

Федеральное агентство по образованию

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУ ВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой энергетики

_____ Н.В. Савина

«_____» _____ 2007г.

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 140101 – «Тепловые электрические станции»

Составитель: ст.преп. Храмцова Н.Н.,

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета

Храмцова Н.Н..

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Гидрогазодинамика» для студентов специальности 140101 «Тепловые электрические станции». - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 35 с.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения 140101 «Тепловые электрические станции» для формирования знаний о закономерностях движения сплошных деформируемых сред при выполнении газодинамических и тепловых расчетов оборудования и измерительных систем тепловых и атомных станций, приобретение навыков расчетного и экспериментального исследования жидкостей и газов посредством физического и математического моделирования.

©Храмцова Надежда Николаевна

©Амурский государственный университет, 2007

Учебно-методический комплекс дисциплины

Аннотация	4
1. Цели и задачи дисциплины, ее связь с другими курсами специальности	5
2. Краткий конспект лекций	6
3. Практические занятия	
3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий	
Перечень тем практических занятий (с указанием объема в часах)	10
3.2. План проведения практических занятий	10
3.3. Задачи для проведения практических занятий	12
4. Лабораторные работы	
4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий	21
4.2. Перечень тем лабораторных занятий (с указанием объема в часах)	22
4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ	23
5. Самостоятельная работа студентов	
5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы	23
5.2. График самостоятельной работы студентов	23
5.3. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы	25
5.4. Комплекты заданий для проверочных работ	25
6. Материалы по контролю качества образования	
6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов	26
6.2. Критерии оценки знаний студентов	27
6.3. Фонды тестовых заданий	28
7. Список рекомендуемой литературы	35

АННОТАЦИЯ

Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальности 140101 – «Тепловые электрические станции» включает изучение дисциплины «Гидрогазодинамика» в разделе ОПД.Ф.08.

Согласно учебному плану специальности данная дисциплина изучается на втором курсе обучения (четвертый семестр), предусмотрены следующие виды занятий и формы контроля

Наименование	Всего часов
Лекции	36
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	18
Самостоятельная работа	68
Курсовая работа	-
Вид итогового контроля	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	140

Учебно-методический комплекс дисциплины «Гидрогазодинамика» включает в себя:

1. Рабочую учебную программу дисциплины «Гидрогазодинамика» (Амурский государственный университет, кафедра «Энергетика», 2006. Автор – ст. преподаватель каф. «Энергетика» Гриценко М.В., ассистент каф. «Энергетика» Храмцова Н.Н.);
2. Настоящий учебно-методический комплекс.

В настоящем учебно-методическом комплексе приведен краткий конспект лекций (с указанием тем для самостоятельного изучения и вопросов для самопроверки), методические рекомендации и методические указания по проведению практических и лабораторных занятий, график самостоятельной работы и методические указания по выполнению, комплекты заданий для домашних расчетных и контрольных работ, а также материалы по контролю качества образования (методические указания по организации контроля знаний студентов, критерии оценки знаний студентов и фонды тестовых заданий).



1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» являются физические свойства жидкостей и газов, законы, которым подчиняются покоящиеся и движущиеся жидкости, а также использование этих законов для расчета практических задач.

Целью дисциплины является изучение закономерностей движения сплошных деформируемых сред при выполнении газодинамических и тепловых расчетов оборудования и измерительных систем тепловых и атомных станций, приобретение навыков расчетного и экспериментального исследования жидкостей и газов посредством физического и математического моделирования.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является обеспечение знаний студентов в области гидрогазодинамики, создание фундамента для усвоения профилирующих дисциплин специальности, развитие навыков и умения творческого использования элементов газодинамического расчета при решении конкретных задач в области теплоэнергетики.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- физические свойства жидкости и газа;
- общие законы и уравнения статики и кинематики жидкости и газа;
- основные закономерности и уравнения движения жидкости и газа.

Уметь:

- применять уравнения и справочную литературу для расчета различных задач взаимодействия между твердым телом и движущейся средой;
- рассчитывать газодинамические параметры в различных точках движущейся среды и на поверхности обтекаемого тела;
- анализировать влияние начальных и конечных параметров и формы обтекаемой поверхности на эффективность работы элементов энергетических установок;
- математически сформулировать конкретную задачу аэродинамических исследований и выполнить ее решение путем физического или математического моделирования.

Знания и умения, полученные в курсе, являются необходимыми для изучения специальных дисциплин «Турбины тепловых и атомных электрических станций», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», «Тепловые и атомные электрические станции», «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» и используются при выполнении

расчетных и лабораторных работ по указанным дисциплинам, а также при выполнении дипломных проектов и работ.

1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины

Математика: дифференциальное и интегральное исчисления; дифференциальные уравнения; основы вычислительного эксперимента; уравнения математической физики.

Физика: физические основы механики.

Теоретическая механика: основные понятия динамики; дифференциальные уравнения движения.

2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Тема 1

Вводные сведения. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов.

Предмет гидрогазодинамики и его место в подготовке специалистов теплоэнергетического профиля. Значение гидрогазодинамики для теплоэнергетики и энергомашиностроения. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Методы изучения жидкости. Сжимаемые и несжимаемые жидкости. Физические свойства жидкостей - плотность, сжимаемость, вязкость. Закон Ньютона для вязкого трения. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости, их зависимость от температуры. Поверхностное натяжение и тепловое расширение жидкостей.

Модели идеальной (невязкой жидкости) и реальной (вязкой жидкости). Ньютоновские жидкости.

Тема 2

Гидростатика. Гидростатическое давление.

Гидростатическое давление. Давление в покоящейся жидкости. Абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум. Приборы для измерения давления и вакуума. Свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики.

Давление жидкости на плоскую и криволинейную поверхности. Сила давления, центр давления.

Силы, действующие в жидкостях (массовые и поверхностные). Абсолютный и относительный покой жидкости. Законы Паскаля и Архимеда. Плавание тел.

Тема 3

Уравнение баланса количества движения и момента количества движения, уравнение баланса энергии.

Закон изменения количества движения. Закон изменения момента движения. Силовое воздействие потока на ограничивающие его стенки. Общее уравнение баланса энергии в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 4

Одномерные потоки жидкости и газа.

Основные уравнения. Скорость звука. Различные формы уравнения энергии. Изэнтропийное течение. Параметры торможения и критические параметры. Газодинамические функции. Внешние воздействия на поток и условия перехода через критическое состояние. Критический расход. Суживающее сопло и сопло Лаваля.

Установившееся течение сжимаемой вязкой жидкости в теплоизолированной трубе постоянного сечения. Критическая длина трубы. Распределение скоростей и давлений вдоль трубы.

Течение идеальной сжимаемой жидкости в канале с постоянной площадью поперечного сечения и прямым скачком уплотнения.

Тема 5

Подобие гидромеханических процессов.

Основные понятия физического подобия. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков жидкости и газа. Критерии подобия и моделирования. Идентичность безразмерных форм уравнений движения. Критерии подобия и моделирования. Роль подобия в теоретических и экспериментальных исследованиях.

Тема 6

Плоское (двумерное) движение жидкости.

Кинематика плоских потенциальных течений. Начальные и граничные условия уравнений идеальной жидкости. Понятие о линиях и трубках тока, расходе, живом сечении, смоченном периметре, гидравлическом радиусе.

Уравнение неразрывности. Вихревое и безвихревое (потенциальное) движения. комплексный потенциал и комплексная скорость. Применение функций комплексного переменного к расчету потоков.

Тема 7

Уравнение движения для вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Сопротивление при течении жидкости в трубах.

Уравнение движения для вязкой несжимаемой жидкости и уравнение Навье-Стокса. Ламинарное установившееся течение вязкой жидкости в трубах. Распределение скоростей в поперечном сечении. Безразмерный коэффициент сопротивления. Закон Хагена-Пуазейля. Универсальные законы распределения скорости.

Тема 8

Турбулентность и ее основные статические характеристики. Уравнения Рейнольдса. Местные сопротивления.

