуры. Диссипация энергии как результат вязкого трения.

Свободная поверхность жидкости и ее особенности. Поверхностная энергия. Коэффициент поверхностного натяжения в жидкостях. Капиллярный скачок давления. Кривизна поверхности. Главные радиусы кривизны. Формула Лапласа. Смачивание и несмачивание жидкостью твердых поверхностей. Определение уровня жидкости в капиллярах. Равновесная форма объема жидкости со свободной поверхностью. Капиллярный распад жидких струй. Роль капиллярных явлений в природе и их использование в технике (капиллярные волны, распыленные потоки, тепловые трубы и т.п.).

Режимы течения жидкостей. Ламинарный и турбулентный режимы. Критические значения скорости. Число Рейнольдса и его критические значения. Зависимость критических значений числа Рейнольдса от внешних факторов (вибраций, неплавных входов в трубу). Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.

2. Статика жидкостей и газов.

Основные положения и уравнения. Основные задачи статики. Классификация сил, действующих в жидкости. Силы массовые (объемные) и поверхностные. Напряжения массовых и поверхностных сил. Силы давления и их физическая природа. Напряжение сил давления (давление).

Равновесие жидкости в отсутствии массовых сил. Закон Паскаля. Гидравлический пресс.

Равновесие жидкости в присутствии массовых сил. Уравнение Эйлера для покоящейся жидкости - основное дифференциальное уравнение гидростатики. Потенциальность массовых сил как условия возможности равновесия жидкости в поле массовых сил. Условия возможности равновесия неизотермической жидкости в поле силы тяжести. Естественная (свободная) конвекция.

Распределение давления в жидкостях и газах. Распределение давления в жидкостях и газах в поле силы тяжести. Распределение давления в тяжелой несжимаемой жидкости. Основная формула гидростатики. Поверхности уровня. Форма свободной поверхности. Сообщающиеся сосуды. Жидкостные манометры и микроманометры.

Распределение давления в тяжелом сжимаемом газе. Барометрическая формула. Альтиметры.

Определение сил давления. Силы, действующие на криволинейную поверхность и на тела, погруженные в тяжелую несжимаемую жидкость. Закон Архимеда. Центр давления. Определение вертикальных и горизонтальных составляющих сил, действующих на тела, погруженные в тяжелую несжимаемую жидкость.

Плавание тел и его устойчивость. Особенности плавания тел, не полностью погруженных в жидкость.

3. Кинематика.

Основные принципы описания потоков жидкостей и газов. Поля давления, температуры и плотности. Физический смысл их градиентов. Изотермы, изобары, изохоры.

Поле скоростей. Линии и трубки тока. Объемный и массовый расходы жидкости. Связь между расходом и средней скоростью течения жидкости.

Тензор скоростей деформаций и физический смысл его компонент. Ускорение жидкой частицы.

Основные теоремы кинематики. Теоремы Коши-Гельмгольца, Гельмгольца, Стокса.

4. Динамика жидкостей и газов.

Основные положения динамики. Законы сохранения и общие уравнения движения жидкостей и газов. Уравнение неразрывности (сплошности) в дифференциальной форме. Тензор напряжений и уравнение движения. Уравнение Эйлера. Тензор вязких напряжений и закон вязкого трения Ньютона. Уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости - уравнения Навье-Стокса. Неньютоновские жидкости и их реологические законы. Граничные условия для скорости и напряжений.

Основы динамики идеальной жидкости. Понятие об идеальной жидкости. Потенциальные течения. Обтекание шара идеальной жидкостью, парадокс Даламбера. Интеграл Коши-Лагранжа. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.

Основы динамики вязкой жидкости. Плоские течения Куэтта и Пуазейля. Течение Пуазейля в круглой трубе. Течение пленки жидкости по наклонной плоскости. Задача Стокса об обтекании шара. Подобие гидродинамических

процессов. Число Рейнольдса. Особенности течений неньютоновских жидкостей.

5. Одномерные течения жидкостей и газов.

Понятие об одномерных течениях. Уравнение неразрывности для одномерных течений. Изменение скорости потока при изменении его площади сечения.

Закон сохранения энергии для одномерных течений. Общий вид уравнения Бернулли. Функция давления.

Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости. Силовая интерпретация уравнения Бернулли. Напор. Изменение пьезометрического давления в жидкости при изменении скорости ее течения.

