



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)
«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата
по направлению подготовки

13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль программы
«ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства
кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4.1: Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем	Гидрогазодинамика	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные физические свойства жидкостей и газов; - общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; - особенности физического и математического моделирования одномерных и трёхмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей; - область применения, типы и принципы действия гидро-, пневмо – и газовых машин, используемых в теплоэнергетике, в которых работают законы гидрогазодинамики; <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течениях в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; - проводить гидравлический расчет трубопроводов; формулировать задачи переноса основных гидродинамических величин, составлять соответствующие уравнения баланса; - решать на их базе, как задачи обработки экспериментальных данных, так и уметь составлять корректные физические и математические модели процессов и явлений теплоэнергетических систем, в которых существенно использование гидрогазодинамики; <p><u>Владеть:</u></p>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			<ul style="list-style-type: none">- методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов;- навыками работы с литературой и машинами, используемыми в теплоэнергетике для контроля, управления и выполнения определённых действий в технологической цепочке, где существенно используются гидрогазодинамические законы

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения);
- задания для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета и экзамена, относятся:

- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости;
- вопросы к экзамену по дисциплине.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания по дисциплине приведены Приложении № 1. Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на занятиях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки знаний студента.

Оценивание осуществляется по следующим критериям, приведенным в таблице 2:

- «отлично» – 85-100 % правильных ответов на тестовые задания;
- «хорошо» – 70-84 % правильных ответов;
- «удовлетворительно» – 50-69 % правильных ответов;
- «неудовлетворительно» – менее 50% правильных ответов.

3.2 В Приложении № 2 приведены типовые задания по темам практических занятий для студентов очной формы обучения. Все работы выполняются студентами индивидуально по вариантам. Вариант задания определяется преподавателем. Оценивание выполняется по системе «зачтено» - «не зачтено». Критерии оценивания представлены в таблице 2.

3.3 Задания по контрольным работам выдается студентам заочной формы обучения с целью контроля качества их самостоятельной работы. Студенты выполняют по одной контрольной работе в седьмом и восьмом семестрах. Типовые задания по контрольным работам приведены в Приложении № 3. Вариант задания определяется преподавателем.

Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьезных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. При наличии серьезных замечаний работа направляется на доработку. Защита проводится в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине в третьем семестре проводится в форме зачета по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Оценка «зачтено» выставляется студентам, получившим положительную оценку по результатам выполнения и защиты заданий по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения), контрольной работы № 1 (для студентов заочной формы обучения), тестирования.

4.2 В отдельных случаях (в случаях не выполнения всех видов текущего контроля) зачет может приниматься по контрольным вопросам, которые приведены в Приложении № 4. Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине в четвертом семестре проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, получившим положительную оценку по результатам выполнения и защиты заданий по темам практических занятий (для студентов

очной формы обучения), контрольной работы № 2 (для студентов заочной формы обучения), тестирования. Экзаменационный билет содержит два вопроса. Типовые экзаменационные вопросы приведены в Приложении № 5.

Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной, зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на экзаменационные вопросы) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Универсальная система оценивания результатов обучения, приведенная в таблице 2, включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 - балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 2 – Система и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
			релевантные задаче данные	поставленной задаче данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Гидрогазодинамика» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Тепловые электрические станции».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022).

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Приложение № 1

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вариант 1.

ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Индикатор ОПК-4.1: Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

ВОПРОС 1. Внешняя энергия газа – это...

- A. кинетическая энергия направленного движения частиц газа
- B. сумма кинетической энергии хаотичного движения молекул газа и потенциальной энергии их взаимодействия
- C. сумма кинетической энергии направленного движения газа и потенциальной энергии, обусловленной полем массовых сил
- D. потенциальная энергия молекулярного взаимодействия частиц газа

ВОПРОС 2. Напряженность вихревой трубки (указать НЕверное утверждение)

- A. выражается через скорость поступательного движения
- B. служит мерой вихревого движения жидкости
- C. выражается через угловую скорость вращения
- D. постоянна по ее длине в данный момент времени

ВОПРОС 3. Динамический коэффициент вязкости капельной жидкости (указать НЕверное утверждение)

- A. равен отношению силы вязкости к силам инерции
- B. уменьшается с ростом температуры
- C. равен произведению плотности на кинематическую вязкость
- D. имеет размерность кг/(м·с)

ВОПРОС 4. Согласно теории ПС течение внешнем потоке (указать НЕверное утверждение)

- A. потенциальное
- B. вязкое
- C. безвихревое
- D. можно исследовать с помощью уравнений движения Эйлера

ВОПРОС 5. Скачок уплотнения

- A. это граница раздела жидкой и газообразной сред
- B. физически не возможен
- C. возникает при переходе дозвукового потока в сверхзвуковой
- D. возникает при торможении сверхзвукового потока

ВОПРОС 6. Согласно второму началу термодинамики

- A. энтропия системы всегда постоянна
- B. при отсутствии теплообмена с окружающей средой энтропия системы – неубывающая функция
- C. сила трения жидкости пропорциональна ее скорости
- D. энтальпия системы всегда меньше нуля

ВОПРОС 7. Турбулизации потока вязкой жидкости способствует (указать НЕверное утверждение)

- A. резкое изменение границ потока жидкости
- B. увеличение средней скорости жидкости
- C. повышение температуры жидкости
- D. уменьшение расхода

ВОПРОС 8. Если абсолютное давление составляет $p_{абс} = 103$ кПа, а атмосферное давление $p_{атм} = 98$ кПа, избыточное давление воздуха равно...

- A. 201 кПа
- B. 5 кПа
- C. 1,05 кПа
- D. 0,95 кПа

ВОПРОС 9. При турбулентном квадратичном режиме с увеличением числа Рейнольдса Re гидравлический коэффициент трения

- A. не изменяется
- B. при некотором Re имеет максимальное значение
- C. монотонно увеличивается
- D. монотонно уменьшается

ВОПРОС 10. Струйный пограничный слой формируется при

- A. выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду той же плотности и вязкости
- B. выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду с иными значениями плотности и вязкости
- C. входе вязкой жидкости в трубу из большого бака
- D. динамическом воздействии струи жидкости на твердую стенку

ВОПРОС 11. Число Маха (указать НЕверное утверждение)

- A. может быть больше единицы
- B. всегда меньше нуля
- C. может быть меньше единицы
- D. это отношение скорости газа к скорости звука

ВОПРОС 12. Коэффициент объемного (теплового) расширения газа составляет 0,005 1/К. Его температура при этом равна...

- A. 50 К
- B. 500 К
- C. 200 К
- D. 20 К

ВОПРОС 13. Кинематический коэффициент вязкости можно измерять в следующих единицах

- A. $\text{см}^2/\text{с}$
- B. Н/с
- C. Па
- D. $\text{Н}/\text{м}^2$

ВОПРОС 14. Гидродинамический след – это

- A. область, которую образуют заторможенные частицы ПС за обтекаемым телом
- B. проекция тела, плавающего в жидкости, на пьезометрическую плоскость
- C. граница раздела между поверхностью тела и жидкостью, в которой оно плавает
- D. граница раздела жидкой и газообразной сред

ВОПРОС 15. Формула Сен-Венана-Ванцеля позволяет определить

- A. скорость истечения жидкости через малое отверстие
- B. скорость истечения газа через сужающееся сопло
- C. плотность газа, вытекающего через насадок
- D. давление газа в движущемся с ускорением сосуде

ВОПРОС 16. Единицей измерения массового расхода жидкости является

- A. кг/с
- B. м³/кг
- C. л/с
- D. Н/с

ВОПРОС 17. Согласно закону Архимеда

- A. сила давления покоящейся жидкости на погруженное в нее тело равна весу жидкости в объеме этого тела
- B. в однородной жидкости на одном горизонтальном уровне давление одинаково
- C. сила давления среды на дно сосуда не зависит от его формы
- D. при переходе системы из одного равновесного состояния в другое объем жидкости в ней не изменяется

ВОПРОС 18. Для описания движения жидкости в кинематике применяют метод(ы)

- A. Бернулли
- B. Эйлера и Лагранжа
- C. Пуазейля
- D. Петрова

ВОПРОС 19. Свойство обратимости линий гидродинамической сетки означает, что

- A. линии тока и эквипотенциали ортогональны друг другу
- B. линии тока и эквипотенциали параллельны друг другу
- C. ни одна из линий сетки не может начинаться или заканчиваться внутри области течения
- D. каждой сетке соответствуют два возможных течения таких, что эквипотенциали одного служат линиями тока другого и наоборот

ВОПРОС 20. Объем тела давления – это...

- A. объем тела, плавающего в жидкости
- B. площадь стенки, на которую действует сила давления жидкости или газа
- C. объем, ограниченный стенкой, пьезометрической плоскостью и вертикальной проецирующей плоскостью, построенной на контуре тела
- D. объем сосуда, в котором находится жидкость или газ

ВОПРОС 21. При ламинарном режиме потери напора по длине пропорциональны средней скорости жидкости в степени

- A. 2,0
- B. 1,75

C. 1,0

D. 3,0

ВОПРОС 22. Стационарным течением среды называется течение

- A. параметры которого явным образом не зависят от времени
- B. параметры которого явным образом зависят от времени
- C. вихревое
- D. потенциальное

ВОПРОС 23. Нестационарным течением среды называется течение

- A. параметры которого явным образом зависят от времени
- B. параметры которого явным образом не зависят от времени
- C. вихревое
- D. потенциальное

ВОПРОС 24. Эквипотенциальная поверхность – это поверхность, на которой

- A. одинаковая шероховатость
- B. разная шероховатость
- C. функция тока имеет постоянное значение
- D. потенциал скорости постоянен

ВОПРОС 25. Линия пьезометрического напора по направлению движения установившегося потока реальной несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения

- A. на одних участках канала может опускаться, на других – подниматься
- B. опускается
- C. повышается
- D. обязательно параллельна оси потока

ВОПРОС 26. Если к системе подводится теплота, то ее энтропия

- A. убывает
- B. возрастает
- C. остается постоянной
- D. равна нулю

ВОПРОС 27. К пристеночной части турбулентного ПС относится (указать НЕверное утверждение)

- A. вязкий подслой
- B. область логарифмического профиля скорости
- C. надслой
- D. внешняя область

ВОПРОС 28. Конвективное ускорение жидкой частицы представляет собой

- A. изменение во времени вектора скорости частицы в фиксированной точке пространства
- B. изменение скорости частицы в пространстве в данный момент времени
- C. отношение расхода жидкости к площади поперечного сечения трубы
- D. произведение расхода жидкости на площадь поперечного сечения трубы

ВОПРОС 29. Пограничный слой (указать НЕверное утверждение)

- A. образуется от передней кромки обтекаемого жидкостью тела
- B. имеет постоянную толщину вдоль всей поверхности обтекаемого тела

- C. бывает пристенным и струйным
- D. представляет собой слой, в котором в основном проявляется действие вязкости

ВОПРОС 30. Смешанный пограничный слой представляет собой область

- A. перемежающихся во времени ламинарного и турбулентного режимов течения
- B. последовательного расположения участков ламинарного и турбулентного режимов
- C. смешения газа и жидкости
- D. ламинарного режима течения

Вариант 2.

ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Индикатор достижения компетенции ОПК-4.1: Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

ВОПРОС 1. Согласно теории пограничного слоя (ПС) течение внутри ПС (указать НЕ-верное утверждение)

- A. может быть ламинарным и турбулентным
- B. имеет значительные градиенты скорости
- C. является потенциальным
- D. является вязким

ВОПРОС 2. С уменьшением температуры кинематический коэффициент вязкости капельных жидкостей

- A. остается неизменным
- B. увеличивается
- C. уменьшается
- D. сначала увеличивается, а затем уменьшается

ВОПРОС 3. Линия полного напора (энергии) по направлению движения установившегося потока реальной несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения

- A. повышается
- B. опускается
- C. всегда параллельна оси трубы
- D. сохраняется на одном уровне

ВОПРОС 4. Гидравлический коэффициент трения при ламинарном режиме с увеличением числа Рейнольдса Re

- A. не изменяется
- B. монотонно уменьшается
- C. монотонно увеличивается
- D. при некотором Re имеет максимальное значение

ВОПРОС 5. Объем тела, полностью находящегося в масле плотностью $\rho_m = 900 \text{ кг/м}^3$, равен 50 м^3 . Выталкивающая сила, действующая на это тело равна...

- A. 450 кН
- B. 45 кН
- C. 18 кН

D. 180 кН

ВОПРОС 6. При ламинарном режиме частицы жидкости

- A. не перемещаются из слоя в слой
- B. перемещаются из слоя в слой
- C. движутся хаотично
- D. имеют нулевую скорость поступательного движения

ВОПРОС 7. Траектория движения жидкой частицы – это...

- A. геометрическое место точек последовательных положений жидкой частицы в пространстве в следующие друг за другом моменты времени
- B. линия действия силы давления жидкости на стенку
- C. кривая, в каждой точке которой вектор скорости в данный момент времени направлен по касательной
- D. линия, по которой протекает электрический ток в проводнике

ВОПРОС 8. Циркуляция скорости (указать НЕверное утверждение)

- A. выражается через угловую скорость вращения
- B. считается положительной величиной, если обходить контур так, чтобы ограниченная им область оставалась слева
- C. служит мерой вихревого движения жидкости
- D. выражается через скорость поступательного движения

ВОПРОС 9. Гидростатический закон распределения давления состоит в том, что...

- A. в несжимаемой жидкости, находящейся под действием силы тяжести, давление линейно зависит от вертикальной координаты
- B. в несжимаемой жидкости давление меняется вдоль вертикальной координаты по параболическому закону
- C. в однородной жидкости на одном горизонтальном уровне давление одинаково
- D. при переходе системы из одного равновесного состояния в другое объем жидкости в ней не изменяется

ВОПРОС 10. Тело, полностью погруженное в жидкость, будет тонуть, если...

- A. сила Архимеда меньше силы тяжести тела
- B. сила Архимеда больше силы тяжести тела
- C. сила тяжести тела равна силе Архимеда
- D. сила Архимеда отсутствует

ВОПРОС 11. Если сила Архимеда больше силы тяжести находящегося в жидкости тела, то оно

- A. тонет
- B. всплывает
- C. находится в состоянии безразличного равновесия
- D. вращается

ВОПРОС 12. Гидростатический парадокс заключается в том, что

- A. сила давления среды на дно сосуда не зависит от его формы
- B. давление в покоящейся жидкости линейно зависит от вертикальной координаты
- C. при переходе системы из одного равновесного состояния в другое объем жидкости в ней не изменяется

D. в однородной жидкости на одном горизонтальном уровне давление одинаково

ВОПРОС 13. Атмосферное давление измеряют

- A. манометром
- B. барометром
- C. вакуумметром
- D. пьезометром

ВОПРОС 14. Линия тока – это

- A. кривая, в каждой точке которой вектор скорости в данный момент времени направлен по касательной
- B. линия, по которой протекает электрический ток в проводнике
- C. геометрическое место точек последовательных положений жидкой частицы в пространстве в следующие друг за другом моменты времени
- D. линия действия силы давления жидкости на стенку

ВОПРОС 15. Синонимом вихревого движения жидкости является

- A. движение с угловой скоростью вращения
- B. движение без угловой скорости вращения
- C. потенциальное движение
- D. ламинарное течение

ВОПРОС 16. Единицей измерения объемного расхода жидкости является

- A. м³/с
- B. кг/с
- C. Н/с
- D. с/л

ВОПРОС 17. Безвихревое движение жидкости – это движение...

- A. потенциальное
- B. с постоянной угловой скоростью вращения
- C. с переменной во времени угловой скоростью вращения
- D. турбулентное

ВОПРОС 18. Процесс кавитации наступает при

- A. превышении температуры кипения данной жидкости
- B. понижении температуры жидкости ниже значения ее температуры кипения
- C. превышении давления значения давления насыщенных паров жидкости
- D. понижении давления жидкости до значения, меньшего давления насыщенных паров

ВОПРОС 19. Абсолютное давление жидкости в точке представляет собой

- A. полное напряжение сжатия от действия всех массовых и поверхностных сил, приложенных к жидкости в данной точке
- B. превышение давления над атмосферным
- C. полное напряжение растяжения от действия всех массовых и поверхностных сил, приложенных к жидкости в данной точке
- D. недостаток давления до атмосферного

ВОПРОС 20. Вязкость – это способность среды

- A. оказывать сопротивление сдвигающему усилию

- В. изменять объем под действием внешнего давления
- С. изменять свой объем при изменении температуры
- Д. неограниченно деформироваться под действием приложенной силы

ВОПРОС 21. Поверхностное натяжение – это

- А. стремление вещества уменьшить избыток своей поверхностной энергии на границе раздела с другими веществами
- В. способность среды оказывать сопротивление сдвигающему усилию
- С. процесс образования в жидкости пузырьков газа
- Д. процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое

ВОПРОС 22. Конденсация – это процесс

- А. перехода вещества из газообразного состояния в жидкое
- В. образования в жидкости пузырьков воздуха
- С. сопротивления среды сдвигающему усилию
- Д. перехода вещества из жидкого состояния в газообразное

ВОПРОС 23. Модель вязкой несжимаемой жидкости – это жидкость

- А. имеющая вязкость и неизменную плотность
- В. имеющая свойства электропроводности и сжимаемости
- С. лишенная свойства вязкости и сжимаемости
- Д. обладающая текучестью и имеющая непостоянное значение плотности

ВОПРОС 24. Точка приложения результирующей силы неравномерного давления жидкости на плоскую или криволинейную стенку называется

- А. центром давления
- В. центром тяжести стенки
- С. полюсом
- Д. метацентром

ВОПРОС 25. Давление можно измерять в следующих единицах (указать НЕверное утверждение)

- А. кг/см²
- В. Н/м²
- С. кгс/см²
- Д. мм рт. ст.

ВОПРОС 26. Интегральное соотношение для пристенного ПС справедливо для

- А. ламинарного ПС
- В. турбулентного ПС
- С. ламинарного и турбулентного ПС
- Д. области перехода ламинарного в турбулентный ПС

ВОПРОС 27. При ламинарном течении гидравлический коэффициент трения для круглых труб зависит от

- А. числа Re
- В. относительной шероховатости поверхности трубы
- С. вязкости жидкости
- Д. числа Re и относительной шероховатости поверхности трубы

ВОПРОС 28. Числовое значение коэффициента кинетической энергии при турбулентном движении жидкости в круглой трубе равно

- A. 1,1
- B. 2,5
- C. 2,0
- D. 0,5

ВОПРОС 29. Для установления зоны сопротивления при турбулентном течении в круглой трубе необходимо знать

- A. значение числа Re и относительную шероховатость поверхности трубы
- B. только значение числа Re
- C. только относительную шероховатость поверхности трубы
- D. величину потери напора по длине

ВОПРОС 30. Пограничный слой – это...

- A. граница раздела жидкой и газообразной сред
- B. граница раздела между поверхностью тела и жидкостью, в которой оно плавает
- C. слой около поверхности обтекаемого тела, в котором в основном проявляется действие вязкости
- D. область за обтекаемым жидкостью телом

Вариант 3.

ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Индикатор ОПК-4.1: Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

ВОПРОС 1. Толщина потери импульса

- A. характеризует влияние вязкости на уменьшение количества движения жидкости, требуемого для преодоления сил внутреннего трения в ПС
- B. представляет собой длину обтекаемого жидкостью тела
- C. представляет собой толщину ПС
- D. характеризует отклонение линий тока от своего начального состояния из-за образования ПС

ВОПРОС 2. При обтекании плоской пластины нарастание турбулентного ПС

- A. происходит быстрее, чем ламинарного ПС
- B. происходит медленнее, чем ламинарного ПС
- C. происходит по такому же закону, что и для ламинарного ПС
- D. не возникает

ВОПРОС 3. Пристенный ПС – это слой ...