Особенности турбулентного течения. Степень турбулентности. Статические характеристики турбулентности. Уравнение Рейнольдса для турбулентного течения несжимаемой жидкости. Турбулентное течение в трубах. Универсальные законы сопротивления для гладких труб. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Различные виды местных сопротивлений. Сопротивление при внезапном изменении площади каналов.

Тема 9

Классификация трубопроводов и их гидравлический расчет. Явление гидравлического удара.

Простые трубопроводы, сложные трубопроводы, трубопроводы с переменным расходом по пути. Принципы расчета тупиковых и кольцевых трубопроводных сетей. Основные расчетные уравнения простого, гидравлически длинного трубопровода. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов.

Гидравлический удар в трубах, формула Жуковского. Виды гидравлического удара.

Тема 10

Насосы. Насосные установки.

Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основные параметры: подача (расход), напор, мощность, КПД. Основы теории лопастных насосов. Теоретический напор. Влияние конструктивных и

режимных параметров. Полезный напор. Баланс энергии. Характеристики центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Коэффициент быстроходности и типы лопастных насосов. Основные сведения об осевых насосах.

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

Тема 11

Пограничный слой. Дифференциальное уравнение пограничного слоя.

Пограничный слой. Основные гипотезы и допущения. Распределение скоростей в пограничном слое. Дифференциальное уравнение пограничного слоя для установившегося течения несжимаемой жидкости. Интегральное соотношение для пограничного слоя (уравнение Кармана). Коэффициенты трения и потери энергии при обтекании пластины.

Отрыв пограничного слоя. Схема отрыва. Особенности отрыва ламинарного и турбулентного пограничного слоя. Сила сопротивления и безразмерный коэффициент сопротивления для цилиндра. Хорошо и плохо обтекаемые тела. Крыловидные профили и аэродинамические решетки. Закон сопротивления для цилиндра.

Тема 12

Сверхзвуковые течения. Скачки уплотнений.

Особенности распространения слабых возмущений в дозвуковых и сверхзвуковых потоках. Волны возмущения и характеристики. Расчет простейших сверхзвуковых течений. Образование скачков уплотнений. Обтекание тел сверхзвуковым потоком.

Тема 13

Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений.

Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений. Течение газа с постоянной примесью. Течение жидкости с пузырьками газа. Течение жидкости при фазовом равновесии. Тепловой скачок конденсации. Уравнения скачка конденсации.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий

Практические занятия предусматривают решение задач по темам дисциплины. В начале практического занятия следует вспомнить необходимые для решения задач теоретические сведения (работа с аудиторией). Далее разбираются несколько (три, четыре – в зависимости от объема) типовых задач. Приводится (если это необходимо) алгоритм решения типовых задач. Разбираются примеры типовых ошибок. Далее для решения предлагаются более сложные задачи (одна, две), требующие креативного подхода.

Выдается домашнее расчетное задание (если оно предусмотрено по данной теме), анализируется выполнение предыдущего домашнего задания, разбираются типовые ошибки.

3.2. Перечень тем практических занятий.

1. Давление в покоящейся жидкости (2 часа)
2. Силы давления покоящейся жидкости на плоские и криволинейные стенки (2 часа)
3. Одномерные течения с разного рода воздействиями (2 часа)
4. Потенциальное течение жидкости (2 часа)
5. Уравнение Бернулли (2 часа)
6. Потери напора по длине и в местных сопротивлениях (2 часа)
7. Расчет трубопроводов (2 часа)
8. Сверхзвуковые течения (2 часа)
9. Двухфазные и многокомпонентные течения (2 часа)

3.3. План проведения практического занятия

Тема занятия 1: Давление в покоящейся жидкости

Цель: научить студентов рассчитывать абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум, использовать основное уравнение гидростатики.

Контрольные вопросы:

1. Виды давлений, их связь друг с другом.
2. Приборы и единицы измерения давления.
3. Как определяется гидростатическое давление в любой точке?
4. Понятие пьезометрической высоты жидкости.
5. Схема подключения и принцип действия пьезометра открытого типа, U – образного манометра, обратного пьезометра.

Теоретические сведения:

Гидростатическое давление p представляет собой напряжение сжатия в точке, расположенной внутри покоящейся жидкости:

$$p = \lim_{\Delta \omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta \omega},$$

где ΔP – сила давления жидкости, приходящаяся на площадку $\Delta \omega$, содержащую рассматриваемую точку.

Гидростатическое давление в данной точке всегда нормально к площадке, на которую оно действует, и не зависит от ориентации (угла наклона) площадки. Гидростатическое давление зависит от положения рассматриваемой точки внутри жидкости и от внешнего давления, приложенного к свободной поверхности жидкости. В наиболее распространенном случае, когда действует лишь сила тяжести, гидростатическое давление P , Па, в точке находящейся на глубине h , определяется по формуле

$$p = p_0 + \rho g h$$

где p_0 – единичное давление на свободной поверхности жидкости;
 ρ – плотность жидкости;
 g – ускорение свободного падения.

Формула (1.2) называется основным уравнением гидростатики. Из этой формулы следует, что внешнее давление p_0 , приложенное к свободной поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково (закон Паскаля).

Если $p_0 = p_{атм}$ (атмосферное давление), то уравнение (1.2) принимает вид

$$p_{абс} = p_{атм} + \rho g h$$

Разность между абсолютным и атмосферным давлением называется избыточным давлением:

$$p_{изб} = p - p_{атм} = \rho g h$$

отсюда

$$h = \frac{p_{изб}}{\rho g} = \frac{p - p_{атм}}{\rho g}$$

где h – пьезометрическая высота (высота давления).

Для воды избыточное давление на глубине $h \approx 10$ равно: $p_{изб} \approx 9,81$ Па.

Если измеряемое давление меньше атмосферного ($p < p_{атм}$), то разность между атмосферным и абсолютным давлением называется вакуумом

$$p_{вак} = p_{атм} - p = \rho g h_{вак}$$

$$h_{вак} = \frac{p_{атм} - p}{\rho g} = \frac{p_{вак}}{\rho g}$$

Вакуум измеряется в долях атмосферы или высотой столба жидкости.

В дальнейшем изложении избыточное гидростатическое давление будет обозначаться буквой P (без индекса).

Решение задач

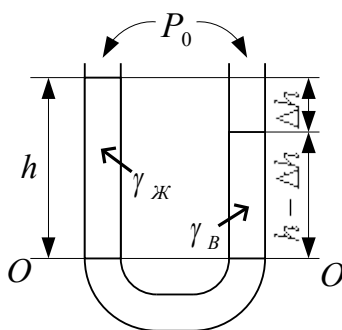
Указания.

Записать краткое условие задачи, перевести исходные данные в систему СИ.

При расчете необходимо составить уравнение равновесия относительно плоскости сравнения.

Задача

1. Требуется определить удельный вес жидкости, не смешивающейся с водой и налитой в левое колено U-образной стеклянной трубки на высоту $h = 1$ м, если в правое колено трубки налита вода и ее уровень находится ниже уровня жидкости в левом колене на величину $\Delta h = 0,2$ м.



Решение:

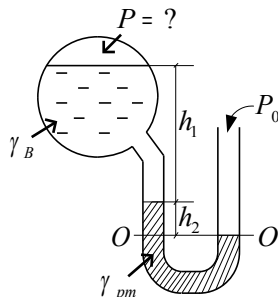
1. Выбираем горизонтальную плоскость сравнения.
2. Составляем уравнение равновесия относительно выбранной
3. Выражаем из уравнения равновесия неизвестную величину
4. Плотность и удельный вес жидкости берутся из справочников

3.4. Задачи для проведения практических занятий

Тема занятия 1: Давление в покоящейся жидкости

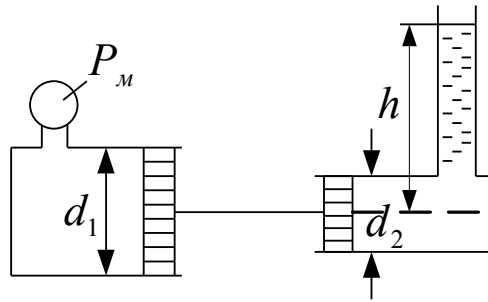
Задачи

1. Определить абсолютное давление p на поверхности воды в сосуде и вакуум при разности уровней воды и ртути $h_1 = 0,5$ м и $h_2 = 0,08$ м.