Кавитация.

Закон сохранения импульса. Уравнение движения для одномерных течений.

Закон сохранения момента импульса. Применение закона к движению жидкостей в турбинах. Турбинное уравнение.

Уравнение Бернулли для вязкой несжимаемой жидкости. Потери энергии и потери давления. Общие формулы для определения потерь давления в трубах и на местных сопротивлениях. Формулы Дарси и Дарси-Вейсбаха. Коэффициенты трения в трубах и местных сопротивлениях.

Потери давления при течении жидкости в трубах. Закон сопротивления при ламинарном течении в трубах. Закон сопротивления при турбулентном течении жидкостей в гладких трубах (Закон сопротивления Блазиуса). Законы сопротивления в шероховатых трубах.

6. Одномерные течения сжимаемого газа.

Распространение малых возмущений (звука) в жидкостях и газах. Скорость звука. Число Маха. Гидравлический удар.

Особенности проявления законов сохранения в сжимаемом газе. Уравнение Бернулли для изотермического течения идеального газа. Уравнение Бернулли для адиабатного течения идеального газа.

Одномерные адиабатные течения идеального газа. Основные уравнения. Связь между параметрами газа в потоке с параметрами заторможенного газа. Истечение газа через отверстие в баке. Формула Сен-Венана-Вентцеля. Критические значения параметров газа и их связь с параметрами заторможенного газа. Явление запирающего потока при истечении газа через отверстие в баке. Критический расход газа.

Распространение конечных возмущений в газах. Основные понятия об ударных волнах. Механизм формирования скачка уплотнения (ударной волны). Основные характеристики ударной волны.

7. Течение жидкостей у твердых поверхностей.

Обтекание тел потоком жидкости и газа. Пограничный слой. Зависимость толщины пограничного слоя от числа Рейнольдса. Отрыв пограничного слоя. Вихревая зона.

Силы, действующие на тела, обтекаемые потоком жидкости и газа. Коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы. Зависимость коэффициента лобового сопротивления при обтекании шара от числа Рейнольдса. Формула Стокса. Кризис сопротивления. Механизм формирования подъемной силы. Качество крыла. Эффект Магнуса.

Пограничный слой при течении жидкости в трубах. Характер течения жидкостей на начальном участке и при стабилизированном течении жидкостей в круглых трубах (течение Пуазейля). Профиль скорости. Расход. Потери давления.

8. Турбулентные течения.

Физико-математические модели, уравнения и закономерности движения турбулентных потоков.

9. Элементы механики жидкостей со сложными свойствами.

Основные свойства и уравнения реологически сложных жидкостей. Вязкоупругие и вязкоэластичные жидкости.

Основные свойства и уравнения течений эмульсий и суспензий.

10. Элементы подземной гидро-газомеханики.

Основные законы фильтрации нефти и газа. Дифференциальные уравнения фильтрации жидкости и газа в пористой среде. Установившееся движение жидкости и газа в пористой среде. Установившееся движение упругой жидкости и газа в пористой среде. Неустановившееся движение упругой жидкости в пористой среде. Установившееся движение газа в пористой среде. Взаимное вытеснение жидкостей и газов. Теория фильтрации многофазных систем. Особенности фильтрации неньютоновских систем. Движение жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. Численное моделирование основных процессов фильтрации жидкостей и газов.

11. Физическое подобие, моделирование.

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

12. Основы математического моделирования.

Понятия о моделях и моделировании. Роль моделирования в процессе познания и практической деятельности человека. Определение и назначение математического моделирования. Понятие о математических моделях. Классификация математических моделей. Основные требования, предъявляемым математическим моделям. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Этапы построения математической модели. Соответствие математической моделью и её реального объекта. Вычислительный эксперимент и его этапы. Универсальность математических моделей.

Методы и подходы построения математических моделей. Вариационный принцип. Метод аналогии в математическом моделировании. Иерархический подход к получению моделей.

Некоторые модели простейших нелинейных объектов. О нелинейности и происхождении нелинейности математических моделей. Три режима в нелинейной модели популяции. Влияние сильной нелинейности на процесс колебаний. Некоторые модели соперничества. Взаимоотношения в системе «хищник-жертва». Гонка вооружений между двумя странами. Боевые действия двух армий.

13. Численные методы решения задач механики жидкости и газа.

