



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ
ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Д.Ю. Михальчевский/
«23» ноября 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Гидравлика

Направление подготовки

25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей

Профиль

Поддержание летной годности

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

Санкт-Петербург

2023

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Гидравлика» являются формирование знаний, умений и навыков для успешной профессиональной деятельности в области поддержания летной годности в части изучения законов равновесия и движения жидкостей, создание фундамента для применения этих законов при решении авиационных задач при осуществлении технического обслуживания и ремонта гидравлических систем.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Владение основными законами равновесия и движения жидкости для понимания особенностей конструктивного выполнения жидкостных систем протекающих в них процессов;

- Формирование у студентов практических навыков использования основных закономерностей жидкости при решении организационно-технических и конструкторско-технологических задач, связанных с эксплуатацией компонентов жидкостных систем ВС и выявлением в них возможных неисправностей и путей их устранения.

Дисциплина обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического и организационно-управленческого типа.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Гидравлика» представляет собой дисциплину, относящуюся к Обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина «Гидравлика» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Термодинамика и теория авиационных двигателей».

Дисциплина «Гидравлика» является обеспечивающей для дисциплины «Теория надежности».

Дисциплина изучается в 3 семестре.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Гидравлика» направлен на формирование следующих компетенций:

| Код компетенции/ индикатора | Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции |
|-----------------------------|--|
| ОПК-1 | Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, |

| Код компетенции/ индикатора | Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции |
|---------------------------------|--|
| | гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов |
| ИД _{ОПК1} ¹ | Способен применять основные законы, положения высшей математики для формализации прикладных задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности. |
| ИД _{ОПК1} ² | Применяет законы физики для оценки значений параметров физических систем. |
| ИД _{ОПК1} ³ | Способен рассчитывать элементы авиационных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. |
| ИД _{ОПК1} ⁴ | Анализировать процессы, происходящие при взаимодействии веществ |

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основные физико-механические свойства жидкости, их изменение и влияние на особенности конструктивного выполнения и работоспособность жидкостных систем ВС;
- основные закономерности равновесия и движения жидкости для понимания процессов, протекающих в жидкостных системах ВС;
- методы расчёта элементов авиационных гидравлических систем на прочность, жесткость и устойчивость.
- процессы, происходящие при взаимодействии веществ в авиационных гидравлических системах

Уметь:

- решать типовые задачи, связанные с определением режимов течения, основных параметров жидкости, характеристик гидравлической сети и силового воздействия жидкости на ограничивающие поверхности;
- использовать законы равновесия и движения жидкости для объяснения технических решений, заложенных в жидкостных системах ВС;
- применять методы расчёта элементов авиационных гидравлических систем на прочность, жесткость и устойчивость.
- анализировать процессы, происходящие при взаимодействии веществ в авиационных гидравлических системах.

Владеть:

- навыками решения типовые задачи, связанных с определением режимов течения, основных параметров жидкости, характеристик

гидравлической сети и силового воздействия жидкости на ограничивающие поверхности;

- навыками использования законов равновесия и движения жидкости для объяснения технических решений, заложенных в жидкостных системах ВС;
- физико-техническими основами расчета жидкостных систем.
- способностью выполнять анализ жидкостных систем для оценки их технического состояния при решении эксплуатационно-технологических задач, возникающих в процессе обслуживания и ремонта ВС;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

| Наименование | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|----------|
| | | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 108 | 108 |
| Контактная работа, всего | 30,5 | 30,5 |
| лекции | 14 | 14 |
| практические занятия | 14 | 14 |
| семинары | - | - |
| лабораторные работы | 0 | 0 |
| курсовые проекты (работы) | 0 | 0 |
| Самостоятельная работа студента | 44 | 44 |
| Промежуточная аттестация | 36 | 36 |
| контактная работа | 2,5 | 2,5 |
| самостоятельная работа по подготовке к экзамену | 33,5 | 33,5 |

5. Содержание дисциплины

5.1. Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

| Темы, разделы дисциплины | КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ | КОМПЕТЕНЦИИ | Образовательные технологии | Оценочные средства |
|--|------------------|-------------|----------------------------|--------------------|
| | | ОПК-1 | | |
| Тема 1. Основные физико-механические свойства жидкости | 10 | + | ВК, Л, ПЗ, СРС РКС | УО, РЗ, РСЗ |
| Тема 2. Основные уравнения гидростатики | 10 | + | Л, ПЗ, СРС | Д, УО, РЗ, РСЗ |

| Темы, разделы дисциплины | КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ | КОМПЕТЕНЦИИ | | Образовательные технологии | Оценочные средства |
|---|------------------|-------------|---|----------------------------|--------------------|
| | | ОПК-1 | | | |
| | | | | РКС | |
| Тема 3. Силы гидростатического давления жидкости на различные поверхности | 10 | | + | Л,ПЗ, СРС, РКС | РЗ, УО, КР, РСЗ |
| Тема 4. Основы кинематики жидкости | 10 | | + | Л,ПЗ, СРС, РКС | УО, РЗ, РСЗ |
| Тема 5. Основные уравнения гидродинамики | 10 | | + | Л,ПЗ, СРС, РКС | УО, РЗ, РСЗ |
| Тема 6. Характеристики гидравлической сети | 10 | | + | Л,ПЗ, СРС, РКС | УО, РЗ, РСЗ |
| Тема 7. Гидравлический расчет трубопроводов | 12 | | + | Л,ПЗ, СРС, РКС | РЗ, УО, РСЗ, КР, |
| Итого по дисциплине | 72 | | | | |
| Промежуточная аттестация | 36 | | | | |
| Всего по дисциплине | 108 | | | | |

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ВК – входной контроль, СРС – самостоятельная работа студента, РКС – разбор конкретной ситуации, Д – доклад, УО – устный опрос, РЗ – расчетная задача, РСЗ – решение ситуационных задач, КР – контрольная работа.

5.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| Наименование темы (раздела) дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | КП | Всего часов |
|---|---|----|----|-----|----|-------------|
| Тема 1. Основные физико-механические свойства жидкости | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 2. Основные уравнения гидростатики | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 3. Силы гидростатического давления жидкости на различные поверхности | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 4. Основы кинематики жидкости | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 5. Основные уравнения гидродинамики | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 6. Характеристики гидравлической сети | 2 | 2 | - | 6 | - | 10 |
| Тема 7. Гидравлический расчет трубопроводов | 2 | 2 | - | 8 | - | 12 |

| Наименование темы (раздела) дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | КП | Всего часов |
|--|----|----|----|-----|----|-------------|
| Итого за семестр | 14 | 14 | | 44 | | 72 |
| Промежуточная аттестация | | | | | | 36 |
| Всего по дисциплине | | | | | | 108 |

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, СРС – самостоятельная работа студента, КП – курсовой проект.

5.3 Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основные физико-механические свойства жидкости

Предмет изучения дисциплины гидравлика. Общие сведения о жидкостях, используемых в ГА. Понятие жидкости в «широком» и «узком» смысле. Плотность и удельный вес жидкости, и их зависимость от температуры. Расширение жидкости при нагреве. Температурный коэффициент объемного расширения. Сжимаемость жидкости. Коэффициент объемного сжатия и модуль жесткости.

Растворимость газов в жидкости. Влияние растворенных газов на эксплуатацию жидкостных систем. Вязкость жидкости. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Огнеопасность жидкости. Температура вспышки и самовоспламенения. Понятие «идеальной» жидкости.

Тема 2. Основные уравнения гидростатики

Равновесное состояние жидкости и действующие при этом силы. Гидростатическая сила и гидростатическое давление. Свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики. Эпюры гидростатического давления. Плоскость сравнения, свободная поверхность жидкости, геометрическая и пьезометрическая высота. Пьезометрический напор и его энергетический смысл. Приборы для измерения давления: манометры, вакуумметры, пьезометры. Закон Паскаля и его практическое применение в гидростатических машинах.

Относительное равновесие жидкости. Гидростатическое давление при относительном равновесии жидкости в баке движущегося ВС. Инерционное давление жидкости в трубопроводах транспортных средств.

Тема 3. Силы гидростатического давления жидкости на различные поверхности

Гидростатическое давление и сила гидростатического давления жидкости на плоскую стенку. Центр давления и его координаты. «Гидростатический парадокс». Гидростатическая сила давления жидкости на цилиндрическую стенку и координаты центра давления. Реальное и фиктивное тело давления. Расчет трубопроводов с избыточным давлением жидкости. Понятие о рабочем, условном и пробном давлении. Закон Архимеда.

Тема 4. Основы кинематики жидкости

Классификация движений. Линии тока, элементарная струйка, живое сечение, смоченный периметр. Средняя скорость. Объемный расход жидкости. Уравнение расхода. Режимы течения жидкости. Гидравлический радиус и гидравлический диаметр. Число Рейнольдса. Критическая скорость и критическое число Рейнольдса. Участок стабилизации ламинарного течения.

Тема 5. Основные уравнения гидродинамики

Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Напор и давление в уравнении Бернулли и их геометрический и энергетический смысл. Расчет потерь энергии на трение. Безразмерный коэффициент трения. Понятие о гладких и шероховатых трубах. Местные сопротивления и их расчет. Понятие об эквивалентной длине, гидравлическом и пьезометрическом уклонах. Потери энергии при внезапном расширении и сужении потока. Практическое применение уравнения Бернулли: трубка полного давления (трубка Пито), трубка Пито-Прандтля, расходомер Вентури.

Тема 6. Характеристики гидравлической сети

Характеристика участка сети с линейным и местным сопротивлением при различных режимах течения. Характеристика сети при последовательном, параллельном и смешанном соединении участков. Потери энергии при внезапном расширении и сужении потока. Течение жидкости через щели микронных размеров. Течение через короткие щели и щели с лабиринтными канавками. Облитерация щелей. Расчет трубопроводов ЦЗС с последовательным соединением участков.