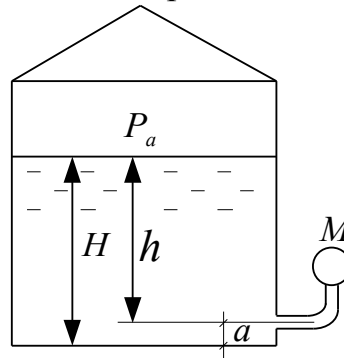


2. Определить, на какую высоту h может поднять воду прямодействующий паровой насос при следующих данных: диаметр парового цилиндра $d_1 = 0,3$ м и манометрическое давление в нем $p_M = 0,8$ кг/см²; диаметр водяного цилиндра

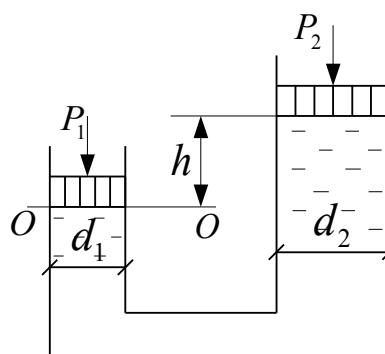
$d_2 = 0,05$ м. Считать, что система находится в равновесии. Трением поршней в цилиндрах пренебречь.



3. Бензин в гараже хранится в специальном резервуаре. Определить высоту столба H бензина в резервуаре, если манометр, присоединенный к нему показывает давление $p_M = 0,25$ кГ/см². Давление на свободной поверхности бензина атмосферное. Манометр присоединен на расстоянии $a = 0,2$ м от дна резервуара.



4. На поршень одного из сообщающихся сосудов, заполненных водой, действует сила $P_1 = 80$ кГ. Какую силу надо приложить ко второму поршню, если уровень воды под ним на $h = 0,5$ м выше уровня воды под первым поршнем и система находится в равновесии? Диаметр первого поршня $d_1 = 0,2$ м, второго поршня $d_2 = 0,3$ м.

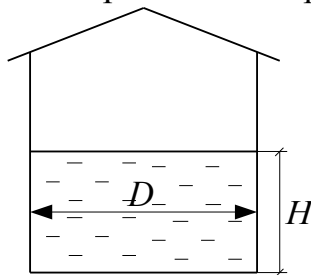


5. Определить манометрическое давление в точке А трубопровода, если высота столба ртути по пьезометру $h_2 = 25$ см. Центр трубопровода расположен на $h_1 = 40$ см ниже линии раздела между водой и ртутью.

Тема занятия 2. Силы давления покоящейся жидкости на плоские и криволинейные стенки

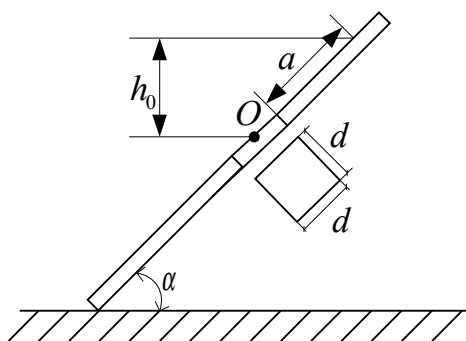
Задачи

1. Определить силу гидростатического давления бензина на дно резервуара. Диаметр резервуара $D = 3 \text{ м}$, высота столба жидкости в резервуаре $H = 2 \text{ м}$. Давление на поверхности жидкости равно атмосферному.

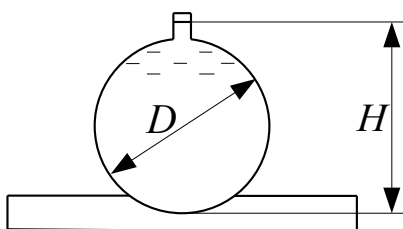


2. Определить силу гидростатического давления воды на квадратный щит, закрывающий отверстие в наклонной плоской стенке, а также глубину погружения центра давления при следующих данных:

$$b = 0,3 \text{ м}; a = 1 \text{ м}; \alpha = 45^\circ.$$

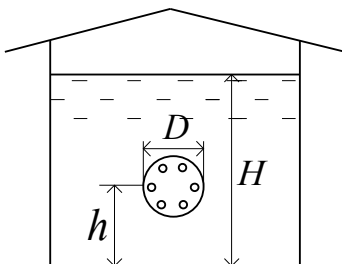


3. Определить силу гидростатического давления бензина на торцевую плоскую стенку горизонтальной цилиндрической автоцистерны диаметром $D = 2 \text{ м}$, если уровень бензина в цистерне находится на расстоянии $H = 2,2 \text{ м}$ от дна. Цистерна герметически закрыта, и избыточное давление паров бензина на свободную поверхность составляет 300 мм рт. ст. . Найти также положение центра давления.

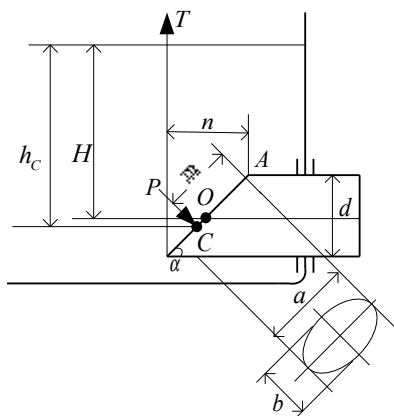


4. Для хранения бензина в гараже служит резервуар. Высота столба бензина $H = 5 \text{ м}$. Для возможности осмотра резервуара в процессе его эксплуатации имеется лаз, который закрывается крышкой. Диаметр лаза $D = 0,8 \text{ м}$; расстояние от его центра тяжести до дна $h = 0,9 \text{ м}$. Крышка прикрепляется болтами. Количество болтов $n = 6$.

Определить силу гидростатического давления бензина на крышку лаза и положение центра давления. Кроме того, найти диаметр болтов, прикрепляющих крышку лаза, если допускаемое напряжение на разрыв для болтов $\sigma = 750 \text{ кг/см}^2$.



5. Автохозяйство имеет бензохранилище, выпуск бензина из которого осуществляется при помощи трубы диаметром $d = 300 \text{ мм}$. Труба закрывается откидным клапаном, расположенным под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Глубина погружения центра тяжести O клапана $H = 3 \text{ м}$. Определить усилие T , которое нужно приложить к тросу, чтобы открыть клапан, пренебрегая его весом и трением в шарнире.



6. Определить силу давления на плоский прямоугольный затвор и центр давления. Глубина воды в верхнем бьефе $h_1 = 3 \text{ м}$, в нижнем $h_2 = 1,2 \text{ м}$. Ширина затвора $b = 4 \text{ м}$, высота $H = 3,5 \text{ м}$.

Расчет произвести аналитическим и графо-аналитическим способами. Найти начальное подъемное усилие, если толщина затвора $\delta = 0,08 \text{ м}$, удельный вес материала, из которого изготовлен затвор, $\gamma = 1,18 \cdot 10^4 \text{ н/м}^3$, а коэффициент трения затвора о пазы $f = 0,5$.

7. Для хранения бензина в гараже используется резервуар, который имеет фасонную часть в виде четверти поверхности цилиндра. Радиус цилиндра $r = 0,5 \text{ м}$, длина образующей $b = 0,9 \text{ м}$, высота столба бензина в резервуаре $H = 1,4 \text{ м}$.

Определить силу гидростатического давления бензина на фасонную часть резервуара и глубину погружения центра давления.

