

**Приложение 4 Фонд оценочных средств учебных дисциплин**  
к ОПОП по специальности  
08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования  
и систем газоснабжения

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОП.06 ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ, ТЕПЛОТЕХНИКИ И**  
**АЭРОДИНАМИКИ**

Регистрационный №21МЭГ/29ФОС

Санкт-Петербург  
2021

Фонд оценочных средств по учебной дисциплине ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики составлен на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения, утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ от 05.02.2018 №68.

**Разработчик:**

О.А. Беднарская – преподаватель СПб ГБПОУ «АПТ»

Фонд оценочных средств по учебной дисциплине ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики рассмотрен на заседании учебной цикловой комиссии машиностроения.

Фонд оценочных средств соответствует требованиям к содержанию, структуре, оформлению.

Протокол №10 от 01.06.2021

Председатель УЦК      С.В. Самуилов

Фонд оценочных средств одобрен на заседании Педагогического совета и рекомендован к использованию в учебном процессе.

Протокол №1 от 31.08.2021

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
1.1. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке.....	3
2. ФОРМА И УСЛОВИЯ АТТЕСТАЦИИ .....	4
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К АТТЕСТАЦИИ .....	12
3.2.1. Основная литература .....	12
3.2.2. Дополнительная литература.....	12
3.2.3. Интернет-ресурсы .....	12
Приложение №1 .....	13
Приложение №2 .....	17

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Фонд оценочных средств (ФОС) разработан в соответствии с требованиями образовательной программы подготовки специалистов среднего звена (ОП ПССЗ) и Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения.

Фонд оценочных средств предназначен для оценки достижения запланированных по дисциплине ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики результатов обучения.

ФОС включает контрольные оценочные материалы для проведения **текущего контроля и промежуточной аттестации**.

Учебная дисциплина ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики читается в **6 семестре**.

Условием допуска к промежуточной аттестации в форме **дифференцированного зачета является успешное освоение обучающимися** всех элементов программы учебной дисциплины.

## 1.1. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке.

Комплект оценочных материалов позволяет оценить следующие результаты освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС специальности 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения и рабочей программой:

### Умения:

- определять параметры при гидравлическом расчете трубопроводов, воздухопроводов;
- строить характеристики насосов и вентиляторов;
- применять уравнения Бернулли;
- определять параметры пара по диаграмме.

### Знания:

- режимы движения жидкости;
- гидравлический расчет простых трубопроводов;
- видов и характеристик насосов и вентиляторов;
- способы теплопередачи и теплообмена;
- основные свойства жидкости;
- формулы для расчета гидростатического давления на плоские и криволинейные стенки;
- методы борьбы с гидравлическим ударом;
- параметры пара, теплопроводность.

Вышеперечисленные умения, знания направлены на формирование у студентов следующих **общих (ОК) компетенций**:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно

- к различным контекстам
- ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
  - ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие
  - ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами
  - ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
  - ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей
  - ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
  - ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

**и следующих профессиональных (ПК) компетенций:**

- ПК 1.1. Конструировать элементы систем газораспределения и газопотребления
- ПК 1.2. Выполнять расчет систем газораспределения и газопотребления
- ПК 1.3. Составлять спецификацию материалов и оборудования на системы газораспределения и газопотребления

## **2. ФОРМА И УСЛОВИЯ АТТЕСТАЦИИ**

Название дисциплины	Форма контроля оценивания	
	Промежуточная аттестация	Текущий контроль
ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики	6 семестр Дифференцированный зачет	Оценка результатов выполнения практических работ

### **2.1. Задания для текущего контроля**

Текущий контроль успеваемости представляет собой проверку усвоения учебного материала, регулярно осуществляемую на протяжении курса обучения.

Текущий контроль результатов учебной дисциплины ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики в соответствии с рабочей программой и календарно - тематическим планом происходит при использовании следующих форм контроля:

- выполнение и защита практических работ,
- проверка выполнения самостоятельной работы студентов.