Аналитические и численные методы решения задач. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений механики жидкости и газа.

Экономичные разностные схемы нестационарной теплопроводности, теплообмена излучением и конвективного теплообмена.

Методы конечных элементов и граничных элементов.

Использование решений модельных задач механики жидкости и газа.

Численное моделирование некоторых теплофизических процессов.

Роль вычислительного эксперимента в механике жидкости и газа. Программное обеспечение расчетов статических и динамических процессов протекающие в жидкостях и газа. Понятие о пакетах программ общего назначения и специализированных комплексах программ.

Автоматизация обработки результатов лабораторных и натурных экспериментов с помощью ЭВМ. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики жидкости и газа. Автоматизированные измерительно-вычислительные комплексы для оперативной диагностики состояния жидкости и газа. Автоматизированные информационные системы, ориентированные на накопление, обработку и использование информации по механическим свойствам и исходному гидродинамическому состоянию жидкости и газа.

14. Основы теории вероятностей и математической статистики.

Случайные события и их вероятности. Пространство элементарных исходов. Связь между множествами и случайными событиями. Операции над событиями. Статистическая вероятность. Аксиомы теории вероятностей и простейшие следствия из них. Классическое вероятностное пространство. Элементы комбинаторики. Вычисление вероятности случайного события по классической схеме. Условная вероятность. Свойства условной вероятности. Теоремы сложения. Теоремы умножения. Формула полной вероятности. Формулы Байеса. Независимые события. Испытания Бернулли. Формула Бернулли. Наиболее вероятное число успехов.

Дискретные случайные величины и их распределения. Дискретная одномерная случайная величина. Ряд распределения. Функция распределения д.с.в. Числовые характеристики дискретных случайных величин. Дискретные рас-

пределения: равномерное, биномиальное, Пуассона, геометрическое. Теорема Пуассона.

Случайный вектор. Понятие случайного вектора и его функции распределения. Матрица распределения дискретного случайного вектора. Частные и условные законы распределения компонент дискретного случайного вектора. Корреляционный момент и его свойства. Коэффициент корреляции и его свойства. Корреляционная матрица случайного вектора.

Непрерывные случайные величины и их распределения. Непрерывные одномерные случайные величины. Функция плотности и её свойства. Мода и медиана непрерывной случайной величины. Числовые характеристики непрерывных случайных величин. Непрерывные распределения: равномерное на отрезке, показательное, нормальное, Коши. Теоремы Муавра – Лапласа.

Предельные теоремы теории вероятностей. Неравенство Чебышева. Типы сходимости случайных величин. Закон больших чисел и его проявления. Теоремы Чебышева, Маркова, Бернулли, Хинчина. Понятие о центральной предельной теореме и ее роль в науке и обществе.

Выборочный метод математической статистики. Генеральная и выборочная совокупности. Вариационный и статистические ряды. Порядковые статистики и их применения. Выборочная функция распределения. Выборочные числовые характеристики. Группированный статистический ряд, гистограмма. Секторные диаграммы.

Точечное и интервальное оценивание числовых характеристик и параметров распределения генеральной совокупности. Понятие точечной статистической оценки. Требования к оценкам. Нахождение точечных оценок методом моментов и методом максимального правдоподобия. Точечные оценки математического ожидания и дисперсии генеральной совокупности. Точечные оценки параметров основных распределений. Основные распределения математической статистики: распределение Пирсона, Стьюдента, Фишера. Интервальное оценивание числовых характеристик и параметров распределения. Основные понятия. Построение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии нормального закона.

Проверка статистических гипотез. Проверка статистических гипотез. Критерий значимости. Построение критических областей. Ошибки 1-го и 2-го рода. Проверка гипотезы о законе распределения. Критерий «хи-квадрат». Проверка параметрических гипотез.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Мирзиёев Ш.М. Мы вместе построим свободное, демократическое и процветающее государство Узбекистан.– Ташкент: «Ўзбекистон», 2017.– 56 с.
2. Мирзиёев Ш.М. Обеспечение верховенства закона и интересов человека – гарантия развития страны и благополучия народа. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2017. – 48 с.