8. Определить силу гидростатического давления воды на затвор и глубину погружения центра давления. Радиус затвора $r=2,5$ м, длина затвора $b=4$ м. Глубина воды $H=r$.
9. Бак для воды склепан из четырех рядов листовой стали при высоте каждого ряда $a = 1,5$ м. Определить толщину стенки нижнего ряда, предполагая, что бак наполнен водой доверху. Диаметр бака $d = 8$ мм. Допускаемое напряжение на разрыв $\sigma = 800$ кГ/см².
10. В цилиндрический сосуд диаметром $D = 0,7$ м и высотой $H=1,1$ м налита вода на высоту $h= 0,9$ м. Определить, при каком числе оборотов сосуда вокруг вертикальной оси z свободная поверхность жидкости коснется дна сосуда и при каком числе оборотов жидкость коснется крышки сосуда.

Тема занятия 3. Одномерные течения с разного рода воздействиями

Задачи

1. Воздух вытекает из большого бака через теплоизолированную трубу постоянной площади поперечного сечения. Температура воздуха в баке 400 К. Какая наибольшая скорость может быть достигнута в выходном сечении трубы, если давление в баке во много раз больше, чем давление в пространстве за трубой? Течение с трением считать одномерным.
2. Воздух течет из бака через короткое суживающееся сопло, соединенное с теплоизолированной трубой диаметром d . Безразмерная скорость на входе в трубу 0,5. Коэффициент трения 0,015.
3. Воздух из бака течет через сопло Лаваля и затем через присоединенную к нему теплоизолированную трубу диаметром 50 мм и длиной 2 м. Коэффициент трения 0,015. На входе в трубу безразмерная скорость сверхзвукового потока 1,9. В этом случае в трубе возникают скачки уплотнений, которые можно приближенно заменить прямым скачком уплотнения. Найти расстояние, на котором этот скачок отстоит от входа в трубу. Построить распределение скорости вдоль трубы. Течение одномерное.
4. При каком условии подвод теплоты дозвуковому потоку газа приведет к уменьшению его температуры? Газ движется по трубе постоянного сечения, влиянием трения пренебречь, течение считать одномерным.

Тема занятия 4. Потенциальное течение жидкости

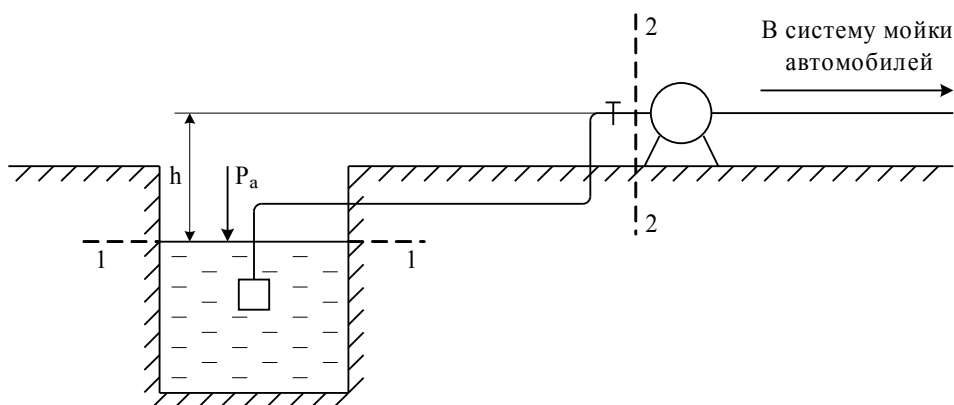
Задачи

1. Можно ли рассматривать многочлен $f(x,y)=x^5+ax^3y^3+5xy^4$ в качестве потенциала скорости некоторого плоского сечения несжимаемой жидкости? Если можно, то при каком значении коэффициента a ?
2. Потенциал скорости плоского сечения идеальной несжимаемой жидкости задан функцией $f = x/(x^2+y^2)$. Найти функцию тока $\psi(x,y)$ для этого течения.
3. Плоское потенциальное течение идеальной несжимаемой жидкости в верхней плоскости вызвана вихрем с циркуляцией Γ , расположенном в точке с координатами $x=0, y=h$. Ось абсцисс является непроницаемой границей. Найти скорость жидкости в точке с координатами $x=2h, y=0$.
4. Плоский контур обтекается плоскопараллельным потоком идеальной несжимаемой жидкости. При угле α_1 направления скорости в бесконечности скорость в некоторой фиксированной точке контура w_1 , а при угле α_2 скорость равна w_2 . Определить скорость w в той же точке при произвольном угле α направления скорости бесконечности.

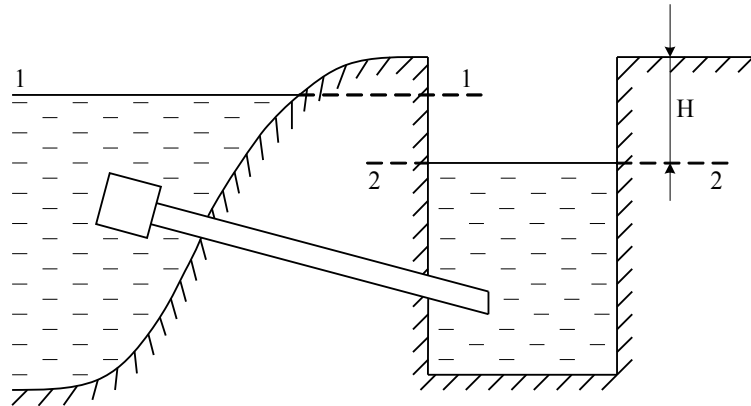
Тема занятия 5. Уравнение Бернулли

Задачи

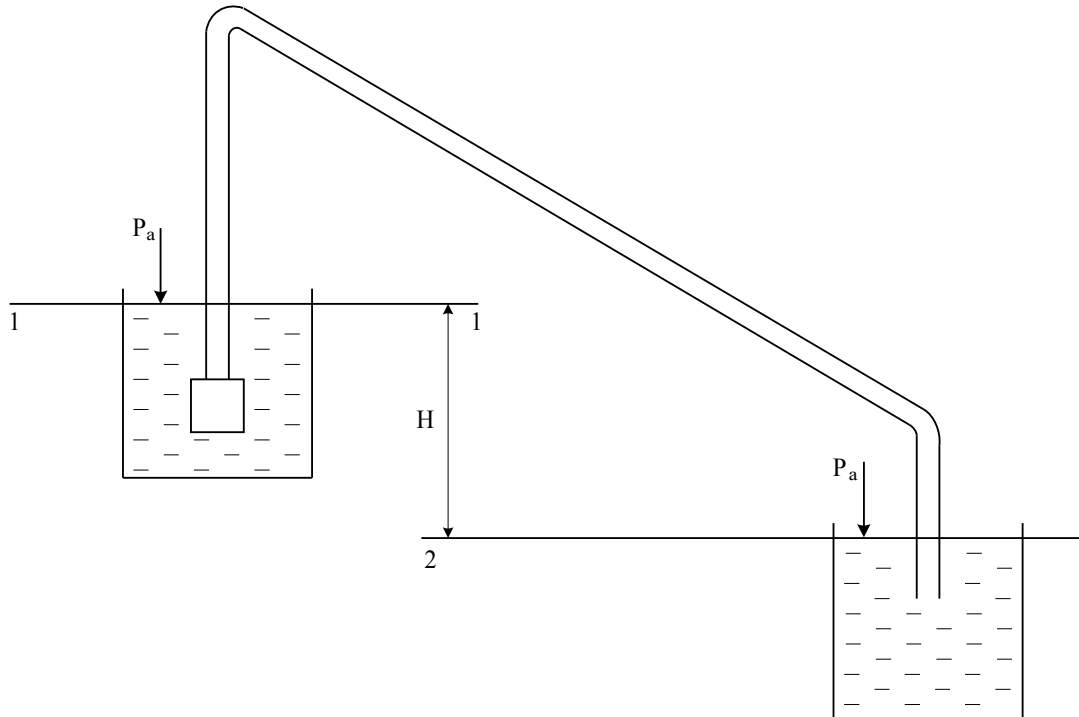
1. Определить вакуум в насосе, забирающем воду из колодца и подающем ее в систему автоматической мойки автомобилей. Температура воды $t = 15^\circ\text{C}$. Длина всасывающего трубопровода $l = 40\text{ м}$, диаметр $d = 200\text{ мм}$, расход воды $Q = 45\text{ л/сек}$, высота установки насоса над поверхностью воды в колодце $h = 4,8\text{ м}$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,04$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 5$; $\zeta_{\text{колена}} = 0,2$; $\zeta_{\text{задвижки}} = 3$.