- A. вязкой жидкости, на границе которого скорость отличается от скорости невозмущенного потока на 0,5–1%.
- B. имеющий место при выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду той же плотности и вязкости
- C. формирующийся при динамическом воздействии струи жидкости на твердую стенку

- D. возникающий при выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду с иными значениями плотности и вязкости

ВОПРОС 4. Интегральное соотношение для пристенного ПС представляет собой

- A. уравнение количества движения
- B. закон Ньютона о вязком трении
- C. основной закон гидростатики
- D. закон всемирного тяготения

ВОПРОС 5. Значение толщины ПС на передней кромке плоской пластины равно

- A. 1
- B. 2
- C. 0,5
- D. 0

ВОПРОС 6. Поток газа называется дозвуковым, если число Маха

- A. меньше единицы
- B. больше единицы
- C. равно единице
- D. равно нулю

ВОПРОС 7. Ударная адиабата представляет собой

- A. уравнение связи давления и плотности газа перед скачком уплотнения и за ним
- B. уравнение связи давления и скорости газа перед скачком уплотнения и за ним
- C. область перехода сверхзвукового потока газа в дозвуковой
- D. область перехода дозвукового потока газа в сверхзвуковой

ВОПРОС 8. При обратимом адиабатном процессе энтропия газа

- A. возрастает
- B. убывает
- C. постоянна
- D. равна нулю

ВОПРОС 9. Критическая скорость газа – это...

- A. скорость газа, равная местной скорости звука
- B. максимально возможная скорость газа
- C. минимально возможная скорость газа
- D. скорость газа, равная 1000 м/с

ВОПРОС 10. При отводе от системы теплоты, ее энтропия

- A. убывает
- B. возрастает
- C. остается постоянной
- D. сначала убывает, а затем возрастает

ВОПРОС 11. Уравнение Клайперона-Менделеева выражает

- A. термодинамическое состояние идеального газа
- B. закон изменения давления газа по вертикальной координате
- C. закон воздействия покоящегося газа на погруженное в него тело
- D. характер изменения скорости газа вдоль трубы переменного сечения

ВОПРОС 12. Единицей измерения плотности среды является

- A. $\text{м}^3/\text{кг}$
- B. $\text{кг}/\text{м}^3$
- C. $\text{кг}/\text{с}$
- D. $\text{м}^3/\text{с}$

ВОПРОС 13. В капиллярной трубке находится спирт при температуре 20°C , высота его опускания $h_{\text{кап}} = 3 \text{ мм}$. Радиус капиллярной трубки равен...

- A. 1,4 мм
- B. 1,27 мм
- C. 1,92 мм
- D. 1,82 мм

ВОПРОС 14. С ростом температуры кинематический коэффициент вязкости капельных жидкостей

- A. уменьшается
- B. увеличивается
- C. не изменяется
- D. изменяется хаотически

ВОПРОС 15. Термин «идеальная жидкость» означает

- A. невязкая жидкость
- B. вязкая жидкость
- C. сжимаемая жидкость
- D. несжимаемая жидкость

ВОПРОС 16. Единицей измерения коэффициента объемного (теплого) расширения является

- A. $1/\text{K}$
- B. $\text{Н}/\text{м}^2$
- C. $\text{К}/\text{м}$
- D. K

ВОПРОС 17. Сжимаемость – это способность среды...

- A. сопротивляться касательным напряжениям
- B. изменять свой объем под действием внешнего давления
- C. изменять свой объем под действием температуры
- D. изменять свое фазовое состояние

ВОПРОС 18. Температура газа составляет 294 K . Коэффициент объемного (теплого) расширения такого газа равен ...

- A. 0,0034 $1/\text{K}$
- B. 0,025 $1/\text{K}$
- C. 1,5 $1/\text{K}$
- D. 0,0051 $1/\text{K}$

ВОПРОС 19. Атмосферное $p_{\text{атм}}$, избыточное $p_{\text{изб}}$ и абсолютное $p_{\text{абс}}$ давления связаны между собой выражением

- A. $p_{\text{абс}} = p_{\text{изб}} + p_{\text{атм}}$
- B. $p_{\text{абс}} = p_{\text{атм}} - p_{\text{изб}}$

C. $p_{атм} = p_{изб} + p_{абс}$

D. $p_{изб} = p_{абс} + p_{атм}$

ВОПРОС 20. Для измерения абсолютного давления, превышающее атмосферное, требуются

- A. вакуумметр и манометр
- B. манометр и барометр
- C. манометр
- D. барометр и термометр

ВОПРОС 21. Раздел «Гидростатика» изучает

- A. закономерности изменения термодинамического состояния жидкостей и газов
- B. законы жидкости и газа, находящихся в покое
- C. закономерности динамического взаимодействия жидкости и твердого тела
- D. законы жидкости и газа, находящихся в движении

ВОПРОС 22. Атмосферное $p_{атм}$, вакуумметрическое $p_{вак}$ и абсолютное $p_{абс}$ давления связаны между собой выражением

- A. $p_{вак} = p_{атм} - p_{абс}$
- B. $p_{вак} = p_{атм} + p_{абс}$
- C. $p_{атм} = p_{вак} - p_{абс}$
- D. $p_{абс} = p_{вак} - p_{атм}$

ВОПРОС 23. Раздел «Кинематика жидкости» изучает

- A. законы движения жидкости вне зависимости от действующих сил
- B. законы жидкости и газа, находящихся в покое
- C. закономерности динамического взаимодействия жидкости и твердого тела
- D. законы жидкости и газа, находящихся в движении

ВОПРОС 24. Основой для вывода уравнений ламинарного ПС являются уравнения

- A. Эйлера
- B. Навье-Стокса
- C. Рейнольдса
- D. Менделеева-Клапейрона

ВОПРОС 25. Для описания ламинарного ПС используются уравнения

- A. Прандтля
- B. Эйлера
- C. Рейнольдса
- D. Навье-Стокса

ВОПРОС 26. Явление отрыва ПС (указать НЕверное утверждение)

- A. происходит в области положительного градиента давления
- B. происходит в области отрицательного градиента давления
- C. происходит в процессе торможения потока
- D. приводит к пульсациям давления в потоке

ВОПРОС 27. В дозвуковом потоке газа, движущегося по расширяющейся трубе

- A. плотность и давление возрастают
- B. плотность и давление снижаются

- C. скорость увеличивается
- D. температура уменьшается

ВОПРОС 28. В сверхзвуковом потоке газа, движущегося по сужающейся трубе

- A. плотность и давление возрастают
- B. плотность и давление снижаются
- C. скорость увеличивается
- D. температура уменьшается

ВОПРОС 29. Поток газа называется сверхзвуковым, если число Маха

- A. больше единицы
- B. меньше единицы
- C. равно нулю
- D. равно единице

ВОПРОС 30. Число Маха имеет размерность

- A. скорости
- B. ускорения
- C. энергии
- D. безразмерно

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

(для студентов очной формы обучения)

Задание 1.

- 1.1. Плотность морской воды $\rho = 104,8 \text{ кгс}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$. Определить ее удельный вес γ .
- 1.2. Определить удельный вес смеси жидкостей $\gamma_{\text{см}}$ имеющей следующий состав: керосина 40 %, мазута 60 % (проценты весовые), если удельный вес керосина $\gamma_1 = 790 \text{ кгс}/\text{м}^3$, мазута $\gamma_2 = 890 \text{ кгс}/\text{м}^3$.
- 1.3. При нормальных условиях, т. е. при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $h_{\text{с}} = 760 \text{ мм рт. ст.}$, плотность кислорода $\rho = 0,1457 \text{ кгс}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$. Определить его плотность при температуре $t = -60 \text{ }^\circ\text{C}$ и том же давлении.
- 1.4. Нефть, имеющая удельный вес $\gamma = 9\cdot 10^3 \text{ Н}/\text{м}^3$, обладает при температуре $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ вязкостью $\mu = 6,0\cdot 10^{-4} \text{ кгс}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 5,884\cdot 10^{-4} \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$. Определить ее кинематическую вязкость ν .
- 1.5. Кинематическая вязкость нефти при температуре $t = 10^\circ\text{C}$ составляет $12\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Определить динамическую вязкость μ , если при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ плотность нефти $\rho = 890 \text{ кг}/\text{м}^3$.
- 1.6. При экспериментальном определении вязкости нефти вискозиметром Энглера найдено: время истечения 200 см^3 воды $\tau_1 = 51,2 \text{ с}$, время истечения 200 см^3 нефти $\tau_2 = 163,4 \text{ с}$. Определить кинематическую вязкость нефти.
- 1.7. В автоклав объемом $V = 50 \text{ л}$ под некоторым давлением закачано $50,5 \text{ л}$ эфира. Определить, пренебрегая деформацией стенок автоклава, повышение давления в нем ΔP , если коэффициент объемного сжатия эфира при $t = 20^\circ\text{C}$ $\beta = 1,91\cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кгс} = 1,95\cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{Н}$.
- 1.8. На какую величину переместится шток гидроцилиндра диаметром D с запертым в нем при атмосферном давлении объемом минерального масла $V_0 = 18 \text{ л}$, если на шток приложить усилие T . Значения D и T указаны в табл. П.1. Коэффициент сжимаемости масла $\beta_{\text{р}} = 6,6\cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$. Деформацией стенок гидроцилиндра пренебречь.

Таблица П.1

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, мм	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140
T, 10^4Н	3,5	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	19,0	24,0

1.9. При температуре 20°C масло М-10-В₂ занимает объём V_0 , указанный в табл. П.2. Определить объём, который оно будет занимать при температуре минус 40°C и 80°C, если температурный коэффициент объёмного расширения масла $\beta_t = 8,75 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Таблица П.2

Объём масла	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V, л	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250

1.10. Определить плотность рабочих жидкостей при различных температурах. Температурный коэффициент объёмного расширения всех масел $\beta_t = 8,75 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Значения ρ_{20} при температуре 20°C этих масел даны в прил. 2.

1.11. Уровень мазута в вертикальном цилиндрическом баке диаметром 2 м за некоторое время понизился на 0,5 м. Определить количество израсходованного мазута, если плотность его при температуре окружающей среды 20°C равна $\rho = 990 \text{ кг/м}^3$.