Во время проведения учебных занятий дополнительно используются следующие формы текущего контроля – устный опрос, решение задач.

Образец практических работ - см. Приложение 1

## Выполнение и проведение практических работ

Практические работы проводятся с целью усвоения и закрепления практических умений и знаний. В ходе практической работы студенты приобретают умения предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, учатся определять физические свойства жидкости, определять давление рабочей жидкости, режимы движения жидкости, учатся определять параметры при гидравлическом расчете трубопроводов, воздухопроводов, строить характеристики насосов и вентиляторов, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания.

Список практических работ:

- Практическая работа «Определение физических свойств жидкости»;
- Практическая работа «Гидравлический расчет простого трубопровода»;
- Практическая работа «Изучение характеристик насосов»
- Практическая работа «Изучение характеристик вентиляторов»
- Практическая работа «Определение параметров пара»;
- Практическая работа «Применение первого и второго закона термодинамики».

Содержание и этапы проведения практических работ представлены в методических указаниях по проведению практических работ.

### Критерии оценки знаний студентов при выполнении практических работ.

При оценивании выполнения практической работы студентом учитываются следующие показатели:

- качество выполнения задания работы (выполнение работы в соответствии с заданием, правильность результатов работы);
- качество оформления отчета по работе (оформление отчета в соответствии с требованиями методических рекомендаций, правильность и четкость формулировки выводов по результатам работы);
- качество и глубина устных ответов на контрольные вопросы.

При защите работы каждый показатель оценивается по 5-ти бальной шкале и выставляется средний балл по всем показателям.

**5 - «отлично»** выставляется в случае, если обучающийся самостоятельно и правильно выполнил все задания; правильно, с обоснованием сделал выводы по выполненной работе; правильно и доказательно ответил на все контрольные вопросы

**4 - «хорошо»** выставляется в случае, если обучающийся правильно выполнил все задания, но с помощью преподавателя; сделал выводы по выполненной работе; правильно ответил на все контрольные вопросы.

**3 - «удовлетворительно»** выставляется в случае, если обучающийся правильно выполнил задание, но с помощью преподавателя; сделал поверхностные выводы по выполненной работе; ответил не на все контрольные вопросы.

**2 - «неудовлетворительно»** выставляется в случае, если обучающийся неправильно выполнил задание; не сделал или сделал неправильные выводы по работе; не ответил на контрольные вопросы.

## 2.2. Задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики - **дифференцированный зачет** в виде итогового теста.

Студенты допускаются к сдаче дифференцированного зачета при выполнении всех практических работ, предусмотренных рабочей программой и календарно-тематическим планом учебной дисциплины ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики.

**Пример задания для промежуточной аттестации**

## **ИТОГОВЫЙ ТЕСТ**

**1. Наука, изучающая превращения энергии в процессах, сопровождающихся тепловыми эффектами, называется:**

- a) термодинамика
- b) гидростатика
- c) теплопередача

**2. Величина, характеризующая степень нагретости тела:**

- a) энергия
- b) давление
- c) температура

**3. При постоянной температуре удельные объемы газа обратно пропорциональны его давлениям:**

- a) закон Гей-Люссака
- b) закон Бойля-Мариотта
- c) закон Шарля

**4. При постоянном удельном объеме протекает процесс:**

- a) изобарный
- b) изохорный
- c) изотермический

**5. Плотность определяется по формуле:**

- a)  $\rho = m/V$
- b)  $\rho = V/m$
- c)  $\rho = m \cdot V$

**6. Единицы измерения теплоемкости:**

- a) Дж
- b) Дж/К
- c) Дж/кг\*К

**7. Из каких процессов состоит цикл Карно:**

- a) двух изохорных и двух адиабатных
- b) двух изотермических, адиабатного, изохорного
- c) двух изотермических и двух адиабатных