2. Определить расход воды, пропускаемый самотечной трубой длиной $l = 50\text{ м}$ и диаметром $d = 250\text{ мм}$ при разности уровней воды в колодцах $H = 2,5\text{ м}$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,023$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 6$; $\zeta_{\text{выхода}} = 1$.



3. Определить при какой разности воды в сосудах H скорость движения воды в сифонном трубопроводе составит $1,8 \text{ м/сек}$. Длина трубопровода $l = 65 \text{ м}$, диаметр $d = 150 \text{ мм}$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 10$; $\zeta_{\text{1-го колена}} = 0,25$; $\zeta_{\text{2-го колена}} = 0,1$; $\zeta_{\text{выхода}} = 1$.



4. Определить высоту установки h центробежного насоса над поверхностью воды в колодце при следующих данных: диаметр всасывающей трубы $d = 250 \text{ мм}$; длина всасывающей трубы $l = 20 \text{ м}$; расход воды $Q = 60 \text{ л/сек}$; температура воды $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление перед входом в насос $p_2 = 0,4 \text{ кг/см}^2$. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 1 \text{ мм}$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 6$; $\zeta_{\text{колена}} = 0,4$; $\zeta_{\text{вентиля}} = 2$.

5. Определить напор H , необходимый для пропуска расхода воды $Q = 0,012 \text{ м}^3/\text{сек}$ через систему труб. Диаметры труб $d_1 = 75 \text{ мм}$ $d_2 = 50 \text{ мм}$ $d_3 = 100 \text{ мм}$. Длины участков $l_1 = 10 \text{ м}$, $l_2 = 5 \text{ м}$, $l_3 = 8 \text{ м}$. Трубы чугунные, бывшие в эксплуата-

тации. Температура воды $t = 10^\circ\text{C}$. Манометрическое давление в закрытом резервуаре $p_M = 2,943 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Тема занятия 6. Потери напора по длине и в местных сопротивлениях

Задачи

1. Определить потери напора по длине при движении бензина из в автомобильном бензопроводе, по которому подается бензин из бака в карбюратор. Диаметр бензопровода $d = 8 \text{ мм}$, длина $l = 1,5 \text{ м}$. Расход бензина $Q = 7,5 \text{ см}^3/\text{сек}$. Температура бензина $t = 30^\circ\text{C}$. При этой температуре кинематический коэффициент вязкости бензина $\nu = 0,0067 \text{ см}^2/\text{сек}$.

2. Определить потери напора по длине в новом стальном трубопроводе ($\Delta = 0,1 \text{ мм}$) диаметром $d = 200 \text{ мм}$ и длиной $l = 2 \text{ км}$, если по нему транспортируется вода с расходом $Q = 20 \text{ л/сек}$. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{сек}$.

Как изменятся потери напора, если по тому же трубопроводу будет транспортироваться нефть с тем же расходом. Кинематический коэффициент вязкости нефти $\nu = 1 \text{ см}^2/\text{сек}$.

3. По круглой стальной трубе диаметром $d = 120 \text{ мм}$ и длиной $l = 500 \text{ м}$ перемещается жидкость с расходом $Q = 6 \text{ л/сек}$. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 0,07 \text{ мм}$. Кинематический коэффициент вязкости жидкости $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{сек}$. Определить потери напора по длине.

4. Для условия предыдущей задачи определить потери напора по длине, если расход жидкости $Q = 160 \text{ л/сек}$.

5. Для тех же условий определить потери напора по длине, если расход жидкости $Q = 6 \text{ л/сек}$ и кинематический коэффициент вязкости $\nu = 0,1 \text{ см}^2/\text{сек}$.

6. Во сколько раз увеличатся потери напора по длине с заданным расходом, если квадратное сечение трубы (ах) заменить прямоугольным той же площади с отношением сторон $h/b = 0,1$? Задачу решить для ламинарного режима.

Указание. При ламинарном режиме для трубы квадратного сечения коэффициент гидравлического трения равен $\lambda_{KB} = \frac{56,9}{\text{Re}}$, а для прямоугольной (с отношением сторон $h/b = 0,1$) $\lambda_{IP} = \frac{84,5}{\text{Re}}$.

6. Сравнить потери напора по длине в круглой и квадратной трубах равной длины и равного сечения при одинаковом расходе данной жидкости, предполагая,

что в трубах имеет место турбулентный режим (квадратичная область сопротивления). Для обеих труб принять $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{D} \right)^{0,25}$.

Тема занятия 7. Расчет трубопроводов

Задачи

1. Из резервуара 1 по трубе диаметром $d=200$ мм, длиной 180 м, имеющей четыре плавных поворота и один вентиль, вода перетекает в резервуар 2. Определить расход воды при разности уровней в резервуарах 3,8 м, абсолютной шероховатости стенок труб 0,5 мм. При расчёте принять: коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0.03$, коэффициенты местных сопротивлений: входа в трубопровод 0,8, вентиля 10, поворота 0,3, выхода под уровень 1.

2. Определить напор, который должен развивать насос, чтобы обеспечить подачу воды в заводские цехи, расположенные на горизонтальной площадке. Величины расходов, длины и диаметры участков соответственно равны:

$$Q_d=10 \text{ л/сек, } l_1=350 \text{ м, } d_1=100 \text{ мм;}$$

$$Q_e=5 \text{ л/сек, } l_2=450 \text{ м, } d_2=150 \text{ мм;}$$

$$Q_b=10 \text{ л/сек, } l_3=600 \text{ м, } d_3=200 \text{ мм;}$$

Абсолютную шероховатость стенок труб на всех участках принять равной 0,5 мм. Местными потерями напора пренебречь.

3. Определить повышение напора при гидравлическом ударе в стальном трубопроводе диаметром $d = 0,12$ м при расходе $Q = 15$ л/с и времени закрытия задвижки $\tau_1 = 7$ с и $\tau_2 = 2$ с. Толщина стенки трубы $\delta = 5$ мм. Длина трубы $l = 1600$ м.

4. Стальной трубопровод, имеющий размеры $D = 300$ мм, $\delta = 4$ мм и длину $l = 510$ м. от напорного бака до затвора, пропускает расход воды $Q = 85$ л/с.

Определить, в течение какого времени τ_3 надо закрыть затвор, чтобы максимальное повышение давления в трубопроводе было в 3 раза меньше, чем при мгновенном закрытии затвора.

Тема занятия 8. Сверхзвуковые течения

Задачи

1. При обтекании выпуклого угла с вершиной в точке О сверхзвуковым потоком воздуха образуется центрированная волна разрежения АОВ. Угол, который составляет линия Маха ОА (характеристика) с набегающим потоком $\alpha_1=62^\circ$ и угол линии Маха ОВ с уходящим потоком $\alpha_2=47^\circ$. Определить число М1 в набегающем и М2 в уходящем потоке, а также угол θ поворота потока.

2. Скорость потока воздуха перед прямым скачком уплотнения в 2 раза больше, чем за ним, $w_1=2w_2$. Найти числа Маха M_1 и M_2 после прямого скачка уплотнения.
3. Вывести формулу для определения отношения давления p_{02}/p_{01} изэнтропийного торможения за прямым скачком уплотнения и изэнтропийного торможения перед ним. Представить зависимость p_{02}/p_{01} как функцию безразмерной скорости перед скачком λ 1.
4. В сверхзвуковом потоке воздуха измерительный прибор, соединенный с зондом полного давления, показывает давление $p_0=4 \cdot 10^5$ Па. Статическое давление в потоке $p_1=0,8 \cdot 10^5$ Па. Вычислить число Маха M_1 в набегающем потоке.