1.12. Стальной барабан подвергается гидравлическому испытанию под избыточным давлением 2 Мпа. Определить, какое количество воды дополнительно к первоначальному объёму при атмосферном давлении необходимо подать насосом в барабан, если его геометрическая ёмкость равна 10 м^3 . Деформацией барабана пренебречь, коэффициент объёмного изотермического сжатия воды $\nu = 1/2 \cdot 10^{-9} \text{ Па}$.

1.13. Определить объём расширительного сосуда $V_{рс}$, который необходимо установить в системе водяного отопления с объёмом воды V_0 , если известно, что максимальная разность температур воды в подающем и обратном трубопроводах 25 °С. Запас по объёму расширительного сосуда принять трёхкратным. Температурный коэффициент объёмного расширителя воды $\beta_t = 0,0006 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

1.14. По условиям гидравлического испытания водопровода диаметром $d = 200 \text{ мм}$ и длиной $l = 1000 \text{ м}$ давление должно быть поднято от атмосферного до 2 МПа. Определить объём воды, который потребуется дополнительно подать в водопровод. Деформацией труб пренебречь.

1.15. Определить изменение объёма 27 т нефтепродукта в хранилище при колебании температуры от 20 до 50°C, если при $t = 20^\circ\text{C}$ плотность нефтепродукта равна $\rho_{20} = 900 \text{ кг/м}^3$, а температурный коэффициент объёмного расширения $\beta_t = 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

1.16. Предельная высота уровня мазута в вертикальной цилиндрической цистерне равна $h_0 = 10$ м при температуре 0°C . Определить, до какого уровня можно налить мазут, если температура окружающей среды повысится до 35°C . Расширением цистерны пренебречь, температурный коэффициент объёмного расширения для мазута принять равным $\beta_t = 0,001 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

1.17. Определить массовую теплоёмкость c_p генераторного газа при температуре 0°C , если его объёмный состав: $x_{\text{H}_2} = 18\%$; $x_{\text{CO}} = 24\%$; $x_{\text{CO}_2} = 6\%$; $x_{\text{N}_2} = 52\%$. Зависимость теплоёмкости от температуры не учитывать.

Задание 2 по теме «Гидростатика»

2.1. Определить давление воды на корпус подводной лодки при погружении на глубину 50 м.

2.2. Определить величину избыточного гидростатического давления p_a в точке А под поршнем и p_b в точке В воды на глубине $z = 2$ м от поршня, если на поршень диаметром $d = 200$ мм производится давление силой $p = 314$ кгс (рис. П.1).

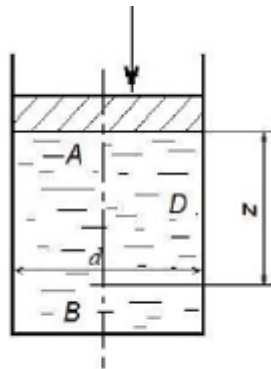


Рис. П.1

2.3. Определить давление p в котле с водой и пьезометрическую высоту z_1 , если высота поднятия ртути в трубке манометра $z = 50$ мм (рис. П.2).

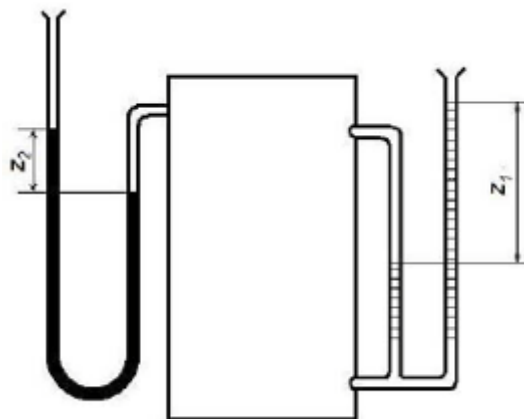


Рис. П.2

2.4. В ртутном вакуумметре, подключенном к камере конденсатора паровой машины, столб ртути в ближайшем к нему колене выше, чем в другом, на 600 мм. Барометрическая высота $h_0 = 755$ мм рт. ст. (рис. П.3). Определить разрежение и абсолютное давление в конденсаторе.

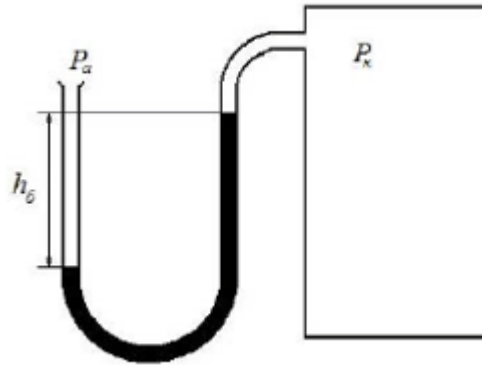


Рис. П.3

2.5. В печи А дымовые газы имеют в среднем температуру $t_2 = 300^\circ\text{C}$ и удельный вес $\gamma_2 = (1,25 - 0,0027t_2)$ кгс/м³. Температура наружного воздуха $t_{в} = 14^\circ\text{C}$, давление $h_0 = 760$ мм рт. ст. (рис. П.4). Определить при высоте дымовой трубы $H = 5$ м разность напоров ΔH по обе стороны печной дверки В, если ее закрыть.

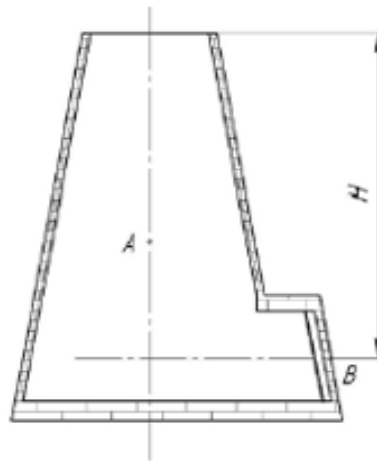


Рис. П.4

2.6. Для измерения высоты полета на аэростате применяется точный барометр. Перед вылетом барометр показывал давление $h_1 = 745$ мм рт. ст., а в наивысшей точке подъема – давление $h_2 = 500$ мм рт. ст. Считая температуру воздуха по всей высоте постоянной и равной $t = 10^\circ\text{C}$, определить высоту подъема аэростата H .

2.7. Подпорная прямоугольная вертикальная стенка шириной $b = 200$ м сдерживает напор воды высотой $H = 10$ м (рис. П.5). Определить силу полного давления P на стенку и опрокидывающий момент M . Построить эпюру давлений.

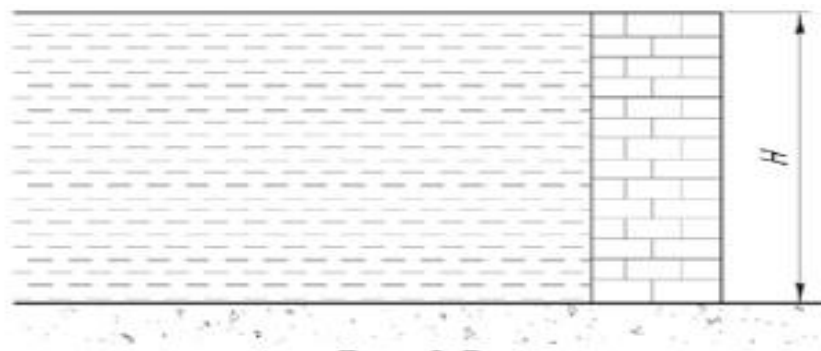


Рис. П.5

2.8. Определить силу P полного давления воды на плоскую трапециевидальную стенку, имеющую размеры $h=1,8$ м, $b=26$ м, $B=32$ м, $\alpha = 45^\circ$ (рис. П.6), если удельный вес жидкости $\gamma = 1000$ кг/м³.

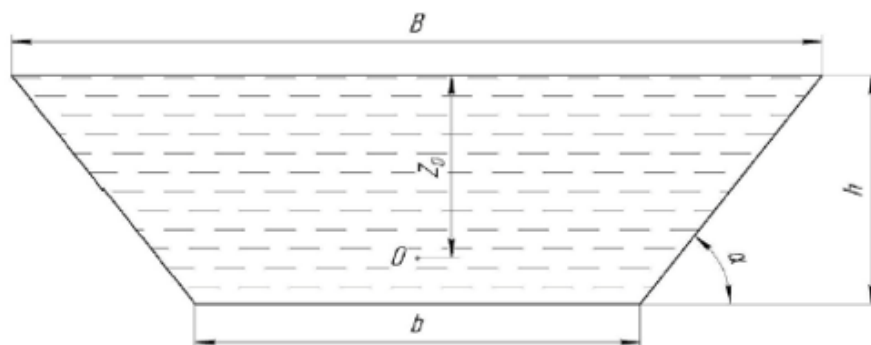


Рис. П.6

2.9. Манометр, установленный на водопроводе, показывает давление 2 кгс/см². Определить, чему равно абсолютное давление, измеренное в Па, м вод. ст. и мм рт. ст. Атмосферное давление принять равным $p_{ат} = 1$ кгс/см².

2.10. Определить разрежение, создаваемое дымовой трубой, если известно, что высота трубы 50 м, средняя температура уходящих газов 227 °С, температура окружающего воздуха 27°С. Плотности газов и воздуха при 0°С и 760 мм рт. ст. соответственно равны $\rho_g = 1,27$ кг/м³; $\rho_v = 1,29$ кг/м³.

2.11. Вначале в U-образную трубку налили ртуть, а затем в одно колено трубки воду, а в другое бензин (рис. П.7). При совпадении верхних уровней бензина и воды высота столба воды равна 43 см. Определить разность уровней ртути. Плотность ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность бензина $\rho_{б} = 0,7 \cdot 10^3$ кг/м³.

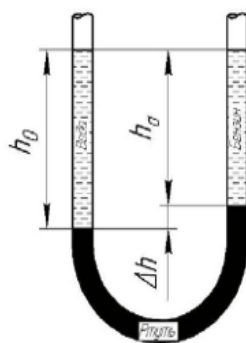


Рис. П.7

2.12. Определить абсолютное давление воды в трубопроводе, если U-образный ртутный манометр, подключенный по схеме (рис. П.8), показал перепад $\Delta h = 500$ мм рт. ст. Барометрическое давление 760 мм рт. ст.