Тема 7. Гидравлический расчет трубопроводов

Виды трубопроводов. Работа и расчет эжектора и сифона. Первая водопроводная формула. Формула Шези. Коэффициент Шези и формула Н. Н. Павловского. Вторая водопроводная формула. Расходная характеристика трубопровода. Расчет сложных трубопроводов с использованием расходных характеристик. Явление кавитации и его влияние на работу жидкостных систем. Понятие гидравлического удара. Положительный, отрицательный, прямой и непрямой гидравлический удар. Теория гидравлического удара Н.Е. Жуковского. Скорость распространения ударной волны. Способы снижения воздействия гидравлических ударов на трубопроводы. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном и переменном напорах. Истечение жидкости через затопленное отверстие. Истечение жидкости через большие отверстия. Насадки и их классификация. Истечение жидкости через насадки. Сравнение и анализ насадок различного вида.

5.4 Практические занятия

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий | Трудо- емкость (часы) |
|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Основные физико-механические свойства жидкости. Задачи на температурное расширение, сжимаемость и вязкость жидкости | 2 |
| 2 | Основные уравнения гидростатики. Доклады по теме. Задачи на гидравлический пресс, измерительные средства давления, построение эпюр, определение давления и геометрических характеристик гидростатических механизмов, инерционное давление и относительное равновесие | 2 |
| 3 | Силы гидростатического давления жидкости на различные поверхности. Письменная аудиторная работа. Задачи на силу и момент гидростатического давления на плоскую стенку, определение силы давления на цилиндрическую стенку с атмосферным и избыточным давлением, на закон Архимеда. | 2 |
| 4 | Основы кинематики жидкости. Задачи на уравнение расхода, определение площади сечения трубопровода, средней скорости движения и режима течения жидкости | 2 |
| 5 | Основные уравнения гидродинамики. Задачи на уравнения неразрывности и Бернулли, трубку Пито и расходомер Вентури, определение сечения гидромонитора | 2 |
| 6 | Характеристики гидравлической сети. Задачи на определение потерь энергии на фильтре, расчет щелевого уплотнения гидромеханизма и нагнетательных трубопроводов ЦЗС с последовательным соединением участков | 2 |
| 7 | Гидравлический расчет трубопроводов. Письменная аудиторная работа. Задачи по расчету эжектора и сифона, всасывающих трубопроводов ЦЗС с использованием первой водопроводной формулы, сложных трубопроводов и использованием расходных характеристик. Кавитация. Гидравлический удар. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Задачи на кавитацию, гидравлический удар и истечение жидкости из отверстий и различных насадок | 2 |

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоёмкость (часы) |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------|
| Итого по дисциплине | | 14 |

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоёмкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |
| 2 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка доклада. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |
| 3 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Производство и эксплуатация современных летательных аппаратов. Подготовка к устному опросу. Подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |
| 4 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |
| 5 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |
| 6 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. [1-22]. | 10 |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 7 | Изучение теоретического материала (рекомендованных источников). Подготовка к устному опросу. Подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.[1-22]. | 12 |
| Итого по дисциплине | | 44 |

5.7 Курсовая работа (проект)

Курсовая работа программой дисциплины не предусмотрена.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1.Егер, С.М., **Основы авиационной техники:** Учебник/ Под ред. И.А.Шаталова. Изд. второе, перераб. и доп.. -М.: Изд-во МАИ, 1999. - 576 с.: ил. ISBN-5-7.035-2081-9 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://files.mai.ru/site/publications/books/foundation_of_aviation_tech.pdf свободный (дата обращения 25.09.2025)

2. Ефимова, М.Г. **Основы авиации.** Часть 2. Конструкция и основные функциональные системы летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2005. - 52 с., 1 табл., 32 ил., лит.: 5 наим. [Электронный ресурс] Режим доступа:

<http://storage.mstuca.ru/jspui/bitstream/123456789/2908/1/Основы%20авиации.%20Часть%202.%20Конструкция%20и%20основные%20функциональные%20системы%20летатель-%20ных%20аппаратовУчебное%20пособие..pdf> свободный (дата обращения 25.09.2025)

3. Корнеев, В.М. **Конструкция и основы эксплуатации летательных аппаратов: конспект лекций/** В.М. Корнеев.- Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2009.- 130 с. Режим доступа: http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2014/Korneev_3.pdf свободный (дата обращения 25.09.2025)

б) дополнительная литература:

5.Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В.Фролов (предс.) и др.- М. Машиностроение.Самолеты и вертолеты. Т. 4. Проектирование, конструкция и системы самолетов и вертолетов. Кн.2/ А.М.Матвиенко, А.И.Акимов, М.Г.Акопов и др.; под общей редакцией А.М.Матвиенко. -752 с.; ил. Электронный ресурс: <https://777russia.ru/book/uploads/МЕХАНИКА/Фролов%20К.В.%20-%20Самолёты%20и%20вертолёты%20%28МЭ%2С%20том%20IV-21%2С%20книга%202%29%20-%202004.pdf> , (дата обращения 25.09.2025)

6. Основы авиации: Метод. указ. по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. Для студентов ФАИТОП очной и заочной формы обучения. Специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов» / Глазков А.С., сост. - СПб. : ГУГА, 2021. - 24с. ISBN – отсутствует. Количество экземпляров 50.

7. **Авиатранспортное обозрение** [Текст] : Air transport observer : журнал / учредитель и издатель: А.Б.Е. Медиа. - Москва : А.Б.Е. Медиа, 1996-. - 27 см.; ISSN 1991-6574 (подписка с 2008).

8. **Крылья Родины** : ежемесячный национальный авиационный журнал. - Москва: ООО "Редакция журнала "Крылья Родины", 1950-.; ISSN 0130-2701 (подписка с 2008).

9. **Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра** [Текст] : научно-популярный журнал / учредитель: Бакурский Виктор Александрович, Военно-Воздушные Силы России, Лепилкин Андрей Викторович. - Москва : Техинформ, 1997-. - 29 см.; ISSN 1682-7759 (подписка с 2008).

10. **Транспорт: наука, техника, управление:** научный информационный сборник / учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН). - Москва : ВИНТИ, 1990-. - 28 см.; ISSN 0236-1914 (2022).

11. **Проблемы безопасности полетов** : научно-технический журнал / учредители: Российская академия наук, Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ). - Москва : ВИНТИ, 1989-. - 21 см.; ISSN 0235-5000 (2022).

12. **Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка:** журнал / учредитель и издатель: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. - Гродно : Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2009- ISSN 2223-5396 (2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/3350?category=931>, свободный (дата обращения 09.09.2025).

13. **Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук / Паёми Донишгоњи миллии тољикистон. Бахши Илмҳои Табиӣ** : журнал / учредитель и издатель: Таджикский национальный университет. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 1990-. ISSN 2413-452X (2015-2020). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2429?category=917> , свободный (дата обращения 09.09.2025).

14. **Наука и техника:** международный научно-технический журнал / учредитель и издатель: Белорусский национальный технический университет. - Минск: Белорусский национальный технический университет, 2002-. ISSN 2227-1031 (2018-2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2418?category=917> , свободный (дата обращения 09.09.2025).

15. **ҚазҰТУ Хабаршысы / Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева:** журнал / учредитель и издатель: Казах-

ский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева. - Алматы : Казахский национальный технический университет, 1994-. ISSN 1680-9211 (2015). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2565?category=917>, свободный (дата обращения 09.09.2025).

16. **Vojnotehnicki glasnik / Military Technical Courier / Военно-технический вестник**: мультидисциплинарный научный журнал / учредитель и издатель : Университет обороны в г. Белград. - Белград : Университет обороны в г. Белград, 1953-. ISSN 0042-8469 (2013-2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2490?category=931>, свободный (дата обращения 09.09.2025).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

17. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> свободный.

18. **Библиотека СПбГУ ГА** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/>, свободный (дата обращения 20.09.2025).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое программного обеспечения), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

19 **Консультант Плюс** [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный (дата обращения 25.09.2025).

20 **Деловой авиационный портал** [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ato.ru>, свободный (дата обращения 25.09.2025).

21 Библиотека СПбГУ ГА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/>, свободный (дата обращения 25.09.2025).

22 Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 25.09.2025).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Наименование дисциплины | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------------------------|---|---|---|
| Гидравлика | Аудитория 360 | Комплект учебной мебели - 30 шт. Экран | Adobe Acrobat Reader DC (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия) |

| Наименование дисциплины | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------------------------|---|--|--|
| | | ProjectaProStar 183*240см MatteWhiteСнашт ативе Доска двойная Проектор AcerX1261 P (1024x768, 3700:1,+/-40 28DbLamp:4000H RS Ноутбук HP 15- rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15-rb070gu 15.6 AMD (черный) | № 0AFE-180731- 132011-783-1390) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Opera (freeware) Google Chrome (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) WinRAR 3.9 (лицензиянаSpb State University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия |
| | Аудитория 364 | Комплект учебной мебели – 20 шт. Доска двойная Ноутбук HP 15- rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15- rb070ru 15.6 AMD (черный) | № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Драйвера и ихкомпоненты. Adobe Acrobat Reader DC (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия |
| | МИС (Моторно- испытательная станция) (Учебно- производственные мастерские: 196210, СПб, Пилотов, 44 корпус 1, литера Д) | Монитор 17" Acer AL 1716 A s - 2 шт. Монитор LG ЛК- 10055 - 2 шт. Монитор СТХ №02780 Системный компьютерный блок LG - 2 шт. Системный компьютерный блок 10476 Проектор BENQ - 2 шт. Принтер HPHEWLETTРАС KARD 11311 Сканер Epson | № 0AFE-180731- 132011-783-1390) К-Lite Mega Codec Pack (freeware) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Mozilla Firefox (MPL/GPL/LGPL) Ultra-Defrag 7.0.2 (GNU GPL 2) Unchecky (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) Opera (freeware) WinRAR 3.9 (лицензиянаSpb State |

| Наименование дисциплины | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------------------------|---|---|---|
| | | Доска - 3 шт. Экран Dinon - 2 шт. Стол для преподавателя - 2 шт. Парты со скамьей - 47 шт. Стулья - 4 шт. Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) | University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Adobe Acrobat Reader XI (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) K-Lite Mega Codec Pack (freeware) MicrosoftOfficeПрофессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) ABBYY FineReader 10 CorporateEditional (лицензия № AF103S1V00 102 от 23 декабря 2010 года) WinRAR 3.9 (лицензия на Spb State University of Civil Aviation) WindowsXP (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) |

8 Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения дисциплины с целью коррекции процесса усвоения обучающимися дидактических единиц при изучении дисциплин.

Лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных

научных знаний. Лекция предназначена для раскрытия состояния и перспектив развития экономических знаний в современных условиях. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, который сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы и практические примеры.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих тем, а также приобрести начальные практические навыки. Рассматриваемые в рамках практического занятия задачи, ситуации, примеры и проблемы имеют профессиональную направленность и содержат элементы, необходимые для формирования компетенций в рамках подготовки обучающихся. Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации, используемый на практических занятиях и заключающийся в постановке перед студентами расчётных и ситуационных задач с целью достижения планируемых результатов. Практические занятия предусматривают выполнение контрольных работ, а также участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства включают: решение расчетных и ситуационных задач, письменную аудиторную работу, решение задач и подготовка докладов, устный опрос пройденного материала.

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции.

Обсуждение докладов обучающихся проходит в рамках практических занятий по темам дисциплины. Преподаватель, как правило, выступает в роли консультанта при заслушивании докладов, осуществляет контроль полученных обучающимися результатов. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста. Выступление должно строиться

свободно, убедительно и аргументировано. При этом обучающийся может обращаться к своим записям, приводить выдержки из периодической печати, сайтов интернета и т. д.

Решение расчетных и ситуационных задач представляет собой практическое применение теоретических знаний к конкретной задаче, которая может возникнуть в процессе профессиональной деятельности будущего специалиста.

Контрольная работа выполняется обучающимися на практических занятиях по индивидуальным вариантам на основании задания, выдаваемого преподавателем по соответствующим темам дисциплины, и представляет собой оценку практического применения полученных теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 3 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля.

Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов по дисциплине

Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля не применяется.

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Решение задач оценивается:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку по итогу решения;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя.

Доклад:

«зачтено»: грамотное и непротиворечивое изложение сути вопроса при использовании современных источников. Обучающийся способен сделать обоснованные выводы, а также уверенно отвечать на заданные в ходе обсуждения вопросы;

«не зачтено»: неудовлетворительное качество изложения материала и неспособность обучающегося сделать обоснованные выводы или рекомендации.

Контрольная работа:

«зачтено»: работа зачитывается в том случае, если задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: работа не зачитывается в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

9.3 Темы курсовых проектов по дисциплине

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

Обеспечивающие дисциплины: «Высшая математика», «Физика», «Термодинамика и теория авиационных двигателей».

Примерные вопросы входного контроля:

«Высшая математика»

1. Математический анализ
2. Интегральное исчисление
3. Линейная алгебра

«Физика»

1. Законы сохранения в механике
2. Первое начало термодинамики
3. Реальные газы. Твердое и жидкое состояния

«Термодинамика и теория авиационных двигателей»

1. Принцип работы и основные параметры ГТД
2. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД
3. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД и в газовых турбинах ГТД

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания |
|--------------|---|---|
| I этап | | |
| ОПК-1 | <p>ИД¹_{ОПК1}</p> <p>ИД²_{ОПК1}</p> <p>ИД³_{ОПК1}</p> <p>ИД⁴_{ОПК1}</p> | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные физико-механические свойства жидкости, их изменение и влияние на особенности конструктивного выполнения и работоспособность жидкостных систем ВС; - основные закономерности равновесия и движения жидкости для понимания процессов, протекающих в жидкостных системах ВС; - методы расчёта элементов авиационных гидравлических систем на прочность, жесткость и устойчивость. - процессы, происходящие при взаимодействии веществ в авиационных гидравлических системах <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решать типовые задачи, связанные с определением режимов течения, основных параметров жидкости, характеристик гидравлической сети и силового воздействия жидкости на ограничивающие поверхности; - использовать законы равновесия и движения жидкости для объяснения технических решений, заложенных в жидкостных системах ВС. |
| II этап | | |
| ОПК-1 | <p>ИД¹_{ОПК1}</p> <p>ИД²_{ОПК1}</p> <p>ИД³_{ОПК1}</p> <p>ИД⁴_{ОПК1}</p> | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы расчёта элементов авиационных гидравлических систем на прочность, жесткость и устойчивость. - анализировать процессы, происходящие при взаимодействии веществ в авиационных гидравлических системах. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками решения типовые задачи, связанных с определением режимов течения, |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания |
|-------------|---|--|
| | | <p>основных параметров жидкости, характеристик гидравлической сети и силового воздействия жидкости на ограничивающие поверхности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования законов равновесия и движения жидкости для объяснения технических решений, заложенных в жидкостных системах ВС; - физико-техническими основами расчета жидкостных систем. - способностью выполнять анализ жидкостных систем для оценки их технического состояния при решении эксплуатационно-технологических задач, возникающих в процессе обслуживания и ремонта ВС; |

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя. Обучающийся решает задачу верно, но при помощи преподавателя.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя. Ситуационная или расчетная задача решена не полностью, или содержатся незначительные ошибки в расчетах.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не раскрыты глубина и полнота при ответах. Задача не решена даже при помощи преподавателя.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

9.6.1 Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости

Примерный перечень вопросов устного опроса

1. Как учитывается расширение жидкости в открытых и закрытых жидкостных системах ВС?
2. Укажите основные различия между газом и жидкостью? Какими показателями учитывается сжимаемость жидкости?
3. С какой целью ввели понятие «идеальной» жидкости?
4. Как направлено гидростатическое давление?
5. Что показывает эпюра гидростатического давления?
6. От каких факторов зависит гидростатическое давление жидкости?
7. В чем разница между центром масс и центром давления?
8. Чем отличаются реальное и фиктивное тело давления?
9. В чем суть «гидростатического парадокса»?
10. В чем различие между ламинарным и турбулентным режимом течения жидкости? На что влияет режим течения?
11. От каких факторов зависит число Рейнольдса?
12. С какой целью ввели понятие гидравлического диаметра? Чем он отличается от геометрического диаметра?
13. Между какими величинами устанавливается связь в уравнениях неразрывности и Бернулли?
14. В чем отличие между линейным и местным сопротивлением? По каким формулам их рассчитывают?
15. Для каких целей можно использовать уравнение Бернулли?
16. Что такое характеристика сети, для чего она используется и как определяется при различном соединении участков?
17. Для чего выполняют лабиринтные канавки в жидкостных системах?
18. В чем суть явления облитерации щелей и как его следует учитывать при эксплуатации и ремонте жидкостных систем?
19. Для чего используют первую и вторую водопроводные формулы, и в чем между ними различие?

20. Что такое расходная характеристика трубопровода и в чем ее преимущество в случае использования при расчете трубопроводов?
21. В чем сущность кавитации? Какие причины ее появления как она влияет на высотность и работу компонентов жидкостной системы?
22. Чем вызван гидравлический удар? Какой гидроудар наиболее опасный? Какие последствия он вызывает, и какие способы используются для борьбы с ним?
23. От каких факторов зависит расход жидкости через малые и большие отверстия?
24. Для каких целей используют насадки? Виды насадок и формулы для определения расхода через них.

Темы докладов

1. Внешние силы, действующие в неподвижной жидкости.
2. Гидростатическое давление и его свойства.
3. Основной закон гидростатического давления.
4. Приборы для измерения давления.
5. Закон Паскаля и его использование в технике.
6. Поведение жидкости в баках ВС на различных этапах полета.
7. Влияние инерционного давления на свойства жидкости и работу насосов.

Данный перечень может быть дополнен в ходе проведения занятий.

В соответствии с планом практических занятий обучающийся подготавливает доклад по предлагаемой теме с презентацией в формате PowerPoint.

Типовые расчетные задачи для проведения текущего контроля

Задача 1

Топливные баки самолета, объемом 10 000л, заправили полностью ночью при температуре 10 °С. Сколько топлива будет сброшено через дренажные трубопроводы, если температура наружного воздуха увеличилась до 30 °С. Температурный коэффициент объемного расширения топлива составляет в среднем $8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/К}$.

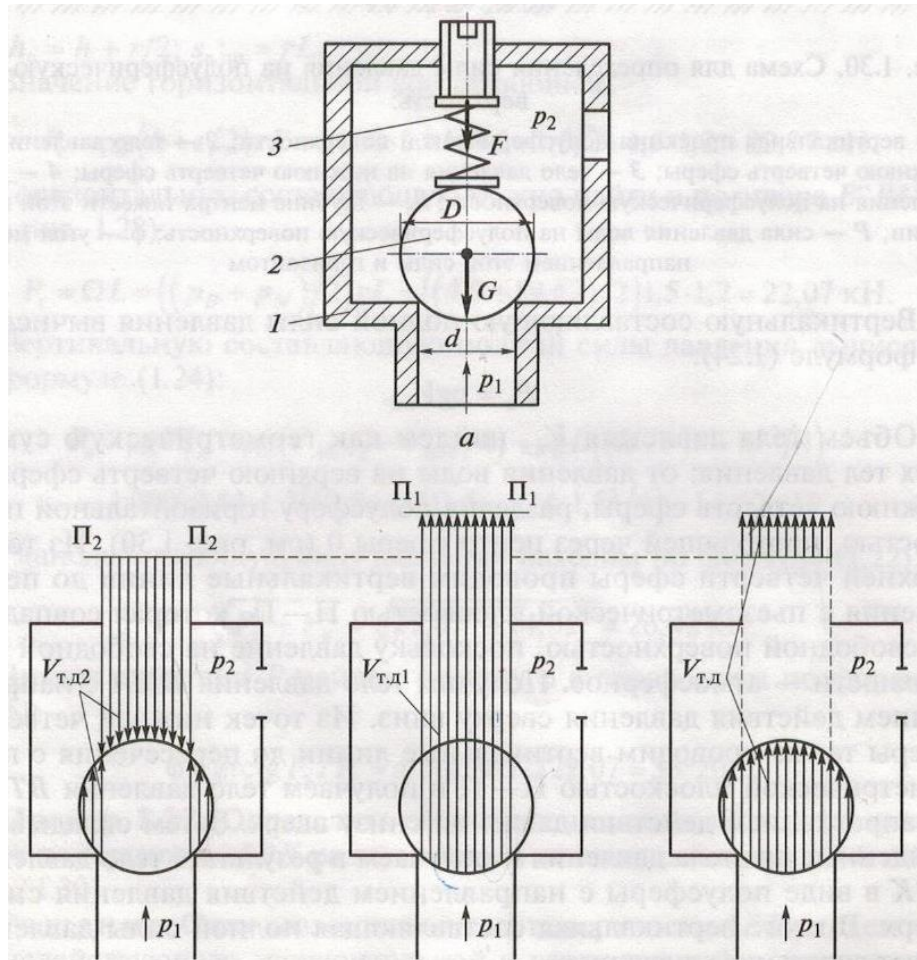
Как удастся избежать подобных явлений при эксплуатации ВС?