Тема занятия 9. Двухфазные и многокомпонентные течения

Задачи

1. При течении в соплах Лавала водяной пар переохлаждается при достижении некоторого переохлаждения $\Delta T = T_{s1} - T_1$ «скачком» конденсируется, достигая теплового равновесия. Определить число M_1 перед скачком конденсации, если $p_1=10^6$ Па, $\Delta T = 30$ К и степень повышения давления в скачке 1,25.
2. Найти минимальную скорость распространения звука в смеси, состоящей из воды и мелких, рассеянных по объему пузырьков воздуха. Давление смеси 10^5 Па, температура 293 К.
3. Вода, в которой рассеяны мелкие пузырьки воздуха, течет через суживающее сопло. Массовая концентрация воздуха в смеси $0,2 \cdot 10^{-3}$; температура воды 293 К; давление торможения перед соплом $1,8 \cdot 10^5$ Па; давление за соплом $1,2 \cdot 10^5$ Па. Найти скорость смеси в выходном сечении сопла.
4. Найти критическое давление за соплом при течении турбинного масла, насыщенного мелкими пузырьками воздуха. Массовая концентрация воздуха в смеси $0,15 \cdot 10^{-3}$; температура масла 293 К, давление торможения $7 \cdot 10^5$ Па. Влиянием трения пренебречь.

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторные занятия предусматривают проведение эксперимента на лабораторных стендах. Методические указания по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы и необходимый справочный материал приведены в [1].

На первом занятии зав. лабораторией проводит инструктаж по технике безопасности, делается соответствующая запись в журнале по ТБ лаборатории. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

В начале лабораторного занятия осуществляется допуск к выполнению работы. Для допуска необходимо знать цель и содержание работы, пояснить схему рабочего участка и порядок проведения эксперимента.

Лабораторная работа выполняется подгруппой (два, три человека), каждой подгруппе выдается индивидуальное задание (исходные данные).

Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально и должен содержать:

- тему и цель работы;
- схему экспериментального участка;
- протокол эксперимента (в табличной форме);
- обработку результатов исследования (в отчете приводятся подробные расчеты для одного экспериментального режима, при выполнении нескольких аналогичных расчетов результаты приводятся в табличной форме);
- результаты обработки опытных данных (в табличной форме);
- графические зависимости, полученные в работе;
- выводы.

Текст отчета выполняется на листах формата А4 или в отдельной тетраде в рукописном или машинописном виде, графические зависимости следует выполнять на миллиметровой бумаге формата А4 или А5. Обязательно указание единиц измерения приводимых (полученных экспериментально или рассчитанных) величин. Допускается выполнение расчетов и построение графических зависимостей с помощью прикладных расчетных программ.

Для защиты результатов лабораторной работы следует представить преподавателю отчет и ответить (письменно или устно) на контрольные вопросы.

Темы лабораторных занятий приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе.

4.2. Перечень тем лабораторных занятий

1. Измерение манометрического и вакуумметрического давления. (2 часа)
2. Относительный покой жидкости во вращающемся сосуда. (2 часа)
3. Исследование процесса адиабатного истечения газов через сужающееся сопло (4 часа)
4. Определение потерь напора по длине. (2 часа)
5. Определение местных потерь напора (6 часов)
6. Определение коэффициента расхода диафрагмы. (2 часа)

4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в [1].

Методические указания содержат: тему и цель работы, теоретические сведения, описание экспериментальной установки, порядок проведения эксперимента, обработку результатов исследования, контрольные вопросы и необходимый справочный материал.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным, практическим и лабораторным занятиям;
- выполнение расчетно-графической работы.

Для усвоения дисциплины, необходима систематическая самостоятельная работа, контроль которой осуществляется с помощью графика самостоятельной работы (табл. 1).

Темы аудиторных лекционных, практических и лабораторных занятий; задание для расчетно-графической работы; рекомендуемая литература приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе.

5.2. График самостоятельной работы студентов

Таблица 1.

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)
1	2	3	4	5
1	подготовка к лекционным занятиям	2	Тестирование на лекции	1
	подготовка к лабораторной работе	3		
2	подготовка к лекционным и практическим занятиям	4	Проверочная работа № 1	2, 3
	подготовка к лабораторной работе	3		
3	подготовка к лекционным занятиям	2	Тестирование на лекции	3, 4

4	подготовка к лекционным и практическим занятиям	4	Блиц-опрос на лекции.	4, 5, 6
	подготовка к лабораторной работе	3		
5	подготовка к лекционным занятиям	2	Блиц-опрос на лекции	6, 7
6	подготовка к лекционным и практическим занятиям	4	Тестирование на лекции	8
7	подготовка к лекционным и практическим занятиям	3	Тестирование на лекции	8, 9
	подготовка к лабораторной работе	3		
8	подготовка к лекционным и практическим занятиям	5	Проверочная работа № 2 (по темам 6 и 7)	10
	подготовка к лабораторной работе	5		
9	подготовка к лекционным и практическим занятиям	4	Тестирование на лекции Проверочная работа № 3	11, 12
10	подготовка к лекционным занятиям	2	Блиц-опрос на лекции.	12, 13, 14
	выполнение расчетно-графической работы	10	защита расчетно-графической работы	
11	подготовка к лекционным занятиям	2	Тестирование на лекции.	15, 16
12	подготовка к лекционным и практическим занятиям	4	Блиц-опрос на лекции	17
13	подготовка к лекционным и практическим занятиям	3	Блиц-опрос на лекции	18

5.3. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы

Исходные данные для решения выбираются по предпоследней и последней цифрам варианта (зачетной книжки) из таб. 1 и 2 [1]. Физические параметры воды выбираются по таблице приложения 1 в зависимости от заданной температуры. Барометрическое давление принимается 101.3 кПа. Все расчеты рекомендуется выполнять в международной системе единиц. Расчетная часть выполняется на листах формата А4, графическая – на миллиметровой бумаге формата А4.

Требуется определить:

- 1) рабочий режим системы (расход и напор насоса);
- 2) мощность, потребляемую насосом в рабочем режиме;
- 3) допустимую геометрическую высоту всасывания $H_{г.вс.доп}$;
- 4) как изменится рабочий режим насоса, если скорость вращения рабочего колеса насоса уменьшится* (увеличится)** на 20 %;
- 5) как изменится рабочий режим насоса при одновременном параллельном* (или последовательном)** включении двух одинаковых насосов.

Примечание: * - задание для четных вариантов; ** - задание для нечетных вариантов.

Выполненная РГР сдается преподавателю для проверки (два-три дня), защита РГР производится в соответствии с графиком. Студенты, не выполнившие или не защитившие РГР, к экзамену по гидрогазодинамике не допускаются.

5.4. Комплекты заданий для проверочных работ

Проверочная работа № 1

«Основное уравнение гидростатики.

Сила давления жидкости на стенку»

1. Определить манометрическое давление в точке А трубопровода, если высота столба ртути по пьезометру $h_2 = 25$ см. Центр трубопровода расположен на $h_1 = 40$ см ниже линии раздела между водой и ртутью.

2. Определить силу гидростатического давления бензина на торцевую плоскую стенку горизонтальной цилиндрической автоцистерны диаметром $D = 2$ м, если уровень бензина в цистерне находится на расстоянии $H = 2,2$ м. от дна. Цистерна герметически закрыта, и избыточное давление паров бензина на свободную поверхность составляет 300 мм рт. ст. Найти также положение центра давления.