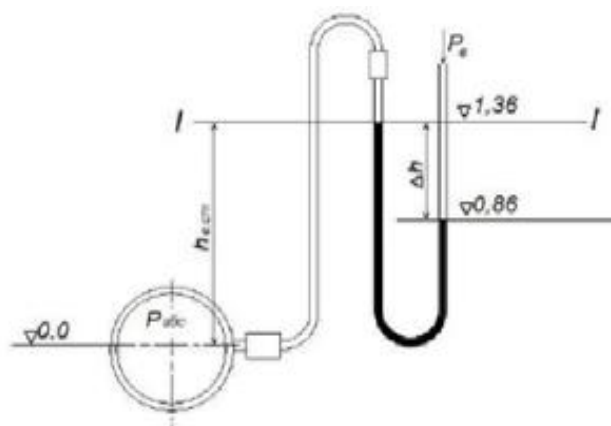


Рис. П.8

2.13. Определить разность давлений в подающей и обратной трубах системы водяного отопления, если разность уровней ртути в U-образном манометре $\Delta h = 500$ мм. Трубы расположены в одной горизонтальной плоскости. Ответ дать в Па, мм рт. ст. и в м вод. ст.

2.14. Определить уровень мазута в баке, если при замере S-образной трубкой разность уровней ртути $\Delta h = 250$ мм. Плотность мазута $\rho_m = 860$ кг/м³.

2.15. Прямоугольный открытый резервуар предназначен для хранения 30 м³. Определить силы давления на стенки и дно резервуара, если ширина дна 3 м, а длина 5 м.

2.16. Определить силу давления воды на дно сосуда, если площадь дна его 0,25 м², а уровень воды расположен на высоте 2 м от дна.

2.17. Дизельное топливо хранится в цилиндрической ёмкости высотой 8 м и диаметром 5 м. Определить силу, действующую на боковую стенку хранилища. Плотность дизельного топлива $\rho = 860$ кг/м³.

2.18. Определить абсолютное давление, если показание вакуумметра равно 50 кПа при барометрическом давлении 100 кПа.

2.19. Определить давление, которое испытывает стенка сосуда, заполненного водой, на глубине $h = 1$ м от поверхности.

2.20. Определить горизонтальную силу, действующую на плотину (рис. П.9) длиной $L = 1000$ м при высоте воды перед плотиной $H_1 = 100$ м, а за плотиной $H_2 = 10$ м.

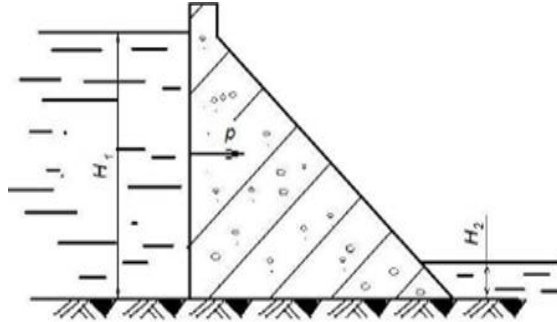


Рис. П.9

2.21. Два цилиндра соединены трубкой по схеме, изображенной на рис. П.10. Известно, что диаметр первого цилиндра $D_1 = 50$ см, а второго – $D_2 = 20$ см. Цилиндр меньшего диаметра расположен выше цилиндра большего диаметра на $h = 0,5$ м. Определить, какое усилие P_1 необходимо приложить к большому поршню, чтобы система пришла в равновесие, если на поршень малого цилиндра действует сила $P_2 = 500$ Н.

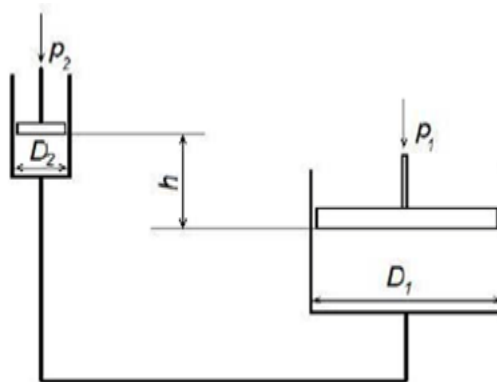


Рис. П.10

2.22. Определить абсолютное давление воздуха p_0 на поверхности воды в резервуаре А и высоту поднятия воды в закрытом пьезометре h , присоединенном к этому резервуару, если показания ртутного вакуумметра $h_{рт}$, а атмосферное давление p_a (табл. П.3)

Таблица П.3

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h_{рт}$, мм	300	310	320	330	340	350	360	370	380	400
p_0 , мм рт.ст.	733	735	738	740	745	748	750	755	758	760

2.23. Для передачи наверх и контроля уровня топлива в открытом подъемном резервуаре использован U-образный пьезометр, заполненный ртутью, плотность которой $\rho_{рт} = 13,6 \text{ т/м}^3$. Определить высоту столба ртути h_2 , если разность уровней топлива в указателе и резервуаре h . Как изменится уровень в указателе при понижении уровня топлива в резервуаре на Δh (табл. П.4).

Таблица П.4

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_{рт}, \text{ т/м}^3$	0,72	0,75	0,79	0,85	0,89	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72
$h, \text{ м}$	8	7	6	5	4	4	5	5	6	6
$\Delta h, \text{ м}$	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0

Примечание. Высота столба топлива в правом колене пьезометра считается неизменной при любом положении топлива в резервуаре (рис. П.11).

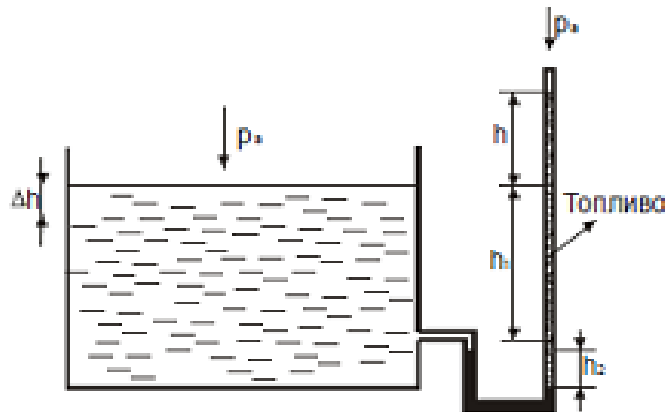


Рис. П.11

2.24. Определить необходимую высоту дымовой трубы для печей термического цеха, если труба должна создавать разрежение h мм вод. ст. при средней температуре дымовых газов t_g °С и температуре окружающего воздуха t_b °С (табл. П.5). Плотности дымовых газов и воздуха при нормальных условиях ($t_0 = 0^\circ\text{С}$ и $p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$) принять соответственно равными ρ_r кг/м³ и $\rho_\sigma = 1,293 \text{ кг/м}^3$.

Таблица П.5

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_r \text{ кг/м}^3$	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24
$h \text{ мм вод. ст.}$	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
t_r °С	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
t_b °С	20	22	24	26	28	0	28	26	24	22

Примечание. Разрежение у основания трубы создается за счет разности давления столба атмосферного воздуха и давления столба дымовых газов, равных высоте дымовой трубы H .

2.25. Определить силу P полного давления на торцевую плоскую стенку горизонтальной цилиндрической цистерны диаметром $D=2,2$ м, если уровень бензина удельного веса $\gamma=720$ кгс/м³ в цистерне находится на расстоянии $H=2,4$ м от дна (рис. П.12). Цистерна герметически закрыта, и избыточное давление паров бензина на свободную поверхность составляет $h_0=367$ мм рт. ст.

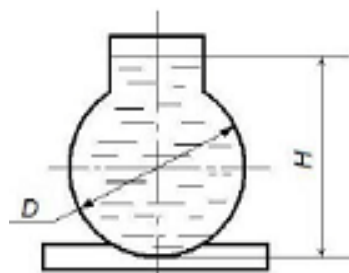


Рис. П.12

2.26. Определить силы, растягивающие горизонтальную цистерну, заполненную жидкостью удельным весом $\gamma=950$ кгс/м³, по сечениям AA и BB; диаметр цистерны $D=5$ м, длина $L=10$ м (рис. П.13).

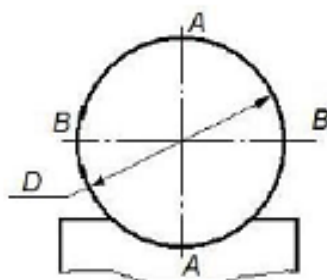


Рис. П.13

2.27. Цилиндрический затвор имеет диаметр D и длину L . Определить величину и направление силы R к полного гидростатического давления воды. Уровни воды показаны на рис. П.14.

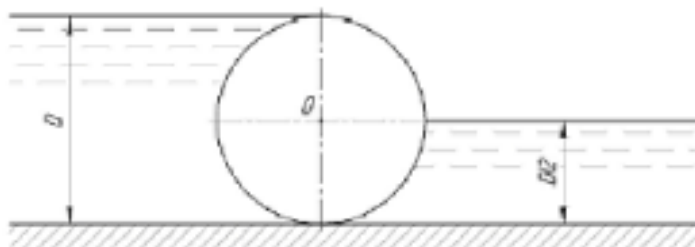


Рис. П.14

2.28. Вертикальный цилиндрический резервуар ёмкостью 314 м³ и высотой 4 м заполнен водой. Определить силы давления воды на боковую стенку и дно резервуара.

2.29. В воде плавает бревно объемом V_0 . Определить погруженную часть его объема V_1 , если удельный вес дерева $\gamma_d = 0,8 \text{ Т/м}^3$.

2.30. Найти объем воды V_v , вытесняемый баржей емкостью $V_0 = 10000 \text{ м}^3$, груженной нефтью удельным весом $\gamma = 0,900 \text{ Т/м}^3$.

2.31. Человек поднимает в обыкновенных условиях железный шар весом $G_0 = 30 \text{ кг}$. Какого веса железный шар может быть им поднят под водой?