Задача 2

Определить усилие R вдоль штока 2 силового цилиндра, если давление масла в поршневой полости $p_1 = 21 \text{ МПа}$, а давление масла в штоковой полости $p_2 = 200 \text{ кПа}$. Сила трения в уплотнениях 3 и 4 составляет 0,5 % от силы R . Диаметр поршня 1 равен $D = 100 \text{ мм}$, а штока d – в два раза меньше.

Задача 4

Какой должна быть сила затяжки пружины 3 редукционного клапана 1 маслосистемы с диаметрами стального шарика $D = 2,5$ см и седла $d = 2$ см, чтобы он открылся при манометрическом давлении масла в напорной линии $P_1 = 2,5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$. Манометрическом давлении масла в линии слива $P_2 = 0,1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$. Масса шарика с пружиной равна 100 г. Плотность масла $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Расчетная схема с телами давления от действия P_2 , P_1 и суммарного действия

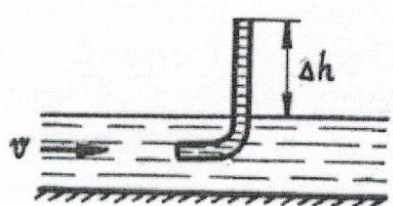
Задача 5

Определить, при какой температуре бензина в трубопроводе диаметром 1 см произойдет смена режима, если расход бензина при температуре 15 °С $1,7$ л/мин, а кинематический коэффициент вязкости меняется по линейному закону и при $t = 40$ °С равен $6 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$, а при $t = -40$ °С равен 2 сСт.

Задача 6

Трубка полного давления помещена в поток жидкости, движущийся в открытом канале. Жидкость поднялась в трубке на высоту $\Delta h = 0,4$ м. На какую

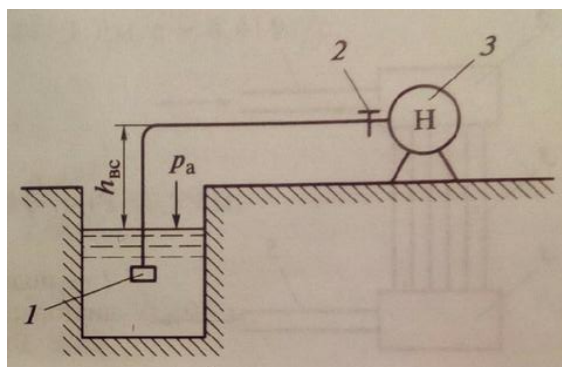
высоту поднимется жидкость в трубке, если скорость движения жидкости увеличится в два раза?



Задача 7

В системе централизованной заправки самолетов топливо из подземного резервуара забирается насосом и подается в баки самолета в количестве 110 м^3 за 45 мин.

Требуется определить абсолютное давление топлива перед насосом, если диаметр всасывающего трубопровода составляет 400 мм, длина - 30 м. На трубопроводе установлена задвижка 2 с коэффициентом местного сопротивления $\xi_3 = 0.2$, имеется один поворот на 90 градусов с $\xi_{\text{п}} = 0.3$, и установлена фильтрующая сетка 1 и обратный клапан на входе в трубопровод с коэффициентом местного сопротивления входного участка трубы $\xi_{\text{в}} = 8$. Ось насоса 3 расположена выше уровня топлива в подземном резервуаре на величину $h = 4 \text{ м}$. Уровень топлива в резервуаре можно считать неизменным. Атмосферное давление $P_a = 760 \text{ мм рт.ст.}$



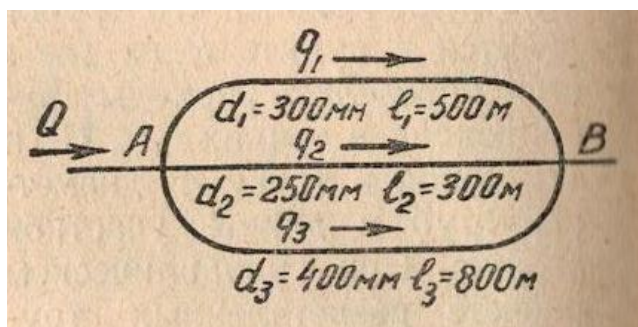
Сколько механической энергии будет у 1 м^3 топлива перед насосом? Какой вакуум должен создаваться насосом во всасывающем патрубке?

Задача 8

Вода из котельной, в количестве $Q = 500 \text{ л/с}$, выходит в точке А по трем трубопроводам, а затем, после слияния в точке В, возвращается в котельную по обратному трубопроводу.

Требуется определить распределение расходов q по каждой линии трубопровода и потерю напора на участке А-В. Характеристики каждой линии

приведены на рисунке и в таблице. Задачу решать с использованием расходных характеристик трубопровода.



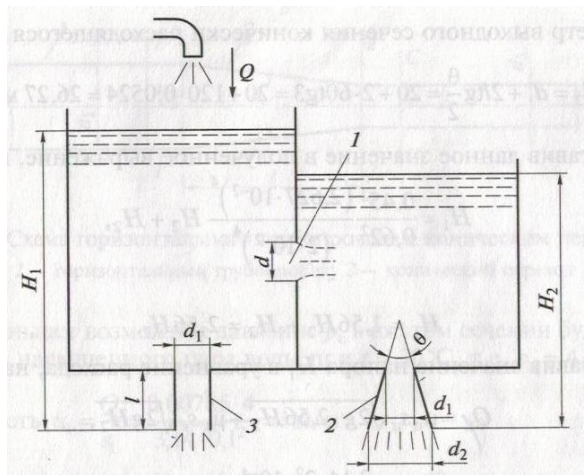
Значения величин C , λ , a , K и b^* для круглых труб, подсчитанных по полной формуле акад. Н. Н. Павловского при $n = 0,012$

| d , м | C | λ | a | K , м ³ /сек | b |
|---------|-------|-----------|---------|---------------------------|---------|
| 0,050 | 44,79 | 0,0391 | 0,00323 | 0,00987 | 10340,0 |
| 0,075 | 47,45 | 0,0349 | 0,00288 | 0,0287 | 1214,0 |
| 0,100 | 49,46 | 0,0321 | 0,00265 | 0,0614 | 265,0 |
| 0,125 | 51,07 | 0,0301 | 0,00249 | 0,111 | 81,60 |
| 0,150 | 52,42 | 0,0286 | 0,00236 | 0,179 | 31,18 |
| 0,200 | 54,62 | 0,0263 | 0,00217 | 0,384 | 6,78 |
| 0,250 | 56,40 | 0,0247 | 0,00204 | 0,692 | 2,11 |
| 0,300 | 57,90 | 0,0234 | 0,00193 | 1,121 | 0,794 |
| 0,350 | 59,18 | 0,0224 | 0,00185 | 1,684 | 0,354 |
| 0,400 | 60,31 | 0,0216 | 0,00178 | 2,397 | 0,174 |
| 0,450 | 61,35 | 0,0209 | 0,00172 | 4,259 | 0,0932 |
| 0,500 | 62,28 | 0,0202 | 0,00167 | 4,324 | 0,0532 |
| 0,600 | 63,91 | 0,0192 | 0,00159 | 6,999 | 0,0204 |

Задача 9

В баке, разделенном перегородкой на два отсека, находится керосин с плотностью 800 кг/ м^3 . В первый отсек бака постоянно поступает керосин в количестве 4 л/сек . В перегородке и в дне бака выполнены одинаковые отверстия диаметром 2 см . К отверстиям дна присоединены два насадка длиной по 55 мм – один цилиндрический насадок 3, другой конически расходящийся насадок 2 с углом конусности 6° и коэффициентом расхода $0,45$. Отверстие в перегородке 1 можно считать малым отверстием в тонкой стенке. Требуется определить расход жидкости через каждый насадок.

При решении задачи обратите внимание, что коэффициенты расхода приводятся для выходных сечений насадок. Объясните, почему уровни жидкостей в отсеках будут разными.



Задача 10

По трубопроводу длиной 10 м и диаметром 100 мм движется топливо. Определить потери давления, если расход жидкости 50 л/с., коэффициент гидравлического трения равен 0,03, плотность топлива - 800 кг/м^3 .

Задача 11

Определить величину ударного давления жидкости, движущейся в трубопроводе со скоростью 5 м/с, если трубопровод длиной 1 км и диаметром 100 мм перекрыли задвижкой за 1,2 с. Плотность жидкости - 880 кг/м^3 , модуль упругости жидкости - 1250 МПа. Толщина стенок трубопровода - 3 мм, модуль упругости материала трубопровода $2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Каким должно быть время закрытия задвижки, чтобы уменьшить величину ударного давления?

Типовые ситуационные задачи для проведения текущего контроля

Задача 1

Для поворота лопаток в ГТД используются гидродвигатели, в которых усилия для перемещения поршня гидроцилиндров создаются в результате давления жидкости на поршень. В качестве рабочей жидкости при этом используется топливо.