Проверочная работа № 2

«Режимы движения жидкости. Потери напора по длине»

1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из трех участков, диаметры которых равны $d_1 = 50$ мм; $d_2 = 100$ мм и $d_3 = 50$ мм. Трубопровод присоединен к напорному баку, напор в котором поддерживается постоянным. Найти среднюю скорость движения жидкости на каждом из участков трубопровода,

если она, вытекая из трубопровода, заполняет резервуар объемом $V = 2,5 \text{ м}^3$ за время $t = 10 \text{ мин}$.

2. По круглой стальной трубе диаметром $d = 120 \text{ мм}$ и длиной $l = 500 \text{ м}$ перемещается жидкость с расходом $Q = 6 \text{ л/сек}$. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 0,07 \text{ мм}$. Кинетический коэффициент вязкости жидкости $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{сек}$. Определить потери напора по длине.

Проверочная работа № 3

«Уравнение Бернулли»

1. Определить высоту установки h центробежного насоса над поверхностью воды в колодце при следующих данных: диаметр всасывающей трубы $d = 250 \text{ мм}$; длина всасывающей трубы $l = 20 \text{ м}$; расход воды $Q = 60 \text{ л/сек}$; температура воды $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление перед входом в насос $p_2 = 0,4 \text{ кг/см}^2$. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 1 \text{ мм}$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 6$; $\zeta_{\text{колена}} = 0,4$; $\zeta_{\text{вентиля}} = 2$.

6. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов

Важнейшей составляющей изучения дисциплины является контроль знаний студентов, в том числе тестовый контроль качества освоения профессиональной образовательной программы (проверка остаточных знаний). Приведенные ниже комплекты заданий позволяют оценить степень усвоения теоретического материала и практических навыков и умений по гидрогазодинамике в рамках учебной программы для энергетических специальностей вузов.

Предусмотрены следующие виды контроля знаний студентов:

Входной контроль

Входной контроль по дисциплине представляет собой тестовые задания, позволяющие оценить знание понятий, определений и закономерностей, используемых в данной дисциплине и изучаемых ранее в других курсах (физика, химия, математика), т.е. подготовленность студентов для освоения дисциплины.

Межсессионный контроль

Межсессионный контроль включает теоретические задания по изучаемым темам, выполнение проверочных работ, выполнение домашних расчетных заданий. Текущий контроль осуществляется систематически в течение семестра (см. график самостоятельной работы п. 5.2), по результатам контроля выставляется промежуточная аттестация (контрольные точки), экзаменационная оценка по дисциплине выставляется с учетом результатов межсессионного контроля.

Экзаменационный контроль

Итоговой формой контроля знаний студентов является экзамен. В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибалльной системе. Опрос студентов осуществляется в письменно-устной форме. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса по изученному курсу и задачу (каждый вопрос и задача – по разным темам дисциплины). Для подготовки ответа на вопросы и решения задачи дается 40 мин.

Контроль остаточных знаний

Проверка качества освоения профессиональной образовательной программы осуществляется после изучения дисциплины в виде тестирования.

6.2. Критерии оценки знаний студентов

Входной контроль, межсессионный (теоретические задания) контроль и контроль остаточных знаний

Знания оцениваются по четырехбалльной шкале.

Отлично – не менее 85% правильно выполненных заданий; *хорошо* – не менее 75% правильно выполненных заданий; *удовлетворительно* – не менее 50% правильно выполненных заданий; *неудовлетворительно* – менее 50% правильно выполненных заданий.

Межсессионный контроль (проверочные работы)

Каждая проверочная работа включает две задачи. Практические умения решения задач оцениваются по четырехбалльной шкале.

Отлично – правильно решены обе задачи. *Хорошо* – одна задача решена правильно, при решении второй задачи допущены ошибки (задача не решена до конца, неправильно найдены некоторые величины) или решение обеих задач содержит ошибки не принципиального характера. *Удовлетворительно* – правильно решена одна задача или решение обеих задач содержит принципиальные ошибки. *Неудовлетворительно* – обе задачи решены неверно.

Экзаменационный контроль

В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибалльной шкале.

Оценка «отлично» ставится в случае правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета и правильного решения задачи.

Оценка «хорошо» ставится в случае:

- правильного, но неполного ответа на один из теоретических вопросов билета, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя; правильного решения задачи;

- правильных и полных ответа на оба теоретических вопроса билета; затруднений при решении задачи, с которыми студент справляется после помощи преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае:

- ответов, содержащего ошибки принципиального характера на теоретические вопросы билета; правильного решения задачи;

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один из теоретических вопросов билета; решения задачи после незначительной помощи преподавателя;

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета; неверного решения задачи (не справился с задачей после помощи преподавателя).

Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае:

неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса билета;

неверного ответа (отсутствия ответов) на один из теоретических вопросов билета и неверного решения задачи.

6.3. Фонды тестовых заданий

Входной контроль

Идеальная жидкость – это...

Закон Паскаля звучит...

Закон Архимеда звучит...

Межсессионный контроль

Задания для текущей проверки знаний

По теме № 1

1. Гидравлика изучает...
2. Вязкость – это...
3. Сжимаемость – это..., характеризуется ...
4. Ньютоновская жидкость – это...
5. Температурное расширение – это ..., характеризуется ...

По теме № 2

1. Силы действующие на жидкость бывают ...
2. Под относительным покоем жидкости понимают...
3. Под абсолютным покоем жидкости понимают...
4. Основное уравнение гидростатики записывается...
5. Перечислите свойства гидростатического давления.
6. Сила давления на плоскую стенку определяется ...
7. Сила давления на криволинейную стенку определяется...
8. Закон Паскаля звучит...

9. Закон Архимеда записывается...

По темам № 6, 7

1. Режимы движения жидкости бывают ...
2. Удельная энергия – это ..., она измеряется в
3. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости записывается ...
4. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости записывается ...
5. Геометрический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости
6. Геометрический смысл уравнения Бернулли для потока реальной жидкости
7. Потери напора по длине определяются...
8. Местные потери напора определяются...
9. Коэффициент гидравлического трения определяется ...

По теме № 9

1. Простым трубопроводом называют...
2. Сложным трубопроводом называют...
3. Потребный напор – это ...
4. Характеристика трубопровода – это ...
5. При последовательном соединении простых трубопроводов общая подача определяется..., а полная потери напора определяется ...
6. При параллельном соединении простых трубопроводов общий расход определяется..., а полная потери напора определяется ...

По теме № 10

1. Насос – это ..., насосы бывают ...
2. Мощность насоса определяется ...
3. Баланс энергии в насосе...
4. Устройство лопастного насоса...
5. Центробежные насосы можно классифицировать ...
6. Рабочие характеристики насоса – это ...
7. Изменения режима насосной установки может быть достигнуто ...
8. При последовательной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры ..., а подача ...
9. При параллельной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры ..., а подача ...
10. Кавитация – это ..., кавитация может привести к ...
11. Принцип действия поршневых насосов ...

Экзаменационный контроль

Вопросы к экзамену

1. Предмет гидравлики. Основные понятия и определения. Основные физические свойства жидкости.
2. Идеальные и реальные жидкости. Силы, действующие на жидкость. Ньютоновские жидкости.
3. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики.
4. Абсолютный и относительный покой жидкости. Примеры относительного покоя жидкости. Свойства поверхностей уровня.
5. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Определение центра давления. Гидростатический парадокс.
6. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Основные законы гидростатики (закон Паскаля и Архимеда).
7. Основные понятия и определения кинематики жидкости.
8. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов: уравнения Эйлера, Навье-Стокса.
9. Уравнение баланса количества движения.
10. Уравнение баланса момента количества движения.
11. Условия подобия гидродинамических процессов.
12. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности.
13. Понятие удельной энергии. Виды удельной энергии. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости. Его геометрический смысл.
14. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Гидравлический и пьезометрический уклоны.
15. Потери напора при движении жидкости. Определение коэффициента гидравлического трения.
16. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Участок гидродинамической стабилизации. Опыты Рейнольдса. Число Рейнольдса и критическая скорость.
17. Местные потери напора (потери напора при внезапном расширении, сужении, повороте).
18. Классификация трубопроводов. Расчёт коротких трубопроводов.
19. Гидравлический расчёт трубопроводов. Соединения простых трубопроводов.
20. Гидравлический расчёт сложных трубопроводов и трубопроводов с насосной подачей жидкости.
21. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского.
22. Взаимодействие потока жидкости с ограничивающими его стенками.
23. Классификация насосов. Основные параметры насосов. Баланс энергии в лопастном насосе.
24. Принцип действия и устройство центробежного насоса. Классификация центробежных насосов.