2.32. Ареометр, изготовленный из полой стеклянной трубки, снабжен внизу шариком с дробью. Внешний диаметр трубки = 30 мм; объем шарика $V = 15 \text{ см}^3$; вес ареометра $G = 35,3 \text{ г}$. Определить глубину h , на которую погрузится ареометр в спирт удельным весом $\gamma = 700 \text{ кгс/м}^3$.

2.33. Определить, содержится ли примесь породы в самородке золота, если установлено, что вес самородка в воздухе $G_0 = 9,65 \text{ Н}$, а в воде $G_v = 9,15 \text{ Н}$. Плотность чистого золота $\rho_z = 19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

2.34. Определить силу, действующую на деревянный брусок длиной $L = 50 \text{ см}$ и поперечным сечением $S = 200 \text{ см}^2$, полностью погруженный в воду. Плотность древесины принять равной $\rho_d = 600 \text{ кг/м}^3$.

2.35. Определить давление жидкости в грузовом гидроаккумуляторе (рис. П.15), если масса груза равна m_1 , масса плунжера m_2 , а его диаметр d . Значения m_1 , m_2 и d приведены в табл. П.6. Трением плунжера в опоре пренебречь.

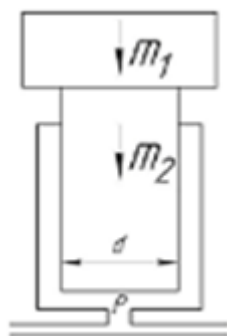


Рис. П.15

Таблица П.6

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_1 , кг	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900
m_2 , кг	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
D , мм	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

2.36. Понтон длиной L и массой m_n , имеет трапецеидальное поперечное сечение, размеры которого указаны на рис. П.16. Определить максимальную грузоподъёмность $m_{гр}$ понтона, если расстояние ватерлинии от палубы равно b (табл. П.7). Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

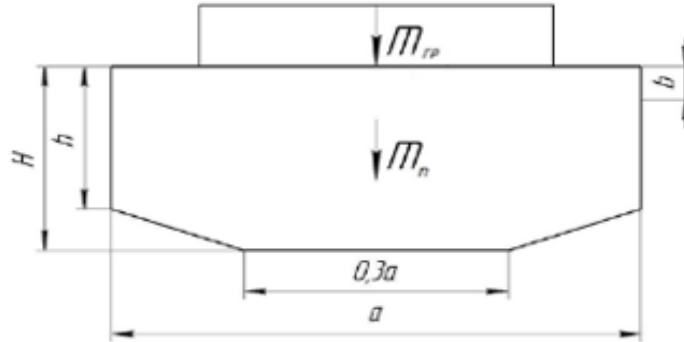


Рис. П.16

Таблица П.7

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, м	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5
m_n , т	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8
b, м	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
H, м	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
h, м	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
a, м	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8

Задание 3 по теме «Кинематика несжимаемой жидкости»

3.1. Определить, каким- потенциальным или вихревым - будет движение жидкости, заданное проекциями скоростей u , v , w (табл. П.8).

Найти функцию потенциала скорости $\mathcal{Z}\phi$ и составить уравнение линии тока, если движение потенциальное. Найти составляющие угловой скорости вращения ω_x , ω_y , ω_z , если движение вихревое. Примечание: a , b , c - постоянные величины; $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Таблица П.8

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	$-ay$	$-2ay$	by	$2by$	$x+t$	ax/R^3	bx/R^3	axy	bxy	cxy
v	$-ax$	$2ax$	$-by$	$-2bx$	$-y+t$	ay/R^3	by/R^3	axz	byz	cyz
w	0	0	0	0	0	az/R^3	bz/R^3	axz	bxz	cxz

3.2. Потенциал скорости плоского течения идеальной несжимаемой жидкости задан функцией $\phi = x/(x^2+y^2)$. Найти функцию тока $\Psi(x, y)$ для этого течения.

3.3. Комплексный потенциал потока вокруг вихря, расположенного в начале координат: $F(z) = \varphi + i\psi = \frac{\Gamma}{2\pi i} \ln z$. Построить линии тока и эквипотенциали. Получить формулу распределения скоростей.

3.4. Комплексный потенциал диполя (M- момент диполя): $F(z) = \varphi + i\psi = M/z$. Построить линии тока и эквипотенциали. Получить формулу распределения скоростей.

3.5. Комплексный потенциал плоского потока идеальной несжимаемой жидкости: $F(z) = \varphi + i\psi = 1/z^2$. Построить линии тока $\psi = \text{const}$ и линии равного потенциала $\varphi = \text{const}$.

3.6. Найти обтекание эллипса (сечение бесконечно длинного эллиптического цилиндра плоскостью) плоскопараллельным потоком идеальной несжимаемой жидкости. Скорость в бесконечности и направлена параллельно большой оси эллипса. Отношение полуосей эллипса 3:1. Найти максимальную скорость u_{max} . Задачу решить методом конформного преобразования, применив к внешней окружности единичного радиуса $r_0=1$ преобразование Жуковского: $\xi = z + a^2/z$; $z = x + iy$, где, a - действительная постоянная.

Подсчитать наибольшее p_{max} и наименьшее p_{min} давление на поверхности эллиптического цилиндра при $u_\infty = 60$ м/с, давлении в бесконечности $p_\infty = 1 \cdot 10^5$ Па, плотности жидкости $\rho = 1,2$ кг/м³.

Задание 4 по теме «Динамика невязкой несжимаемой жидкости»

4.1. В шлюзовой камере, имеющей ширину $b = 40$ м и длину $l = 300$ м, уровень воды за время $\tau = 0,5$ ч понижается на $\Delta h = 8$ м. Определить средний расход Q в водоспускных трубах.

4.2. По трубопроводу диаметром $d = 156$ мм перекачивают мазут удельным весом $\gamma = 0,9$ т/м³. Определить объемный расход Q и среднюю скорость u , если весовой расход $G = 50$ т/ч.

4.3. Теплообменник изготовлен из стальных труб диаметром 76x3 мм. По трубам проходит газ под атмосферным давлением. Требуется найти необходимый диаметр при работе с тем же газом, но под давлением $p_{изб} = 5$ кгс/см², если требуется скорость газа сохранить прежней при том же массовом расходе газа и том же числе труб.

4.4. Определить (пренебрегая потерями) теоретическое разрежение, которое может быть создано рабочей струей воды в камере А водоструйного насоса (рис. П.17). Давление на выходе из диффузора атмосферное ($1,013 \cdot 10^5$ Па, или 760 мм рт. ст.), скорость струи в этом месте 2,7 м/с. Диаметр струи в сечении I - 23 мм, в сечении II - 50 мм.

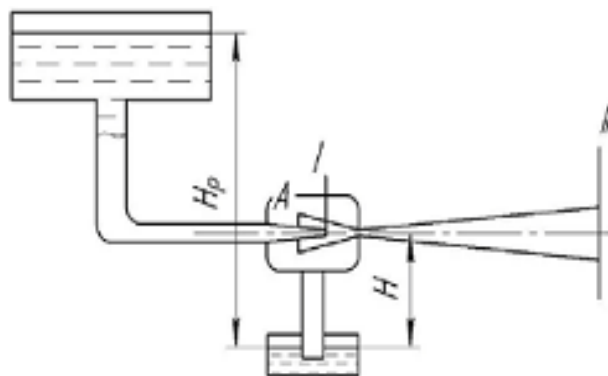


Рис. П.17

4.5. По горизонтальной трубе переменного сечения протекает идеальная жидкость удельного веса $\gamma = 0,95 \text{ т/м}^3$ в количестве $Q = 10 \text{ л/с}$. Определить пьезометрические высоты в сечениях 1, 2, 3, если $d_1 = d_3 = 100 \text{ мм}$, $d_2 = 25 \text{ мм}$, $p_1 = 3 \text{ атм}$ (рис. П.18).

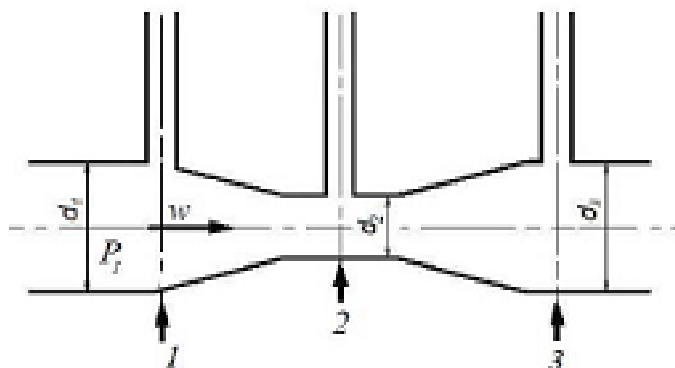


Рис. П.18

4.6. Пожарный, стоя на лестнице, тушит огонь из брандспойта, диаметр которого у устья $d = 2 \text{ см}$, а у корня (точка А) $D = 8 \text{ см}$. Скорость струи на выходе из брандспойта $v = 15 \text{ м/с}$ (рис. П.19). Пренебрегая сопротивлением в стволе, найти силу R , с которой пожарному приходится удерживать брандспойт у точки А.

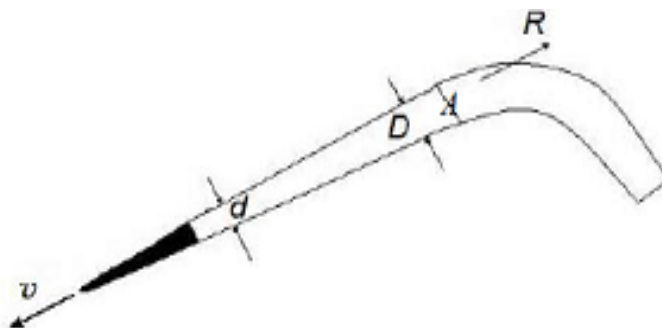


Рис. П.19

4.7. Определить абсолютное давление в диффузоре горизонтальной трубы (рис. П.20), размеры и расход которых приведены в табл. П.9. Показания открытого пьезометра h , а плотность жидкости ρ . Потерями напора по длине трубы пренебречь.