Требуется определить изменение давления в цилиндре от нагрева жидкости, если температура окружающей среды увеличилась на 30°C . Температурный коэффициент объемного расширения жидкости равен $\beta_{\text{тж}} = 8 \times 10^{-4} \text{ 1/К}$, стальных стенок гидроцилиндра - $\beta_{\text{тс}} = 36 \times 10^{-6} \text{ 1/К}$. Модуль упругости жидкости $E_{\text{ж}} = 1250 \text{ МПа}$. Цилиндр считать абсолютно герметичным.

От каких факторов зависит величина изменения давления в цилиндре?

Какие изменения необходимо внести в конструкцию цилиндра, чтобы давление в нем при нагреве не изменялось? Обоснуйте предлагаемое решение расчетами для цилиндра, имеющего следующие внутренние размеры до нагрева: диаметр - 5 см, а длина - 10 см.

Задача 2

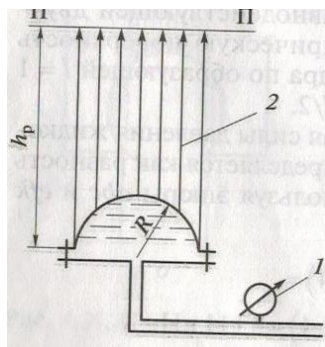
Определить инерционное давление топлива с плотностью 800 кг/м^3 в трубопроводе длиной (вдоль продольной оси самолета) 10 м, если среднее ускорение самолета при разбеге по полосе равно 2 м/с^2 , и направления движения топлива и самолета совпадают.

Какое влияние оно может оказать на работу топливных насосов и гидромеханической системы регулирования двигателей? Какие действия в связи с этим необходимо выполнить в случае нарушения работоспособности системы регулирования?

Задача 3

Топливный фильтр, имеющий форму цилиндра с диаметром 10 см, закрыт сверху крышкой в виде полусферы, крепящейся с помощью восьми болтов к корпусу фильтра. Определить силу разрыва, действующую на болт, если манометрическое давление топлива $50 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$. Плотность топлива 800 кг/м^3 .

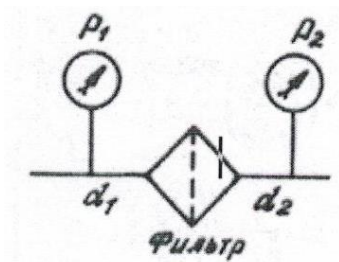
Как в эксплуатации учитывается действие силы давления топлива на крышку фильтра для обеспечения его герметичности?



Расчетная схема: 1-манометр; 2-тело давления; П-П-пьезометрическая плоскость

Задача 4

Определить местные потери давления на фильтре, установленном в трубопроводе, если расход жидкости 1 л/с, показания манометров $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и $P_2 = 0,25 \text{ МПа}$, диаметр трубопроводов $d_1 = 5 \text{ мм}$, $d_2 = 10 \text{ мм}$. Кинематический коэффициент вязкости жидкости равен $0,4 \text{ см}^2/\text{с}$, плотность - 1000 кг/м^3 . Потерями на трения по длине пренебречь.



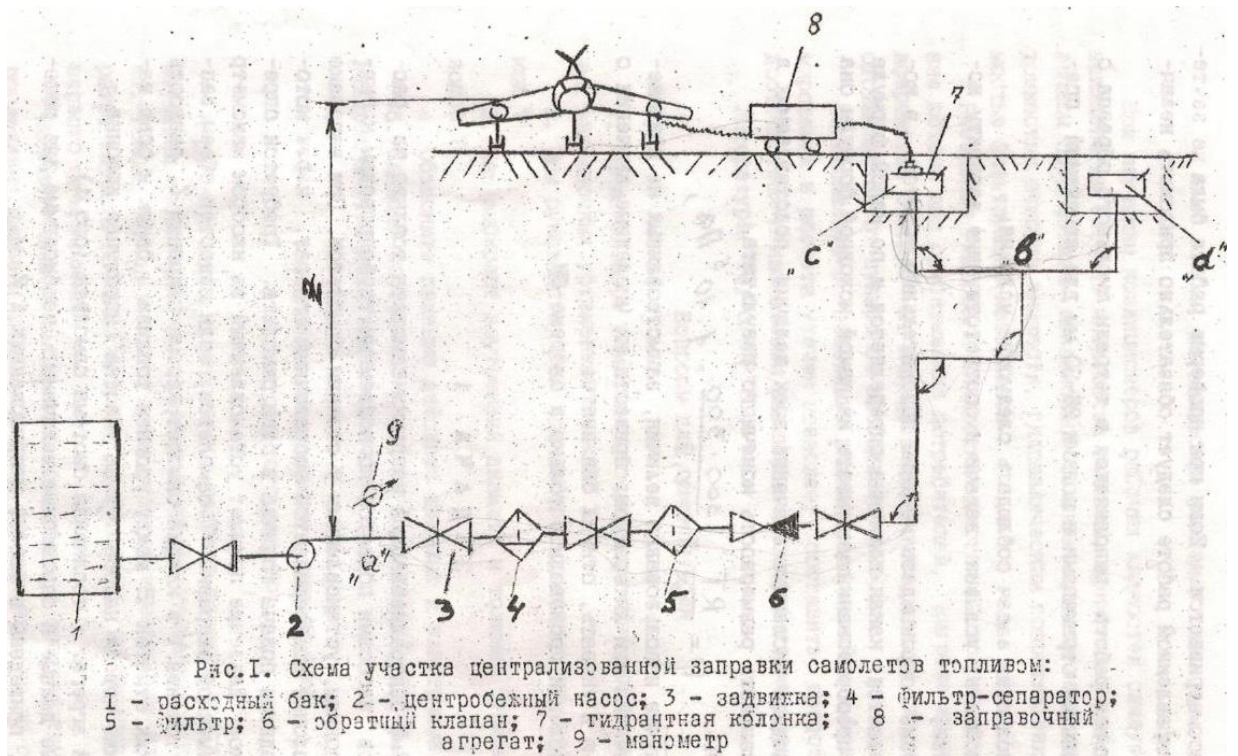
Как будут изменяться показания манометра P_2 при загрязнении фильтра, если диаметры трубопроводов будут одинаковые? Обоснуйте свой ответ, используя уравнение Бернулли. Как это отразится на свойствах жидкости и дальнейшей эксплуатации данной жидкостной системы?

Задача 5

В системе централизованной заправки самолетов топливо из расходных баков насосами подается по подземным трубопроводам к гидрантным колонкам, установленным у мест стоянки самолета. При заправке к каждой колонке подсоединяется заправочный агрегат, через который производится подача топлива в баки самолета. Требуется определить, какое давление покажет установленный за насосом манометр, если в баки самолета заправляется 110 м^3 топлива за время 45 мин? Разность геодезических отметок Z между уровнем топлива в баках и осью насоса составляет 23 м, а потеря напора Δh_{c-t} на участке гидрантная колонка – заправочный агрегат – топливный бак равна 111 м кер. ст.

Участок трубопровода $a-b$, длиной 3 км, имеет внутренний диаметр 259 мм, а участок $b-c$, длиной 40 м, - диаметр 205 мм. Кинематический коэффициент вязкости топлива равен $1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, плотность топлива - 800 кг/м^3 .

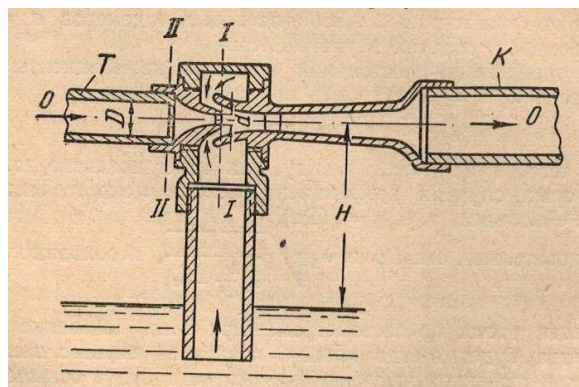
Давление над свободной поверхностью топлива в баке равно атмосферному давлению.



Укажите, от каких факторов зависит давление за насосом? Сколько механической энергии должен иметь 1 м^3 топлива в точке *a*, чтобы переместиться из нее в бак самолета? На что указывает рост манометрического давления в процессе заправки самолета?

Задача 6

Требуется определить, на какую высоту H можно эжектором поднять воду из бака, если в эжектор поступает вода после насоса с давлением $P = 0,21 \text{ МПа}$ в количестве 35 л/сек . Размеры эжектора: $D = 100 \text{ мм}$, $d = 50 \text{ мм}$. Потерями энергии в эжекторе можно пренебречь, коэффициент Кориолиса принять равным $1,1$, плотность воды 1000 кг/м^3 .

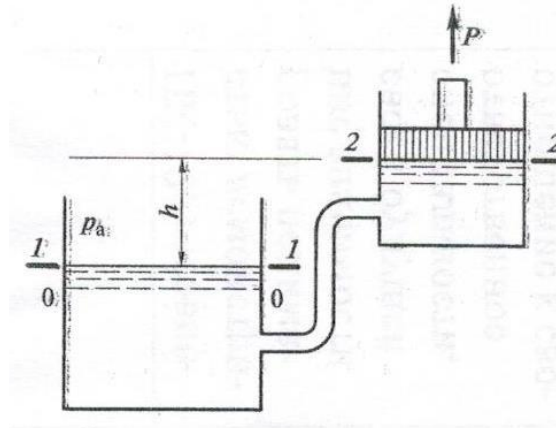


Что нужно сделать, чтобы увеличить высоту подъема жидкости из бака, используя этот же эжектор? Какое влияние на величину вакуума оказывает минимальное сечение эжектора, и почему в эксплуатации необходимо обеспечивать его чистоту?

Задача 7

Вода с температурой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ поднимается из бака по трубопроводу с помощью поршня диаметром 200 мм , движущимся равномерно вверх. Внутренний диаметр трубопровода 40 мм , его длина 10 м , коэффициент трения $\lambda=0,03$, коэффициенты местных сопротивлений ξ : на входе - $0,5$, на поворотах - $0,4$, на выходе - 1 .