**8. Единицы измерения давления:**

- a)  $\text{кг/м}^3$
- b) К
- c) Па

**9. Процесс передачи энергии электромагнитными волнами, называется:**

- a) конвекция
- b) излучение
- c) теплопроводность

**10. Чему равняется коэффициент черноты и коэффициент поглощения для белого тела:**

- a)  $E = 1, \alpha = 1$
- b)  $E = \alpha$
- c)  $E = 0, \alpha = 0$

**11. Единицы измерения коэффициента теплопроводности:**

- a) Вт/м\*К

- b)  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$
- c)  $\text{Вт/м}$

**12. В каких теплообменных аппаратах передача теплоты от нагревающей жидкости к нагреваемой происходит сквозь твердую разделительную стенку:**

- a) рекуперативных
- b) смешивающих
- c) регенеративных

**13. С ростом температуры, вязкость газов:**

- a) уменьшается
- b) увеличивается
- c) остается неизменной

**14. Атмосферное давление измеряется:**

- a) манометрами
- b) вакуумметрами
- c) барометрами

**15. Для напорного движения жидкости в цилиндрических трубах круглого сечения число  $Re_{кр}$  равняется:**

- a) 2300
- b) 2200
- c) 3200

**16. Гидравлический удар возникает при:**

- a) резком увеличении скорости течения жидкости
- b) резком уменьшении скорости течения жидкости
- c) постепенном уменьшении скорости течения жидкости

**17. Машины, предназначенные для подъема и перемещения жидкостей, называют:**

- a) насосы
- b) вентиляторы
- c) компрессоры

**18. Нагнетатели, предназначенные для перемещения воздуха или других газов, называют:**

- a) насосы
- b) вентиляторы
- c) компрессоры

**19. Для подачи газа при больших напорах, применяют:**

- a) центробежные вентиляторы
- b) осевые вентиляторы
- c) центробежные и осевые вентиляторы

**20. Фазовый переход от газообразного состояния к жидкому, это:**

- a) конденсация
- b) испарение
- c) кипение

**21. Наука, изучающая законы равновесия жидкостей:**

- a) термодинамика
- b) гидростатика
- c) теплопередача

**22. Сила, действующая по нормали к поверхности тела и отнесенная к единице площади этой поверхности, называется:**

- a) энергия
- b) давление
- c) температура

**23. Удельный объем определяется по формуле:**

- a)  $v = m / V$

b)  $v = V / m$

c)  $v = m * V$

24. Единицы измерения объемной теплоемкости:

a) Дж/кг\*К

b) Дж/м<sup>3</sup>\*К

c) Дж/моль\*К

25. Термодинамическая система будет в равновесном состоянии, если во всех ее точках будут:

a) одинаковые масса и температура

b) одинаковые масса и давление

c) одинаковые давление и температура

26. Процесс переноса энергии при непосредственном соприкосновении частиц вещества при их тепловом движении, называется:

a) теплопроводность

b) излучение

c) конвекция

27. Единицы измерения коэффициента теплоотдачи:

a) Вт/м\*К

b) Вт/м<sup>2</sup>\*К

c) Вт/м

28. Кинематический коэффициент вязкости определяется по формуле:

a)  $\nu = \rho / \mu$

b)  $\nu = \mu / \rho$

c)  $\nu = \mu * \rho$

29. С ростом температуры вязкость капельных жидкостей:

a) уменьшается

b) увеличивается

c) остается неизменной

30. Избыточное давление измеряется:

a) манометрами

b) вакуумметрами

c) барометрами

31. Течение жидкости ламинарное, если:

a)  $Re > Re_{кр}$

b)  $Re = Re_{кр}$

c)  $Re < Re_{кр}$

32. Кавитация возникает, когда:

a) давление в каких-либо местах потока падает и становится ниже давления насыщения

b) давление в каких-либо местах потока возрастает и становится выше давления насыщения

c) давление в каких-либо местах потока становится равным давлению насыщения

33. Эжекторы и инжекторы относят к:

a) лопастным насосам

b) струйным насосам

c) объемным насосам

34. Количество жидкости, подаваемое насосом в единицу времени, называется:

a) производительностью насоса

b) напором насоса

c) высотой всасывания

35. Какие силы действуют на жидкость находящуюся в покое:

a) силы внутреннего трения, поверхностные и массовые

b) массовые и силы внутреннего трения

с) массовые и поверхностные

**36. При нормальных условиях:**

- a)  $T = 273 \text{ K}$ ,  $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$
- b)  $T = 237 \text{ K}$ ,  $P = 765 \text{ мм рт. ст.}$
- c)  $T = 760 \text{ K}$ ,  $P = 273 \text{ мм рт. ст.}$