3. Мирзиёев Ш.М. Мы построим наше великое будущее с отважным и интеллигентным народом. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2017. – 485 с.
4. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». www.lex.uz.
5. Chen Z., Huan G., Ma Y. Computational Methods in Multiphase Flows in Porous Media. *SIAM*. 2006.
6. Rafiqul Islam M., Moussavezadegan S.H., Mustafiz S., Abou-Kassem J.H. Advanced Reservoir Simulation. *Scrivener Publishing LLC*. 2016.
7. Худойназаров Х., Абдирашидов А. Suyuqlik va gaz mexanikasi. O'quv qo'llanma. – Samarqand: Zarafshon nashri, 2018.
8. Басниев К.С., Власов А.М., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидравлика. М.: Недра. 1986.
9. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. - 2-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 296 с.
10. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – М.: Мир, 1973. – 758 с.
11. Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 295 с.
12. Валуева Е.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости: Учебное пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 212 с.
13. Введение в математическое моделирование. Под ред. П.В.Трусова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 336 с.
14. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. –М.: Наука. 1970.
15. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику: Учебник. М.: Издательство ЛКИ, 2010. —600 с.
16. Исраилов М.И. Ҳисоблаш методлари, I-II –Т.: Ўзбекистон, 2005, 2008
17. Калиткин Н.Н. Численные методы. –М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1978. –512 с.
18. Кибзун и др. Теория вероятностей и математическая статистика. базовый курс с примерами и задачами. М.: Физматлит, 2002. - 224 с.
19. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II. - М.: Физматгиз. -1963. - 728 с.
20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.VI. Гидродинамика. - М.: Наука, 1988. - 736 с.
21. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. // Изд. 7-е, испр. - М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
22. Мейз Дж. Теория и задачи по механике сплошных сред. - М.: Мир, 1974.– 734 с.
23. Павленко В.Г. Основы механики жидкости.-Л.: Судостроение, 1988.-240 с.
24. Самарский А.А. Теория разностных схем. –М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1989. –616 с.
25. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. –М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1989. –432 с.

26. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. –М.: Наука. Физматлит. 1997. –320 с.
27. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. Том I. - М.: Наука, 1994. – 528 с.
28. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. Том II. - М.: Наука, 2004, – 560 с.
29. Черноусов А.А. Основы механики жидкости и газа. Конспект лекций. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2010. – 233 с.
30. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
31. Эглит М.И. и др. Механика сплошной среды в задачах. В 2-х томах. – М.: Наука, 1996. I – 396 с., II – 394 с.

Дополнительная литература

1. Абдушукуров А.А. Эхтимоллар назарияси ва математик статистика. Университет, 2010 й. - 169 б.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ, 1998.
3. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990. – 480 с.
4. Баврин И.И. Теория вероятностей и математическая статистика - М.: Высш. шк., 2005. - 160 с.
5. Бахвалов Л.А. Моделирование систем. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 290 с.
6. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика - М., Высшая школа, 2003. - 479 с.
7. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. - М., Машиностроение, 1987. - 440 с.
8. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М.: Госэнергоиздат, 1960. - 464 с.
9. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика простых газожидкостных структур. - М.: МЭИ, - 1978. – 92 с.
10. Ламб Г. Гидродинамика. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1947. – 840 с.
11. Механика жидкости и газа: Учеб. пособие для вузов / В.С.Швыдкий, Ю.Г.Ярошенко, Я.М.Гордон и др.; Под науч. ред. В.С.Швыдкого. – М.: Академкнига, 2003. – 464 с.
12. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. -Л., Машиностроение, 1976 - 502с.
13. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
14. Рейнер М. Реология. - М.: Наука, 1965. - 223 с.
15. Роуч П.Д. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир. 1980. – 616 с.
16. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
17. Самойлович Г.Е. Гидроаэромеханика. - М., Машиностроение, 1980. - 280с.
18. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. –М.: Наука,1987. – 814 с.
19. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика. – Постмаркет: Физматлит, 2001. – 560 с.
20. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2-х томах. – М.: Мир, 1991. – 504 с.
21. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. - 712 с.

Интернет сайты

1. <http://www.edu.uz>
2. <http://www.ziyonet.uz>
3. <http://www.edu.ru>
4. <http://www.intuit.ru>
5. <http://www.exponenta.ru>
6. <http://www.eqworld.ru>
7. <http://ru.wikipedia.org>
8. <http://www.twirpx.com>
9. <http://www.msu.ru>
10. <http://www.rsl.ru>
11. <http://www.nlr.ru>