Атмосферное давление в баке над водой и над поршнем равно $0,1\text{ МПа}$. Весом поршня и его трением при решении задачи можно пренебречь. Плотность воды равна 1000 кг/м^3 . Коэффициент Кориолиса в уравнении Бернулли можно принять равным $1,1$.

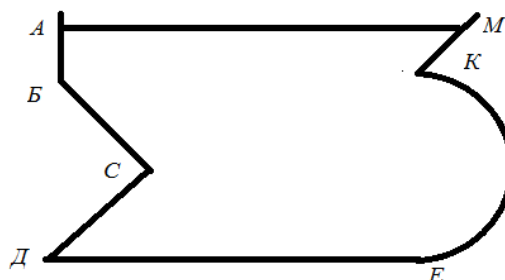


Требуется определить:

- с какой скоростью должен подниматься вверх поршень, если при подъеме воды на высоту $h = 2\text{ м}$ сила P , потребная для перемещения поршня вверх, составляет 200 кГс ;
- до какой высоты h можно поднимать поршень, без нарушения сплошности воды в цилиндре, с такой же равномерной скоростью подъема, если давление насыщения при температуре воды 20°C составляет $2,34\text{ кПа}$;
- какая сила P должна быть приложена к поршню в момент наступления кавитации;
- объясните, почему поршень не может поднять жидкость на высоту больше h , и как это влияет на высотность жидкостной системы?

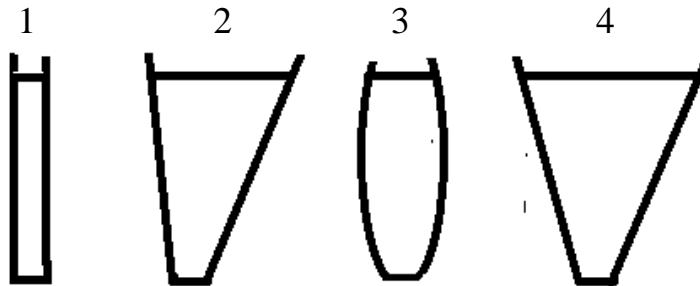
Задача 8

Построить эпюру гидростатического давления жидкости на заданный участок поверхности сосуда.



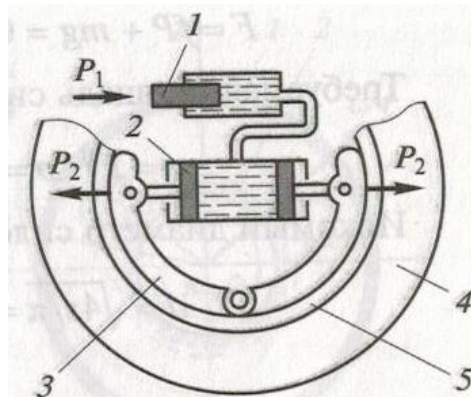
Задача 9

Четыре сосуда с одинаковой площадью дна заполнены одинаковой жидкостью с равной глубиной. Укажите, в каких сосудах будет самая маленькая, самая большая и одинаковая сила гидростатического давления жидкости на дно?



Задача 10

Найти силу прижатия тормозных колодок 3 к барабану 4, если диаметр поршня тормозного цилиндра 1 в 3 раза меньше диаметра поршня колесного цилиндра 2 и равен 15 мм, а действующая на него сила P_1 от педали тормоза 200 Н.

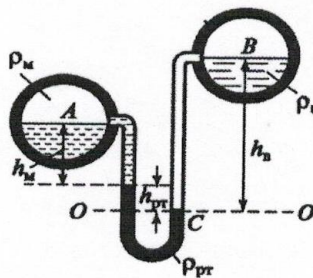


Примерный вариант контрольной работы

Работа №1

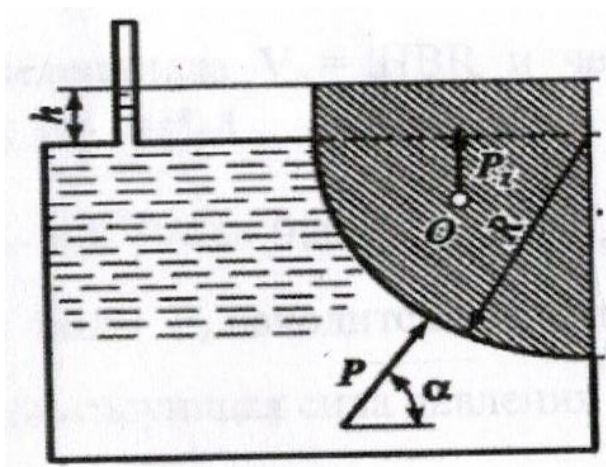
Задача 1

Два горизонтальных трубопровода A и B содержат соответственно масло плотностью 900 кг/м^3 и воду плотностью 1000 кг/м^3 . Определить давление на оси трубопровода B , если гидростатическое давление на оси трубопровода A равно $0,12 \text{ МПа}$. Показания ртутного дифференциального манометра, установленного между трубопроводами, следующие: $h_m = 0,35 \text{ м}$, $h_{рт} = 0,46 \text{ м}$, $h_B = 1,05 \text{ м}$. Плотность ртути 13600 кг/м^3 .



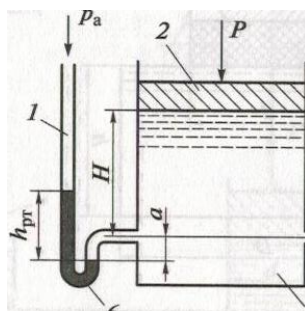
Задача 2

Определить силу давления P керосина на цилиндрическую стенку закрытого резервуара с избыточным давлением и угол наклона к горизонту линии действия этой силы α . Радиус цилиндрической стенки 2 м, ширина стенки 3 м, высота уровня воды в пьезометре, установленном на верхней крышке резервуара $h = 1$ м. Плотность топлива - 800 кг/м^3 .



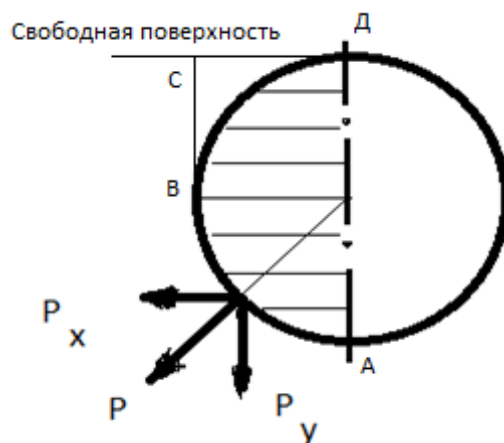
Задача 3

Определить давление топлива в гидроцилиндре на глубине H при следующих показаниях ртутного манометра: $h_{рт} = 0,7$ м, $a = 0,2$ м. Плотность топлива - 800 кг/м^3 , плотность ртути - $13\,600 \text{ кг/м}^3$, атмосферное давление - $0,1 \text{ МПа}$.



Задача 4

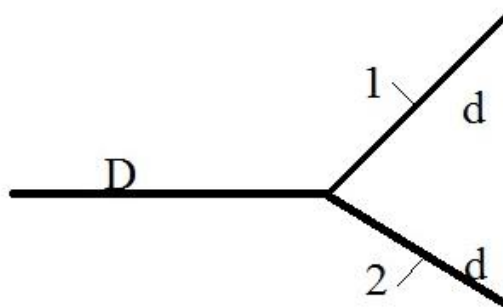
Горизонтальная цистерна диаметром 3м и длиной 8м полностью заполнена керосином. Найти горизонтальную составляющую P_x силы давления керосина на половину внутренней криволинейной поверхности цистерны, а также силу P полного давления жидкости на эту поверхность и ее направление к горизонту, если давление на поверхности керосина равно атмосферному. Плотность топлива - 800 кг/м^3 .



Работа №2

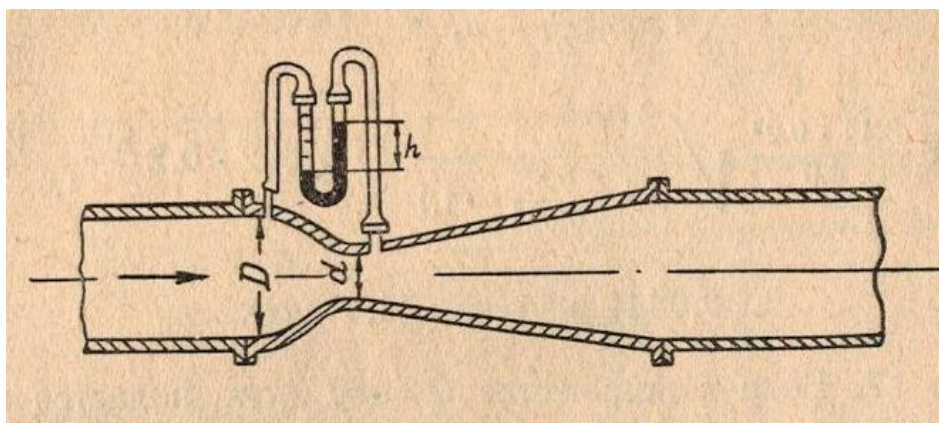
Задача 1

Трубопровод диаметром D разветвляется на два трубопровода с диаметром d_1 и d_2 . Определить диаметр d_2 трубопровода 2, если известны диаметр D и d_1 , а также известно, что после разветвления скорость жидкости в первом трубопроводе увеличилась в два раза, а во втором уменьшилась в два раза.