**37. Уравнения состояния идеального газа:**

- a)  $PV = mRT$
- b)  $Pm = VRT$
- c)  $PR = mVT$

**38. Необходимое условие преобразования тепловой энергии в механическую в тепловых двигателях:**

- a) разность температур
- b) разность давления
- c) разность удельного объема

**39. Фазовый переход из жидкого состояния в газообразное, это:**

- a) конденсация
- b) кипение
- c) испарение

**40. Процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частей тела, имеющих различные температуры, называется:**

- a) теплопроводность
- b) излучение
- c) конвекция

**41. Удельный вес определяется по формуле:**

- a)  $\gamma = mg/V$
- b)  $\gamma = V/mg$
- c)  $\gamma = Vmg$

**42. С ростом температуры силы поверхностного натяжения, действующие на поверхность жидкости:**

- a) увеличиваются
- b) уменьшаются
- c) остаются неизменными

**43. Разрежение газа относительно атмосферного давления, измеряют:**

- a) манометрами
- b) вакуумметрами
- c) барометрами

**44. Трубопроводы, в которых жидкость из основной магистрали подается в боковые ответвления и обратно в магистраль не поступает, называются:**

- a) параллельные
- b) разветвленные
- c) кольцевые

**45. При испарении температура жидкости:**

- a) повышается
- b) остается неизменной
- c) понижается

**46. Смесь сухого пара с капельками жидкости, называется:**

- a) влажным насыщенным паром
- b) перегретым водяным паром
- c) насыщенным паром

**47. Поршневые, роторные, крыльчатые насосы относят к:**

- a) лопастным насосам

- b) струйным насосам
- c) объемным насосам

**48. Удельная энергия, которую получает от двигателя жидкость, прошедшая через насос - это:**

- a) расход насоса
- b) напор насоса**
- c) мощность насоса

**49. Объем воздуха, перемещаемый вентилятором в единицу времени – это:**

- a) полное давление
- b) потребляемая мощность
- c) подача**

**50. Температура, равная температуре кипения, называется:**

- a) температурой насыщения**
- b) критической температурой
- c) абсолютной температурой

### ЭТАЛОН ОТВЕТОВ К ИТОГОВОМУ ТЕСТУ:

№ п/п	Ответ	Количество баллов
1	a	2 балла
2	c	2 балла
3	b	2 балла
4	b	2 балла
5	a	2 балла
6	b	2 балла
7	c	2 балла
8	c	2 балла
9	b	2 балла
10	c	6 баллов
11	a	2 балла
12	a	2 балла
13	b	2 балла
14	c	2 балла
15	a	2 балла
16	b	2 балла
17	a	2 балла
18	b	2 балла
19	a	2 балла
20	a	2 балла
21	b	2 балла
22	b	2 балла
23	b	2 балла
24	b	2 балла
25	c	2 балла
26	a	2 балла
27	b	2 балла
28	b	2 балла
29	a	2 балла
30	a	2 балла
31	c	2 балла

32	a	2 балла
33	b	2 балла
34	a	2 балла
35	c	2 балла
36	a	2 балла
37	a	2 балла
38	a	2 балла
39	c	2 балла
40	a	2 балла
41	a	2 балла
42	b	2 балла
43	b	2 балла
44	b	2 балла
45	c	2 балла
46	a	2 балла
47	c	2 балла
48	b	2 балла
49	c	2 балла
50	a	2 балла
<b>Итого:</b>		<b>100 баллов</b>

**Критерии оценки знаний студентов при выполнении итогового теста**

Общее число существенных операций в тесте – **100 (сто) баллов.**

90-100 баллов - (90-100 %) – **отметка «5»**

80-90 баллов - (80-90 %) – **отметка «4»**

70-80 баллов - (70-80 %) – **отметка «3»**

Менее 70 баллов - (менее 70 %) – **отметка «2»**

Оценочный лист для дифференцированного зачета - см. приложение №2.

