

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГИДРОГАЗОДИНАМИКА Аннотация

Цели освоения дисциплины

Овладение студентами закономерностями, теоретическими методами расчета и экспериментальными методами исследования движения жидкости и газа в элементах энергетического и теплотехнологического оборудования.

Общая трудоемкость дисциплины 5 зачетных единиц, 180 часов.

Содержание дисциплины

1. Гипотеза сплошной среды. Дифференциальное уравнение неразрывности. Вводные сведения. Гипотеза сплошной среды. Основные физические свойства жидкостей и газов. Математическое поле скалярных и векторных величин в гидрогазодинамике; физический смысл градиента скалярных величин. Два метода описания движения жидкости – Лагранжа и Эйлера. Поле скоростей. Полная и частные производные скорости. Ускорение жидкой частицы; понятие о тензорных величинах. Объемный и массовый расходы жидкости; физический смысл дивергенции вектора массовой скорости.

Общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов. Представление закона сохранения массы с применением понятия дивергенции. Дифференциальное уравнение неразрывности (сплошности) потока как математическое выражение закона сохранения массы. Линии тока и траектория жидкой частицы. Уравнение постоянства расхода в элементарной струйке и канале. Средняя расходная скорость жидкости в канале.

2. Статика и динамика идеальной жидкости. Силы, действующие в жидкости. Нормальные и касательные напряжения. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения Дифференциальные уравнения Эйлера движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли, его физический смысл. Применение уравнения Бернулли при измерении скорости и расхода жидкости. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред. Применение уравнения Бернулли в гидростатике при измерении статического давления. Термостатический напор и самотяга. Расчет тяги дымовой трубы.

3. Теоретические основы динамики вязкой жидкости. Напряженное состояние вязкой жидкости. Дифференциальные уравнения сохранения количества движения. Законы внутреннего трения Ньютона и Стокса вязкой жидкости. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости жидкости и газов. Понятие о ньютоновских и неньютоновских жидкостях. Дифференциальные уравнения Навье–Стокса как математическое выражение закона сохранения количества движения для вязкой жидкости. Теория физического подобия. Определяющие параметры и критерии подобия, π -теорема подобия. Физический

смысл чисел Эйлера, Рейнольдса, Фруда, Архимеда, Маха. Роль критериев подобия в физическом моделировании и экспериментальных исследованиях.

4. Ламинарное движение вязкой жидкости. Условия ламинарного течения жидкости. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Одномерные потоки вязкой жидкости и газов. Закономерности ламинарного течения вязкой жидкости в трубах. Параболическое распределение скорости в трубах и каналах. Потеря давления при ламинарном течении вязкой жидкости в трубах.

5. Турбулентное движение вязкой жидкости. Статистические характеристики турбулентности. Дифференциальные уравнения Рейнольдса для турбулентного потока несжимаемой жидкости. Турбулентные напряжения сил внутреннего трения. Генерация и диссипация энергии турбулентности. Структура турбулентного пограничного слоя в потоке несжимаемой жидкости. Полуэмпирические гипотезы Прандтля и Колмогорова. Логарифмический закон распределения скорости вязкой жидкости в пограничном слое и в поперечном сечении трубы.

6. Сопротивление при течении жидкости. Виды гидродинамических сопротивлений: при течении жидкости в трубах, местные сопротивления. Гидродинамическое сопротивление тел при внешнем обтекании вязкой жидкостью. Применение теории подобия при определении сопротивлений каналов и внешнего обтекания тел.

Сопротивление пучков труб. Расчет газовых трактов промышленных печей и парогенераторов. Характеристики гидравлической сети и насоса, работающего на сеть.

7. Двухкомпонентные и двухфазные течения. Виды двухкомпонентных и двухфазных систем, особенности двухкомпонентных и двухфазных течений; взаимодействие на границе раздела фаз. Двухфазные системы с твердым компонентом. Свободное осаждение шарообразной частицы. Псевдооживление. Основные характеристики и гидродинамика псевдооживленного слоя. Пневмо- и гидротранспорт зернистых материалов.

Движение газа через слой жидкости. Пленочное течение. Гидродинамика парожидкостной смеси. Явление инверсии структуры парожидкостного потока.

8. Течение жидкости (газа) в турбулентной струе. Адиабатное истечение газов. Основы теории и закономерности струйного течения. Распределение скорости в поперечном сечении осесимметричных турбулентных струй. Массовый расход жидкости (газа) через поперечные сечения турбулентной струи.

Термодинамические условия расширения газа. Скорость адиабатного истечения совершенного газа. Критические параметры при истечении газа из сужающегося сопла. Профиль сопла для сверхзвукового истечения газа.

Сверхзвуковые течения газа. Условия возникновения скачков уплотнений при сверхзвуковых течениях газа. Понятие о прямом и косом скачках уплотнений. Течение жидкости при фазовом равновесии; тепловой скачок и скачок конденсации.

Список учебной литературы

Основная литература

1. Кузнецов, В.А. Основы гидрогазодинамики. Учебное пособие./ В.А. Кузнецов – Белгород, Изд-во БГТУ, 2011. –108 с.
2. Кузнецов, В.А. Гидрогазодинамика. Метод. указ. к лаб. работам / В.В. Губарева, В.А. Кузнецов, В.В. Носатов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 32 с.
3. Кузнецов, В.А. Аэродинамический расчет теплотехнологической установки. Метод. указания к курсовой работе / В.А. Кузнецов. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – 16 с.

Дополнительная литература

1. Швыдкий, В.С. Механика жидкости и газа / В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Я.М. Гордон, В.С. Шаврин, А.С. Носков. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. – 464 с.
2. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков – Л.: Химия, 1987. – 585 с.

Справочная и нормативная литература

1. Аэродинамический расчет котельных установок. Нормативный метод / Под ред. С.Н. Мочана. – Л.: Энергия, 1977. – 255 с.
2. Альбом течений жидкости и газа / М. Ван Дайк. – М.: Мир, 1986. – 182 с.

Интернет-ресурсы

1. [ru.wikipedia.org/wiki/Математическая модель](http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая_модель)
2. mirknig.com/knigi/.../matematicheskoe-modelirovanie
3. www.booksgid.com/technology/.../matematicheskoe-modelirovanie