25. Движение жидкости в рабочем колесе центробежного насоса. Характеристики центробежного насоса и их пересчет. Коэффициент быстроходности.
26. Регулирование режима насосной установки. Осевые насосы.
27. Последовательная и параллельная работа насосов.
28. Явление кавитации. Кавитационный запас, кавитационная характеристика. Последствия кавитации.
29. Поршневые насосы. Классификация и принцип действия.
30. Свойства и основные параметры объемных насосов.
31. Основные уравнения газодинамики.
32. Истечение газов через сопла и диффузоры
33. Пограничный слой. Основные гипотезы и допущения. Распределение скоростей в пограничном слое.
34. Интегральное соотношение для пограничного слоя (Уравнение Кармана).
35. Коэффициенты трения и потери энергии при обтекании пластины.
36. Отрыв пограничного слоя. Схема отрыва. Особенности отрыва ламинарного и турбулентного пограничного слоя.
37. Хорошо и плохо обтекаемые тела. Крыловидные профили и аэродинамические решетки.
38. Закон сопротивления для цилиндра. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел.
39. Особенности распространения слабых возмущений в дозвуковых и сверхзвуковых потоках. Расчет простейших сверхзвуковых течений.
40. Образование скачков уплотнений. Обтекание тел сверхзвуковым потоком.
41. Двухфазные одномерные течения. Особенности двухфазных течений.
42. Течение газа с постоянной примесью. Течение жидкости с пузырьками газа.
43. Течение жидкости при фазовом равновесии.
44. Тепловой скачок и скачок конденсации.

Образцы экзаменационных билетов

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
от _____ протокол № _____
Зав. кафедрой _____ Н.В. Савина

УТВЕРЖДАЮ

Кафедра энергетики
Факультет энергетический
Курс второй
Специальность 140101
Дисциплина
Гидрогазодинамика

Билет № 4

1. Идеальные и реальные жидкости. Силы, действующие на жидкость. Ньютоновские жидкости.
2. Тепловой скачок и скачок конденсации.

3. Задача

Определить потери напора по длине в новом стальном трубопроводе ($\Delta = 0,1$ мм) диаметром $d = 200$ мм и длиной $l = 2$ км, если по нему транспортируется вода с расходом $Q = 20$ л/сек. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu = 0,01$ см²/сек.

Как изменятся потери напора, если по тому же трубопроводу будет транспортироваться нефть с тем же расходом. Кинематический коэффициент вязкости нефти $\nu = 1$ см²/сек.

Контроль остаточных знаний

Тестовые задания для проверки остаточных знаний
по дисциплине «Гидрогазодинамика» для специальности 140101
20 заданий

время тестирования 40 минут

Инструкция: При ответе следует выбрать один ответ из предложенных (задания содержат несколько правильных ответов).

1. Гидростатика изучает:
 - законы равновесия и движения жидкости, а также использование этих законов для решения практических задач;
 - законы равновесия жидкости;
 - законы движения жидкости.
2. Идеальная жидкость
 - жидкость, обладающая вязкостью, т.е. при её движении имеют место силы трения;
 - жидкость в которой нет сил трения;
 - жидкость которая не подчиняется закону Ньютона.
3. Закон Ньютона записывается:

$$- \tau = \frac{\Delta T}{\Delta S}$$

$$- \tau = \mu \frac{dw}{dn}$$

$$- \tau = \nu \frac{dw}{dn}$$

4. Если известно p_{ATM} и $p_{ИЗБ}$, то $p_{АБС}$ можно определить так:

$$- p_{АБС} = p_{ATM} + p_{ИЗБ}$$

$$- p_{АБС} = p_{ИЗБ} - p_{ATM}$$

$$- p_{АБС} = p_{ATM} - p_{ИЗБ}$$

5. Закон Архимеда записывается:

- на тело, погруженное в жидкость действует сила, численно равная произведению веса жидкости, вытесненной телом, на объём тела.

- давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково.

- на тело, погруженное в жидкость действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх, численно равная весу жидкости, вытесненной телом, и приложенная в центре тяжести объёма погруженной части тела.

6. Установившееся течение жидкости:

- течение жидкости, характеристики которого изменяются во времени в точках рассматриваемого пространства

- течение жидкости, неизменное по времени, при котором давление и скорость являются функциями только координат, но не зависят от времени

- течение жидкости, при котором живые сечения и скорости в соответствующих точках этих сечений по всей длине потока одинаковы.

7. Массовый расход – это

- масса жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени

- вес жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени

- объем жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени

8. Уравнение неразрывности записывается...

9. Уравнение Бернулли для реальной жидкости записывается ...

Слагаемые уравнения представляют собой ...

10. Потери напора местного сопротивления находятся:

$$- h_M = \zeta \frac{d}{l} \frac{w^2}{2g}$$

$$- h_M = \lambda \frac{d}{l} \frac{w^2}{2g}$$

$$- h_M = \zeta \frac{w^2}{2g}$$

11. Число Рейнольдса рассчитывается:

$$- Re = \frac{wd}{2g\nu}$$

$$- Re = \lambda \frac{wd}{\nu}$$

$$- Re = \frac{wd}{\nu}$$

12. Определите режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d=50$ мм, если протекающий по ней расход $Q=100$ л/с, кинематическая вязкость $\nu = 0,01 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

- ламинарный
- переходный
- турбулентный

13. Короткий трубопровод – это

- трубопровод, состоящий из одной линии труб и проводящие один и тот же расход жидкости
- трубопроводы, малой длины с большим количеством местных сопротивлений
- трубопроводы, подающие жидкость от источника до потребителя

14. Характеристика трубопровода – это

- график зависимости суммарной потери напора в трубопроводе от расхода
- напор, создаваемый насосом при постоянной частоте вращения вала насоса
- напор, который необходимо подвести к жидкости в первом входном сечении трубопровода для перемещения этой жидкости ко второму сечению

15. При параллельном соединении простых трубопроводов полный расход находится:

- $Q=Q_1=Q_2=\dots=Q_n$
- $Q=Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_n$
- $Q=Q_1+Q_2+\dots+Q_n$

16. Гидравлический удар – это

- резкое повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- резкое понижение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в нем пузырьков или полостей, заполненных паром или газом

17. Динамические насосы – это

- насосы, в которых сообщение энергии жидкости осуществляется периодическим изменением замкнутого объема при переменном сообщении его со входом и выходом насоса
- насосы в которых жидкость перемещается под воздействием гидродинамических сил, причем объем жидкости, находящейся внутри насоса, постоянно сообщается со входом и выходом насоса

18. Полезная мощность насоса - это

- энергия, которую приобретает жидкость при прохождении через насос

- энергия, подводимая к нему от двигателя за единицу времени
- расход жидкости через напорный (выходной) патрубок

19. Кавитационный запас – это

- повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в нем пузырьков или полостей, заполненных паром или газом
- превышение полного напора жидкости во входном патрубке насоса над давлением ее насыщенного пара.

20. При параллельной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры ..., а подача ...

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Гриценко М.В., Гриценко А.В. Гидравлика. Учебное пособие. Благовещенск, 2003.
2. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.

Дополнительная литература

1. Самойлович Г.С. Газодинамика: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Самойлович Г.С., Нитусов В.В. Сборник задач по гидроаэромеханике. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для вузов/ Башта Т.М. и др. – М.: Машиностроение, 1982.
4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам./ Под общ. ред. Некрасова Б.Б. – Минск: Высшая школа, 1985.