### **3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К АТТЕСТАЦИИ**

#### **3.2.1. Основная литература**

1. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: учебник/ О.Н. Брюханов, А.Т. Мелик-Аракелян, В.И. Коробко. – Москва ИНФРА-М, 2023.– 254с. (Среднее профессиональное образование).

2. Ерофеев В.Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена: учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 308 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06945-7.

3. Ерофеев В.Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты: учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 199 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06943-3.

4. Теплотехника. Практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев [и др.]; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 395 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06939-6.

#### **3.2.2. Дополнительная литература**

1. Бражников В.В. Гидравлика, пневматика и термодинамика: [курс лекций для студентов образовательных учреждений СПО / В.В. Бражников [и др.]; ред. В. М. Филин. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. - 320 с. - (Профессиональное образование). – Текст: непосредственный.

#### **3.2.3. Интернет-ресурсы**

1. Ерофеев В.Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/516581>

2. Ерофеев В.Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты: учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов, Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/516585>

3. Теплотехника. Практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев [и др.]; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина, Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/516588>

## ОБРАЗЕЦ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТИ»

### Цель занятия:

Научиться рассчитывать и определять основные физические свойства жидкости.

### Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретические положения по теме практической работы.
2. Изучить пример оформления задания.
3. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
4. Решить поставленные задачи.
5. Сделать выводы о проделанной работе.
6. Оформить отчет и ответить на контрольные вопросы.

### Теоретическая часть:

Жидкими телами или жидкостями называют физические тела, легко изменяющие свою форму под действием самой незначительной по величине силы. Можно сказать, что жидкость – это физическое тело, обладающее текучестью, имеющее определенный объем и заполняющая часть пространства (сосуда), равного ее объему.

Различают два вида жидкостей:

- жидкости капельные (малосжимаемые);
- жидкости газообразные (сжимаемые).

### **Плотность жидкости**

Важнейшими характеристиками механических свойств жидкости являются ее плотность и удельный вес. Они определяют "весомость" жидкости.

Плотность  $\rho$  характеризует распределение массы  $\Delta m$  жидкости по объему  $\Delta W$ . Плотность однородной жидкости равна отношению массы  $m$  жидкости к ее объему:

$$\rho = m/W \quad (1.1)$$

где  $m$  – масса жидкости, кг;  
 $W$  – объем жидкости, м<sup>3</sup>.

Плотность  $\rho$  во всех точках однородной жидкости одинакова. В общем случае плотность может изменяться в объеме жидкости от точки к точке и в каждой точке объема с течением времени. За единицу плотности в системе СИ принят 1 кг/м<sup>3</sup>.

Вместо плотности в формулах может быть использован также удельный вес  $\gamma$  (Н/м<sup>3</sup>), то есть вес жидкости  $G$ , приходящийся на единицу объема  $W$ :

$$\gamma = GW = mgW = \rho \cdot g \quad (1.2)$$

Плотность жидкостей и газов зависит от температуры и давления. Все жидкости, кроме воды, характеризуются уменьшением плотности с увеличением температуры. Плотность воды максимальна при  $t = 4$  °С и уменьшается как с уменьшением, так и с увеличением температуры от этого значения. В этом проявляется одно из аномальных свойств воды.

Плотность воды при  $t = 4$ ° С составляет 1000 кг/м<sup>3</sup>;  
морской воды - 1020 ... 1030 кг/м<sup>3</sup>;  
нефти и нефтепродуктов – 650 ... 900 кг/м<sup>3</sup>;  
чистой ртути - 13600 кг/м<sup>3</sup>;

воздуха при  $t = 0^\circ \text{C}$  и атмосферном давлении –  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

При изменении давления плотность жидкости изменяется незначительно.