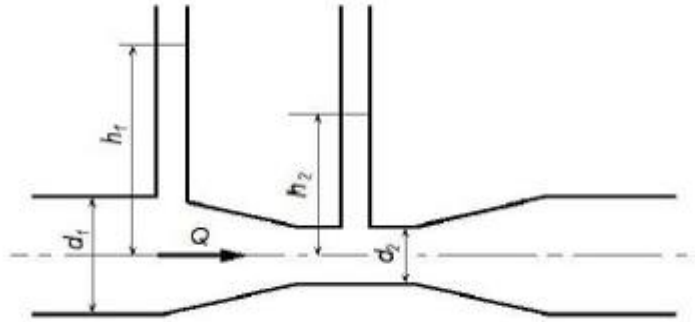


Рис. П.20

Таблица П.9

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110
d_2 , мм	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44
Q , м ³ /с	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9
H_1 , мм	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35
ρ , кг/м ³	1000	990	980	970	960	950	940	930	920	910

4.8. Вода вытекает из открытого бака большого объема в атмосферу через короткое сопло. Уровень воды в баке над соплом $H = 3$ м поддерживается постоянным. Найти массовый расход G воды через сопло, если выходная площадь сопла $F = 10$ см².

4.9. Вода вытекает из большого закрытого бака в атмосферу (давление $P = 1 \cdot 10^5$ Па) через сопло с выходной площадью $F = 10$ см². Высота воды в баке над соплом $h = 12$ м. Над уровнем воды находится воздух давлением $p_1 = 5 \cdot 10^5$ Па. Определить скорость истечения воды из сопла.

4.10. Определить массовый расход горячей воды в трубопроводе с внутренним диаметром $d_{вн} = 412$ мм, если известно, что средняя скорость воды $u = 3$ м/с, а плотность $\rho = 917$ кг/м³.

4.11. На прямом участке реки одновременно сделаны замеры поперечного сечения и определены живые сечения в плоскостях А, В, С (рис. П.21). При этом $F_A = 50$ м²; $F_B = 60$ м²; $F_C = 65,5$ м². Расход воды в момент определения живых сечений составлял $Q = 60$ м³/с. Определить средние скорости течения в плоскостях А, В, С.

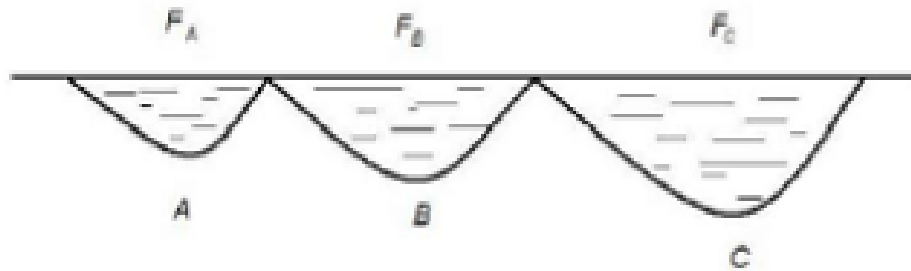


Рис. П.21

4.12. По трубопроводу подаётся $0,314 \text{ м}^3/\text{с}$ воды. Определить диаметр трубопровода, если скорость воды равна 2 м/с .

4.13. Пар от двух котлов одинаковой производительности поступает в общий сборный коллектор и далее в турбину. Определить диаметр паропровода от коллектора к турбине d_t , если диаметры паропроводов от коллектора равны $d_1 = d_2 = 150 \text{ мм}$, а скорость пара на всех участках одинаковая.

4.14. По условиям гидравлического испытания водопровода диаметром $d = 200 \text{ мм}$ и длиной $\ell = 1000 \text{ м}$ давление должно быть поднято от атмосферного до 2 МПа . Определить объём воды, который потребуется дополнительно подать в водопровод. Деформацией труб пренебречь.

Задание 5 по теме «Динамика невязкой несжимаемой жидкости»

5.1. Определить режим течения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе» при следующих условиях: внутренняя труба теплообменника имеет диаметр $25 \times 2 \text{ мм}$, наружная $51 \times 2,5 \text{ мм}$; массовый расход жидкости 3730 кг/ч ; плотность жидкости 1150 кг/м^3 ; динамический коэффициент вязкости $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

5.2. В резервуар подаётся постоянный поток жидкости объёмом Q . Определить путевые потери давления на трение жидкости вязкостью ν_x , трубопровода диаметром d и длиной l (табл. П.10). В качестве жидкости выбрать масло марки М-10-В₂.

Таблица П.10

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , л/мин	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
d , мм	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
l , м	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
$\nu_x \cdot 10^{-6}$, м ² /с	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570

5.3. Определить характер движения нефти по нефтепроводу диаметром $d = 305 \text{ мм}$, если ее расход $Q = 60 \text{ л/с}$, а вязкость $0,082 \text{ см}^2/\text{с}$.

5.4. Нефть удельным весом $\gamma = 8,5 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$ и вязкостью $\varphi = 0,03 \text{ кгс} \cdot \text{с/м}^2$ перекачивается по трубопроводу диаметром $d = 203 \text{ мм}$. Определить весовой расход G , при котором движение переходит из ламинарного в турбулентное.

5.5. Определить наибольшую величину диаметра трубы d , при котором на достаточном удалении от входа будет иметь место ламинарное течение, если через поперечное сечение трубы протекает $Q = 2 \text{ л/с}$ керосина кинематической вязкостью $\nu_{\text{кр}} = 0,05 \text{ см}^2/\text{с}$. Найти также, какова будет при этом средняя скорость течения керосина u .

5.6. По трубопроводу диаметром $d = 203 \text{ мм}$ перекачивается $Q = 100 \text{ л/с}$ мазута, кинематическая вязкость которого постепенно увеличивается вследствие остывания. Определить, при каком значении вязкости $\nu_{\text{кр}}$ в трубе будет иметь место критический режим движения.

5.7. Определить режим движения воды при состоянии насыщения по трубопроводу, имеющему внутренний диаметр 125 мм , при объёмном расходе $Q = 88,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Температура воды 150°C .

5.8. Определить удельное линейное падение давления в трубопроводе тепловой сети. Внутренний диаметр трубопровода $d = 100 \text{ мм}$, температура воды $= 150^\circ\text{C}$, скорость $u = 0,2 \text{ м/с}$, абсолютная шероховатость труб $k = 0,5 \text{ мм}$.

5.9. Определить предельное значение скорости воды в трубопроводах тепловой сети, выше которой линейное падение давления (потери напора) прямо пропорционально квадрату скорости. Температура воды $t = 150^\circ\text{C}$, абсолютная шероховатость труб $k = 0,5 \text{ мм}$.

5.10. Жидкость, имеющая плотность 1200 кг/м^3 и динамический коэффициент вязкости $2 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, из бака 1 с постоянным уровнем самотёком поступает в реактор 2. Определить, какое максимальное количество жидкости (при полностью открытом кране) может поступать из бака в реактор. Уровень жидкости в баке находится на 6 м выше ввода жидкости реактор. Трубопровод выполнен из алюминиевых труб с внутренним диаметром 50 мм . Общая длина трубопровода, включая местные сопротивления, $16,4 \text{ м}$. На трубопроводе имеются три колена и кран (рис. П.22). В баке и реакторе давление атмосферное.

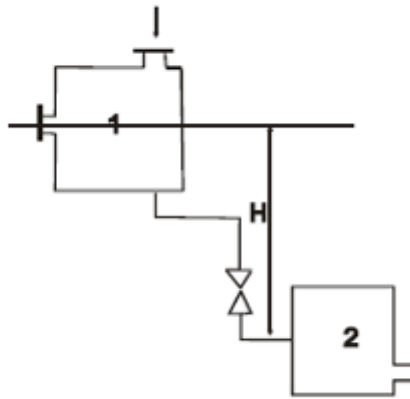


Рис. П.22

5.11. Трубопровод диаметром $d = 100$ мм имеет местное сужение, в котором его диаметр $d_1 = 25$ мм. Определить весовой расход G , среднюю скорость в трубопроводе u и скорость в узкой его части u_1 , если перекачивается мазут удельным весом $\gamma = 900$ кгс/м³ в количестве $Q = 10$ л/с.

5.12. Определить гидравлический уклон i в трубопроводе постоянного диаметра длиной $l = 10$ км при перекачке воды, если в начале трубы давление p_1 больше, чем давление в конце p_2 , на величину $\Delta p = 30$ атм, и конец трубы расположен выше начала на $\Delta z = 20$ м.

5.13. По нефтепроводу перекачивается нефть удельным весом $\gamma = 900$ кгс/см³ в количестве $Q = 40$ л/с. В одном сечении внутренний диаметр трубы $d_1 = 305$ мм и давление $p_1 = 10$ атм, в другом сечении, расположенном выше первого на $\Delta z = 10$ м, внутренний диаметр трубы $d_2 = 254$ мм и давление $p_2 = 8$ атм. Определить высоту потерянного напора h , между этими сечениями.

5.14. Пожарный рукав диаметром $d = 75$ мм имеет на своем конце коническую насадку (брандспойт). Потеря напора при прохождении воды через нее равна $h = 0,5$ м; расход воды $Q = 7$ л/с. Найти, какое давление должна иметь вода перед входом в брандспойт, для того чтобы струя из него била на высоту $H = 15$ м.

5.15. На заданном профиле местности проложен трубопровод и установлена насосная станция (пункт а). Напор, развиваемый насосами, изображается отрезком ab , а падение напора при перекачке наклонной прямой bc (рис. П.23). Определить, в каком месте трубопровода будет наивысшее давление и как его найти. Удельный вес жидкости считается известным.



Рис. П.23

5.16. Поток воды у входа в турбину (рис П.24) в сечении I-I имеет среднюю скорость $u_1 = 1,8$ м/с и давление $p_1 = 2$ атм, а на выходе из турбины (сечение II-II) $u_2 = 1,2$ м/с и $p_2 = 0,3$ атм. Расстояние между сечениями I-I и II-II, измеренное по высоте, $\Delta z = 3$ м. Расход воды, проходящей через турбину, $Q = 72000$ м³/ч. Определить мощность N на валу турбины, если ее КПД $\eta = 0,6$.