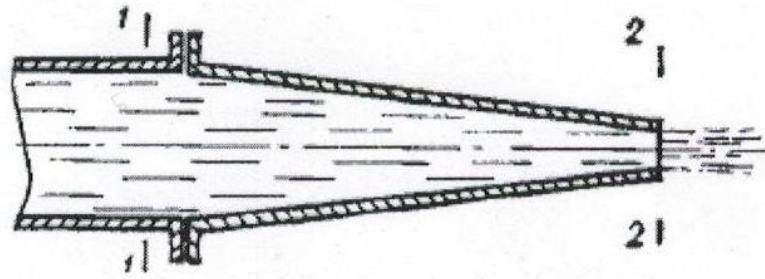
Задача 2

Расходомер Вентури с диаметрами $D = 200$ мм и $d = 80$ мм установлен в трубопроводе, по которому движется идеальная (невязкая) жидкость - вода с плотностью 1 т/м^3 . Определить расход воды, если показание дифференциального манометра, заполненного ртутью и водой, равно $h = 250$ мм. Плотность ртути - $13\,600 \text{ кг/м}^3$.



Задача 3

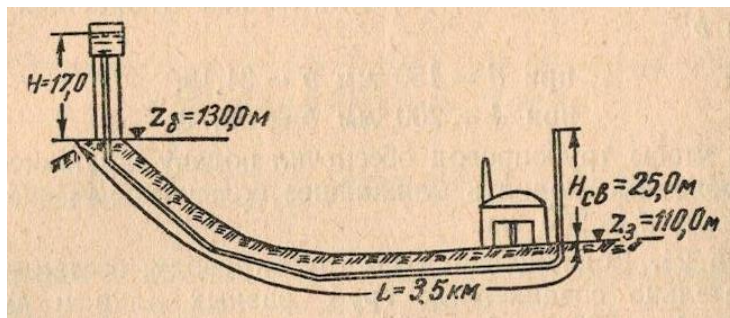
Определить манометрическое давление в сечении 1-1 горизонтально расположенного соплагидромонитора, необходимое для получения скорости воды в выходном сечении 2-2 равной 25 м/с , если скорость воды в сечении 1-1 равна $2,5 \text{ м/с}$. Потерями энергии между сечениями можно пренебречь. Во сколько раз диаметр выходного сечения сопла гидромонитора должен быть меньше входного диаметра?



Задача 4

Вода из водонапорной башни подается к заводу по трубопроводу длиной $L = 3,5$ км. Геодезические отметки земли Z в месте установки водонапорной башни и завода известны (показаны на рисунке). Расстояние от земли до уровня воды в башне $H = 17$ м.

Какой должен быть диаметр трубопровода, чтобы при потребном напоре воды у завода $H_{св} = 25$ м обеспечивался расход воды 80 л/с?



Характеристики используемого трубопровода приведены в таблице.

Значения величин C , λ , a , K и b^* для круглых труб, подсчитанных по полной формуле акад. Н. Н. Павловского при $n = 0,012$

| d , м | C | λ | a | K , м ³ /сек | b |
|---------|-------|-----------|---------|---------------------------|---------|
| 0,050 | 44,79 | 0,0391 | 0,00323 | 0,00987 | 10340,0 |
| 0,075 | 47,45 | 0,0349 | 0,00288 | 0,0287 | 1214,0 |
| 0,100 | 49,46 | 0,0321 | 0,00265 | 0,0614 | 265,0 |
| 0,125 | 51,07 | 0,0301 | 0,00249 | 0,111 | 81,60 |
| 0,150 | 52,42 | 0,0286 | 0,00236 | 0,179 | 31,18 |
| 0,200 | 54,62 | 0,0263 | 0,00217 | 0,384 | 6,78 |
| 0,250 | 56,40 | 0,0247 | 0,00204 | 0,692 | 2,11 |
| 0,300 | 57,90 | 0,0234 | 0,00193 | 1,121 | 0,794 |
| 0,350 | 59,18 | 0,0224 | 0,00185 | 1,684 | 0,354 |
| 0,400 | 60,31 | 0,0216 | 0,00178 | 2,397 | 0,174 |
| 0,450 | 61,35 | 0,0209 | 0,00172 | 4,259 | 0,0932 |
| 0,500 | 62,28 | 0,0202 | 0,00167 | 4,324 | 0,0532 |
| 0,600 | 63,91 | 0,0192 | 0,00159 | 6,999 | 0,0204 |
| 0,700 | 65,32 | 0,0184 | 0,00152 | 10,517 | 0,00904 |
| 0,800 | 66,58 | 0,0177 | 0,00146 | 14,965 | 0,00495 |
| 0,900 | 67,70 | 0,0171 | 0,00141 | 20,430 | 0,00239 |
| 1,000 | 68,72 | 0,0166 | 0,00137 | 26,485 | 0,00137 |

Задачу решать с использованием расходной характеристики трубопровода.

9.6.2 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Плотность и удельный вес капельной жидкости
2. Температурное расширение жидкости
3. Сжимаемость жидкости
4. Растворимость газов в жидкости
5. Вязкость жидкости. Коэффициенты вязкости
6. Идеальная жидкость и условия равновесного состояния жидкости
7. Силы, действующие в неподвижной жидкости. Сила гидростатического давления
8. Гидростатическое давление и его свойства.
9. Основное уравнение гидростатики
10. Приборы для измерения давления
11. Свободная поверхность, плоскость сравнения и пьезометрическая плоскость, геометрическая и пьезометрическая высота, пьезометрический напор и его энергетический смысл.
12. Закон Паскаля и его практическое применение
13. Эпюра гидростатического давления
14. Сила давления жидкости на плоскую стенку
15. Центр давления и его определение для плоской стенки при атмосферном и избыточном давлении на свободную поверхность
16. Сила давления жидкости на криволинейную стенку
17. Тело давления и его объем. Реальное и фиктивное тело давления
18. Закон Архимеда
19. Гидростатическое давление при относительно равновесии (покое) жидкости
20. Инерционное давление жидкости
21. Расчет трубопроводов с избыточным давлением жидкости.
22. Понятие рабочего, условного и пробного давления трубопроводных сетей
23. Основные понятия кинематики: виды движения, траектория и линия тока, трубка тока и живое сечение трубки и потока жидкости
24. Гидравлический радиус и гидравлический диаметр
25. Режимы течения жидкостей
26. Расход жидкости и уравнение для его определения

27. Число Рейнольдса и его использование для определения режима течения
28. Уравнение неразрывности (сплошности) потока
29. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости
30. Уравнение Бернулли для реальной жидкости
31. Трубка полного давления (трубка Пито)
32. Трубка Пито - Прандтля
33. Расходомер Вентури
34. Гидравлические сопротивления трения. Формула Дарси-Вейсбаха
35. Местные сопротивления. Формула Вейсбаха
36. Гидравлический уклон и эквивалентная длина трубы
37. Характеристика участка сети в области гидравлически гладких труб
38. Характеристика участка сети в области развитой турбулентности
39. Характеристика сети с последовательным соединением участков
40. Характеристика сети с параллельным соединением трубопроводов
41. Течение жидкости через щели микронных размеров
42. Явление облитерации щелей
43. Течение жидкости через щели с лабиринтными канавками
44. Кавитация, ее последствия и способы повышения высоты системы
45. Понятия о гидравлическом ударе, их виды и способы защиты
46. Скорость распространения ударной волны и расчет давления при положительном гидроударе.
47. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре
48. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при переменном напоре
49. Анализ времени истечения жидкости через малое отверстие при постоянном и переменном напорах
50. Истечение жидкости через большое отверстие
51. Истечение жидкости через затопленное отверстие при постоянных напорах
52. Назначение и типы насадок
53. Истечение жидкости через цилиндрические насадки
54. Истечение жидкости через насадки с изменяющимся сечением
55. Виды трубопроводов. Первая «водопроводная» формула.
56. Формула и коэффициент Шези
57. Вторая «водопроводная» формула

58. Расходная характеристика трубопровода и ее использование при определении расхода и потерь энергии при последовательном соединении трубопроводов
59. Расходная характеристика трубопровода и ее использование при определении расхода и потерь энергии при параллельном соединении трубопроводов
60. Назначение эжектора и его расчет
61. Назначение сифона и его расчет
62. Гидравлический расчет разветвленных трубопроводов

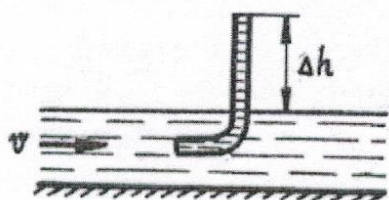
Типовые расчетные задачи для проведения промежуточной аттестации

Задача 1

Определить, при какой температуре бензина в трубопроводе диаметром 1 см произойдет смена режима, если расход бензина при температуре 15 °С 1,7 л/мин, а кинематический коэффициент вязкости меняется по линейному закону и при $t = 40\text{ °С}$ равен $6 \cdot 10^{-3}\text{ см}^2/\text{с}$, а при $t = -40\text{ °С}$ равен 2 сСт.

Задача 2

Трубка полного давления помещена в поток жидкости, движущийся в открытом канале. Жидкость поднялась в трубке на высоту $\Delta h = 0,4\text{ м}$. На какую высоту поднимется жидкость в трубке, если скорость движения жидкости увеличится в два раза?

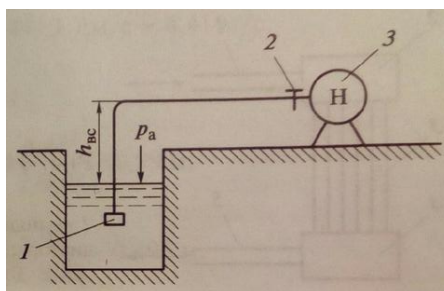


Задача 3

В системе централизованной заправки самолетов топливо из подземного резервуара забирается насосом и подается в баки самолета в количестве 110 м^3 за 45 мин.

Требуется определить абсолютное давление топлива перед насосом, если диаметр всасывающего трубопровода составляет 400 мм, длина - 30 м. На трубопроводе установлена задвижка 2 с коэффициентом местного сопротивления $\xi_3 = 0,2$, имеется один поворот на 90 градусов с $\xi_{\text{п}} = 0,3$, и установлена фильтрующая сетка 1 и обратный клапан на входе в трубопровод с коэффициентом местного сопротивления входного участка трубы $\xi_{\text{в}} = 8$. Ось насоса 3 расположена выше уровня топлива в подземном резервуаре на величину

$h = 4$ м. Уровень топлива в резервуаре можно считать неизменным. Атмосферное давление $P_a = 760$ мм рт. ст.