### **Сжимаемость**

Это свойство жидкостей изменять объем при изменении давления; характеризуется коэффициентом объемного сжатия (коэффициентом сжимаемости)  $\beta_p$  ( $\text{Па}^{-1}$ ), представляющим собой относительное изменение объема жидкости  $W$  при изменении давления на единицу:

$$\beta_p = -\frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta p}, \quad (1.3)$$

где  $W$  – первоначальный объем жидкости,  $\text{м}^3$ ;

$\Delta W$  – относительное изменение объема жидкости при изменении давления на величину  $\Delta p$ ,  $\text{м}^3$ .

Знак "—" в формуле (1.3) указывает на то, что при увеличении давления объем жидкости уменьшается.

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия – модуль **объемной упругости жидкости**  $E_o$ ,  $\text{Па}$ :

$$E_o = \frac{1}{\beta_p} \quad (1.4)$$

Физический смысл объемного модуля упругости: величина, обратная изменению объема одного кубического метра жидкости при изменении давления на одну единицу. Объемный модуль упругости жидкости зависит от типа жидкости, давления и температуры. Однако в большинстве случаев  $E_o$  считают постоянной величиной, принимая за нее среднее значение в данном диапазоне температур и давлений.

Различают изотермический и адиабатический модуль упругости. Причем для расчетов обычно используют изотермический модуль упругости  $E_{to}$ , применяемый для анализа медленных процессов, при которых успевает завершиться теплообмен с окружающей средой. Для быстротечных процессов, при которых теплообмен не успевает завершиться, используют адиабатический модуль упругости  $E_{ao}$ .

### **Температурное расширение**

Это свойство жидкостей изменять объем при изменении температуры; характеризуется температурным коэффициентом объемного расширения  $\beta_t$  ( $1/^\circ\text{C}$ ), представляющим собой относительное изменение объема жидкости при изменении температуры на единицу ( $1^\circ\text{C}$ ) и при постоянном давлении:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t}, \quad (1.5)$$

где  $W$  – первоначальный объем жидкости,  $\text{м}^3$ ;

$\Delta W$  – относительное изменение объема жидкости при повышении температуры на  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3$ .

Для воды с увеличением давления при температуре до  $50^\circ\text{C}$  коэффициент  $\beta_t$  растет, а при температуре выше  $50^\circ\text{C}$  уменьшается.

### **Вязкость**

Это свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу ее слоев. Вязкость проявляется в том, что при относительном перемещении слоев жидкости на поверхностях их соприкосновения возникают силы сопротивления сдвигу, называемые силами внутреннего трения или силами вязкости. Благодаря этим силам слой жидкости, движущийся медленнее, "тормозит" соседний слой, движущийся быстрее. Силы внутреннего трения проявляются вследствие наличия межмолекулярных связей между движущимися слоями.

Кинематическая вязкость  $\nu$  – отношение динамической вязкости  $\mu$  к плотности жидкости  $\rho$  и определяется формулой:

$$\nu = \mu \rho \quad (1.6)$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость, Па·с;  
 $\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

В международной системе единиц (СИ), кинематическая вязкость измеряется в квадратных метрах на секунду.

### Пример решения задачи:

#### **Вариант 30**

Определите массу жидкости, если её занимаемый объем  $W$ , а плотность -  $\rho$ .

Дано:  $W = 72 \text{ м}^3$

Решение:

Вспользуемся формулой (1.1)  $\rho = m / W$ -

$$\rho = 940 \text{ кг/м}^3$$

В этой формуле нам известные две величины: объем и плотность.  $m$  -? Тогда наша задача сводится к тому, чтобы выразить неизвестную величину и найти ее. Тогда:  $m = W \cdot \rho = 72 \cdot 940 = 67680 \text{ кг} \approx 68 \text{ т}$

Ответ:  $m \approx 68 \text{ т}$

### Задания для практической работы

#### **Основная часть:**

№1. В отопительной системе (котел, радиаторы и трубопроводы) небольшого дома содержится объем воды  $W$ . Определите сколько воды дополнительно войдет в расширительный сосуд при нагревании с  $t_1$  до  $t_2$ ?

№2. Определите удельный объем и удельный вес жидкости, если известна ее плотность  $\rho$ , ускорение свободного падения  $g=9,81 \text{ м/с}^2$ .

№3. При гидравлическом испытании внутренних систем водоснабжения допускается падение испытательного давления на  $\Delta p$ . Определите допустимую величину утечки  $\Delta W$  при гидравлическом испытании системы вместимостью  $W$ .

#### **Варианты заданий**

№ п/п	V, м <sup>3</sup>	t <sub>1</sub> , °C	t <sub>2</sub> , °C	ρ, кг/м <sup>3</sup>	p, МПа	Δp, кПа	d, мм	l, м	ν, м <sup>2</sup> /с
1 вариант	72	13	73	850	3,3	54	100	1980	7,6
2 вариант	73	16	70	840	2,8	50	150	1740	7,7
3 вариант	79	18	86	800	2,6	60	200	850	10
4 вариант	89	18	89	990	3,3	40	100	930	9,9
5 вариант	76	10	88	810	3,7	50	150	2000	9,6
6 вариант	83	10	78	1000	2,9	57	200	1720	8,3
7 вариант	82	10	75	950	3,1	41	100	1040	9,2
8 вариант	88	15	76	1000	3	60	150	1580	7
9 вариант	86	11	87	970	2,1	42	200	1780	7,1
10 вариант	80	15	74	840	3,2	45	100	950	9,3
11 вариант	70	18	77	930	2,8	43	150	910	9,6
12 вариант	80	19	81	890	3,9	59	200	960	9,4
13 вариант	77	11	77	840	4	42	100	1980	9,1
14 вариант	83	16	76	900	2,2	53	150	1600	7
15 вариант	75	15	85	860	2,4	49	200	800	9,6

16 вариант	86	12	71	960	3,7	52	100	1320	7,9
17 вариант	70	13	82	880	2,7	54	150	1480	8
18 вариант	82	13	89	880	3	60	200	1330	8,4
19 вариант	71	18	90	870	3,7	40	100	1300	9,2
20 вариант	82	16	83	1000	3,8	44	150	1370	7,7
21 вариант	88	15	84	800	3,6	60	200	1640	9
22 вариант	73	13	87	1000	4	40	100	980	8,5
23 вариант	74	10	82	1000	2,9	45	150	1770	7,8
24 вариант	88	10	87	970	2	60	200	1010	9,9
25 вариант	88	14	87	900	4	50	100	1190	8,5
26 вариант	75	11	80	950	3,4	40	150	1430	8
27 вариант	79	15	81	1000	3,7	58	200	1070	7,7
28 вариант	90	20	88	900	2,9	59	100	1130	8,3
29 вариант	73	16	84	820	3,8	48	150	1250	8,4
30 вариант	72	18	70	940	3,7	59	200	1280	8,4

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте определение жидкости.
2. Назовите основные физические свойства жидкости.
3. Сформулируйте физический смысл вязкости?
4. Назовите физический смысл объемного модуля упругости?
5. Назовите виды вязкости жидкости?
6. Назовите, в чем измеряются основные физические свойства жидкости?

**Отчёт о работе** должен содержать название и цель работы, задание (номер варианта), правильно оформленные решения. По результатам работы необходимо сделать выводы.

**ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ**  
для дифференцированного зачета по учебной дисциплине  
**ОП.06 Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики**

Ф.И.О студента \_\_\_\_\_  
Группа \_\_\_\_\_

**Общее количество вопросов - 50**

**Правильных ответов** \_\_\_\_\_

**Неправильных ответов** \_\_\_\_\_

**Без ответов** \_\_\_\_\_

**Оценка** \_\_\_\_\_