Сколько механической энергии будет у 1 м^3 топлива перед насосом? Какой вакуум должен создаваться насосом во всасывающем патрубке?

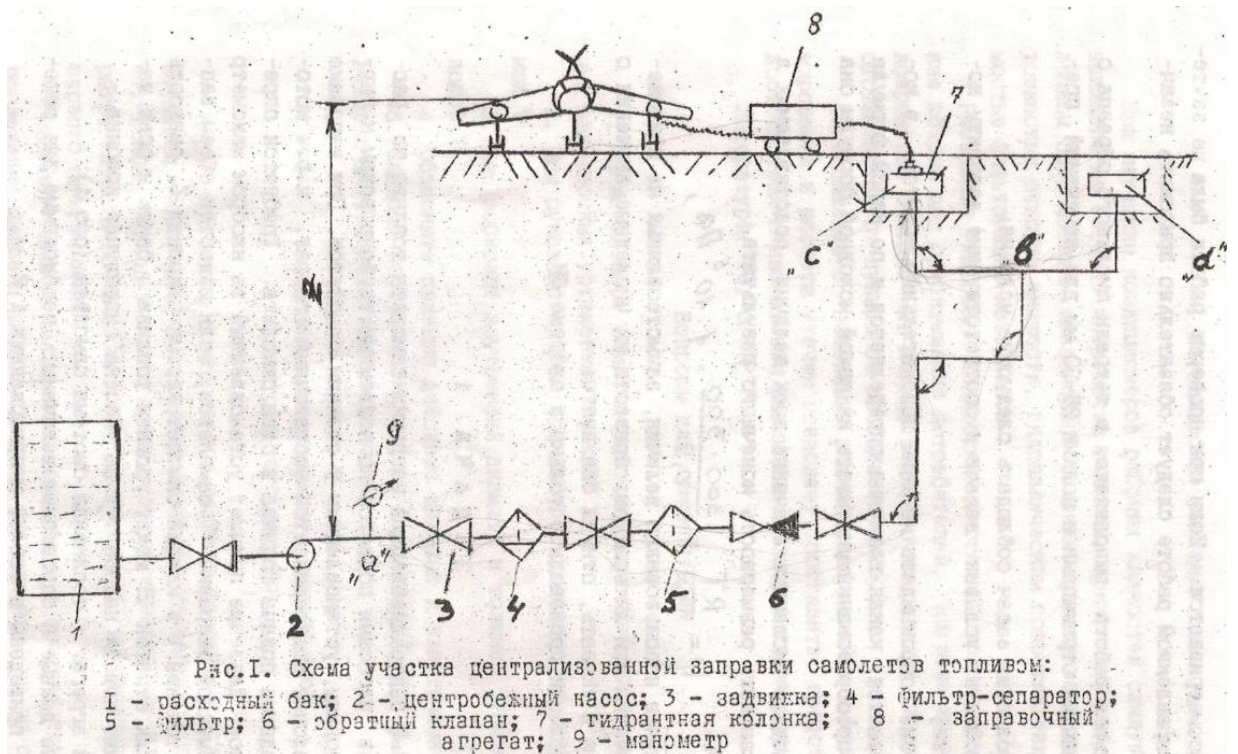
Типовые ситуационные задачи для проведения промежуточной аттестации

Задача 1

В системе централизованной заправки самолетов топливо из расходных баков насосами подается по подземным трубопроводам к гидрантным колонкам, установленным у мест стоянки самолета. При заправке к каждой колонке подсоединяется заправочный агрегат, через который производится подача топлива в баки самолета. Требуется определить, какое давление покажет установленный за насосом манометр, если в баки самолета заправляется 110 м^3 топлива за время 45 мин? Разность геодезических отметок Z между уровнем топлива в баках и осью насоса составляет 23 м, а потеря напора $\Delta h_{c-т}$ на участке гидрантная колонка – заправочный агрегат – топливный бак равна 111 м кер. ст.

Участок трубопровода $a-b$, длиной 3 км, имеет внутренний диаметр 259 мм, а участок $b-c$, длиной 40 м, - диаметр 205 мм. Кинематический коэффициент вязкости топлива равен $1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, плотность топлива - 800 кг/м^3 .

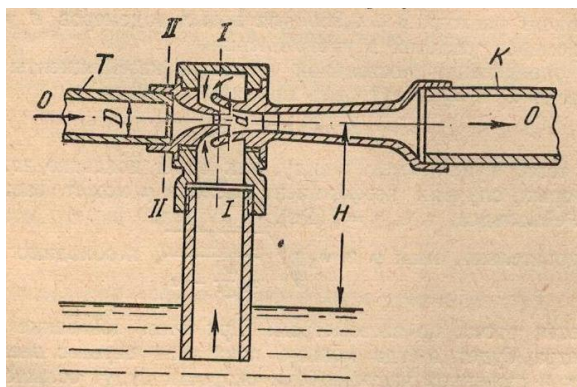
Давление над свободной поверхностью топлива в баке равно атмосферному давлению.



Укажите, от каких факторов зависит давление за насосом? Сколько механической энергии должен иметь 1 м^3 топлива в точке *a*, чтобы переместиться из нее в бак самолета? На что указывает рост манометрического давления в процессе заправки самолета?

Задача 2

Требуется определить, на какую высоту H можно эжектором поднять воду из бака, если в эжектор поступает вода после насоса с давлением $P = 0,21 \text{ МПа}$ в количестве 35 л/сек . Размеры эжектора: $D = 100 \text{ мм}$, $d = 50 \text{ мм}$. Потерями энергии в эжекторе можно пренебречь, коэффициент Кориолиса принять равным $1,1$, плотность воды 1000 кг/м^3 .

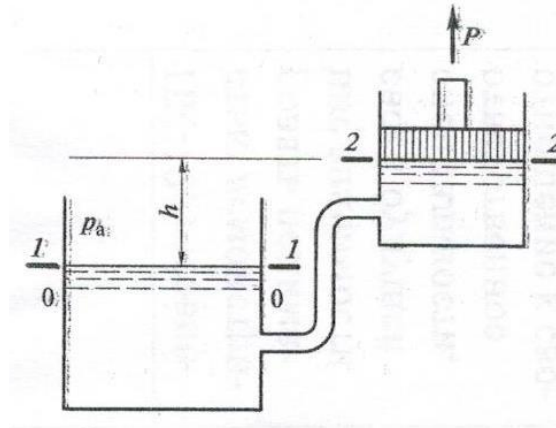


Что нужно сделать, чтобы увеличить высоту подъема жидкости из бака, используя этот же эжектор? Какое влияние на величину вакуума оказывает минимальное сечение эжектора, и почему в эксплуатации необходимо обеспечивать его чистоту?

Задача 3

Вода с температурой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ поднимается из бака по трубопроводу с помощью поршня диаметром 200 мм , движущимся равномерно вверх. Внутренний диаметр трубопровода 40 мм , его длина 10 м , коэффициент трения $\lambda=0,03$, коэффициенты местных сопротивлений ξ : на входе - $0,5$, на поворотах - $0,4$, на выходе - 1 .

Атмосферное давление в баке над водой и над поршнем равно $0,1\text{ МПа}$. Весом поршня и его трением при решении задачи можно пренебречь. Плотность воды равна 1000 кг/м^3 . Коэффициент Кориолиса в уравнении Бернулли можно принять равным $1,1$.



Требуется определить:

- с какой скоростью должен подниматься вверх поршень, если при подъеме воды на высоту $h = 2\text{ м}$ сила P , необходимая для перемещения поршня вверх, составляет 200 кГс ;
- до какой высоты h можно поднимать поршень, без нарушения сплошности воды в цилиндре, с такой же равномерной скоростью подъема, если давление насыщения при температуре воды 20°C составляет $2,34\text{ кПа}$;
- какая сила P должна быть приложена к поршню в момент наступления кавитации;
- объясните, почему поршень не может поднять жидкость на высоту больше h , и как это влияет на высотность жидкостной системы?

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Гидравлика» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения, обеспечивающих реализацию содержания и учебно-воспитательных целей дисциплины, которая может быть представлена как некоторая методическая система, включающая методы, приемы и средства обучения. Такой подход позволяет более качественно подойти к вопросу освоения дисциплины обучающимися.

Учебные занятия начинаются и заканчиваются по времени в соответствии с утвержденным режимом СПб ГУГА в аудиториях согласно семестровым расписаниям теоретических занятий. На занятиях, предусмотренных расписанием, обязаны присутствовать все обучающиеся.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам. Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки и экономики, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах. Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития. Именно на лекции формируется научное мировоззрение обучающегося, закладываются теоретические основы фундаментальных знаний будущего управленца, стимулируется его активная познавательная деятельность, решается целый ряд вопросов воспитательного характера.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Особое место в лекционном курсе по дисциплине занимают вводная и заключительная лекции.

Вводная лекция должна давать общую характеристику изучаемой дисциплины, подчеркивать новизну проблем, указывать ее роль и место в системе изучения других дисциплин, раскрывать учебные и воспитательные цели и кратко знакомить обучающихся с содержанием и структурой курса, а также с организацией учебной работы по нему. Заключительная лекция должна давать научно-практическое обобщение изученной дисциплины, показывать перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков при решении профессиональных задач. Основным содержанием этих занятий является практическая работа каждого обучающегося. Назначение практических занятий – закрепление, углубление и комплексное применение на практике теоретических знаний, выработка умений и навыков

обучающихся в решении практических задач. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Практические занятия проводятся по наиболее сложным вопросам дисциплины и имеют целью углубленно изучить ее содержание, привить обучающимся навыки самостоятельного поиска и анализа информации, умение делать обоснованные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 3 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики» «24» ноября 2023 года, протокол № 4.

Разработчики:

к.т.н., доцент



Иванов Д.А.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 24 «Авиационной техники и диагностики»

к.т.н., доцент



Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент



Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «22» 11 2022 года, протокол № 3.