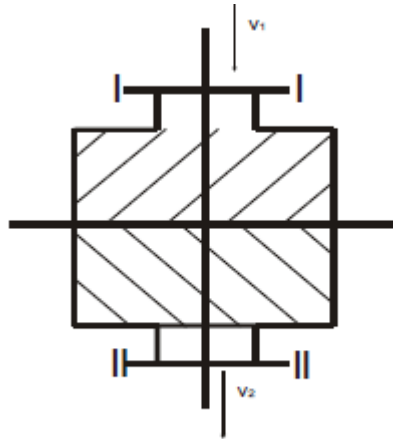


Рис. П.24

5.17. По прямой трубе длиной $l = 1$ км, диаметром $d = 100$ мм протекает со средней скоростью $u = 0,4$ м/с жидкость, имеющая кинематическую вязкость $\nu = 0,4$ см²/с. Определить потерю напора на трение h .

5.18. Определить суточную пропускную способность самотечного нефтепровода диаметром $d = 203$ мм при движении по нему нефти удельным весом $\gamma = 900$ кгс/м³, вязкостью $\nu = 1,46$ см²/с. Длина трубопровода $l = 10$ км, и начальная точка лежит выше конечной на $\Delta z = 50$ м.

5.19. Электростанция потребляет в сутки $G = 2200$ т мазута. Мазут имеет вязкость $0,313$ см²/с и удельный вес $\gamma = 925$ кгс/м³ и перекачивается с нефтесклада по горизонтальному трубопроводу диаметром $d = 203$ мм, длиной $l = 1$ км. Определить абсолютное давление p , развиваемое насосами, если давление в конце трубопровода должно быть равно $p_2 = 1,5$ атм.

5.20. Определить потерю напора и в трубопроводе диаметром $d = 257$ мм, длиной $l = 1000$ м при $k_{\text{экр}} = 0,15$ мм, если весовой расход нефти, перекачиваемой по этому трубопроводу, $G = 200$ т/ч, удельный вес нефти $\gamma = 880$ кгс/м³ и вязкость $\nu = 0,276$ см³/с. Обосновать также выбор расчетной формулы.

5.21. По горизонтальному трубопроводу длиной $l = 40$ км и диаметром $d = 203$ мм ($k_{\text{экр}} = 0,15$ мм) перекачивается вода при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ в количестве $Q = 90$ м³/ч. Обосновать выбор расчетной формулы и определить перепад давления Δp .

5.22. Определить потерю напора h во всасывающей трубе центробежного насоса длиной $l = 20$ м, диаметром $d = 200$ мм при расходе $Q = 60$ л/с. На трубе имеется три закругления ($\zeta_{\text{зак}} = 0,2$) и один всасывающий клапан ($\zeta_{\text{кл}} = 5$); коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda = 0,022$.

5.23. Труба имеет внезапное расширение от диаметра $d_1 = 100$ мм до диаметра $d_2 = 300$ мм. Определить потерю напора h_m и коэффициент местного сопротивления ζ_2 , отнесенный к скорости в широком сечении, если объемный расход $Q = 35,3$ л/с.

5.24. В сосуд, имеющий отверстие в дне (μ и ν считаются заданными), вначале пустой, непрерывно подается некоторое количество жидкости Q . Определить, возможно ли при каких-либо условиях полное опорожнение сосуда и какова должна быть высота сосуда H для того, чтобы он не переполнялся.

5.25. Имеется затопленный прямоугольный водослив с острым ребром (или с тонкой стенкой). Ширина порога водослива $b = 15$ м, высота водослива $p = 1,2$ м, напор над гребнем водослива $H = 2$ м, глубина подтопа $h_n = 1,2$ м. Определить расход воды Q (рис. П.25).

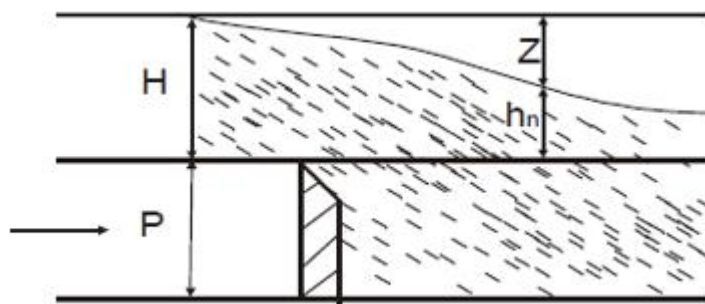


Рис. П.25

5.26. Через незатопленный водослив в тонкой стенке с порогом прямо- угольного профиля необходимо пропустить воду в количестве $Q = 20$ м³/с. Ширина водослива $b = 2$ м. Определить, на какую высоту поднимается вода перед водосливом против его кромки, если ширина потока перед водосливом $B = 8$ м, высота порога над дном верхнего бьефа $p_b = 0,8$ м, скорость подхода воды к гребню водослива $u_0 = 2$ м/с (рис.П.26).

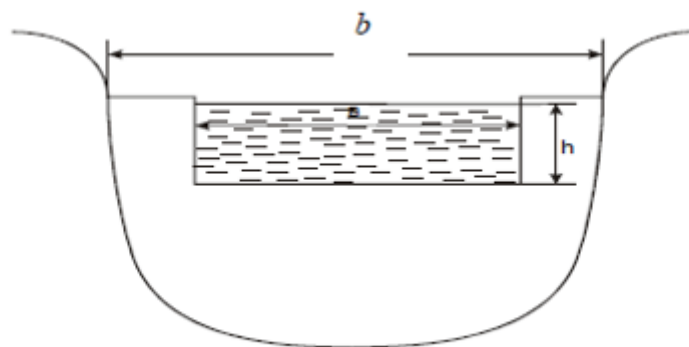


Рис. П.26

5.27. В резервуар подается постоянный поток жидкости Q (рис. П.27). Определить пусковые потери на трение жидкости вязкостью $\nu_{ж}$ в точке А трубопровода диаметром d и длиной l . Значения параметров указаны в табл. П.11. Марка жидкости М-10-В₂.

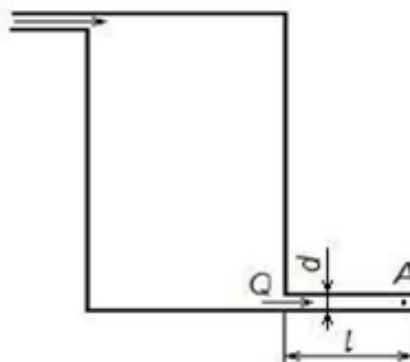


Рис. П.27

Таблица П.11

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , л/мин	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
d , мм	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
l , м	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
$\nu_{ж} \cdot 10^{-6}$, м ² /с	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570

5.28. В резервуар подаётся постоянный поток жидкости Q (рис. П.28). Определить местные потери давления жидкости вязкостью $\nu_{ж}$ в коротком трубопроводе. Суммарный коэффициент местных сопротивлений $\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4 + \zeta_5$, приведён в табл. П.12. Марка жидкости МГ-15-В(с).

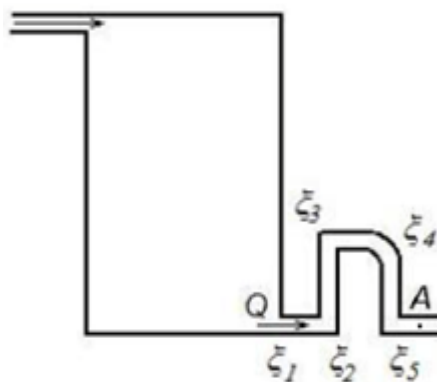


Рис. П.28

Таблица П.12

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, л/мин	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
d, мм	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
ζ	4	5	7	6	4	5	7	6	45	3
$\nu_{ж} \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	510	480	450	420	390	360	330	300	270	240

5.29. Определить скорость истечения и расход воды из бака через круглое отверстие $d = 10$ см, если превышение уровня воды над центром отверстий $H = 5$ м. Коэффициент расхода $\mu = 0,62$.

5.30. Определить теоретический расход воды, если разность напоров в большом и малых сечениях водомера Вентури $\Delta h = 500$ мм рт. ст. Диаметр трубопровода $D = 300$ мм, диаметр цилиндрического участка водомера $d = 100$ мм.

5.31. Определить расход воды, вытекающей из бассейна:

- через отверстие в стенке;
- через внутренний цилиндрический насадок;
- через внешний цилиндрический насадок;
- через коноидальный насадок.

Внутренний диаметр выходных отверстий $d = 100$ мм. Высота уровня воды над центром отверстия 5 м.

5.32. Для целей горячего водоснабжения к потребителям подаётся вода в количестве $Q = 200$ м³/ч при температуре $t = 70^\circ\text{C}$. Длина трубопровода $l = 1000$ м, внутренний диаметр $d_{в} = 259$ мм, давление воды в начале линии $p_1 = 5$ кгс/см³. Отметка оси трубопровода в конечной

точке на 2 м выше начальной. Определить полный напор и давление в начале и конце трубопровода, если шероховатость труб $k = 5 \cdot 10^{-4}$ м, а потеря напора в местных сопротивлениях равна 10% линейных потерь.

5.33. Определить скорость газов в газоходе парового котла, если динамический напор, измеренный с помощью спиртового манометра, равен $h_{сп} = 4$ мм, средняя температура газов в газоходе $t_f = 367^\circ\text{C}$. Плотность газов при нормальных физических условиях $\rho_f = 1,29$ кг/м³; плотность спирта $\rho_c = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³; $\varphi = 0,98$.

5.34. Определить потерю напора в прямом трубопроводе длиной $l = 1000$ м, по которому прокачивается нефтепродукт плотностью $\rho = 900$ кг/м³ в количестве $Q = 31,4$ л/с. Внутренний диаметр трубопровода $d = 200$ мм, коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda = 0,04$.

5.35. Определить возможный расход из водопровода в здании, расположенном на расстоянии 1 км от водонапорной башни, если известно, что уровень воды в башне поддерживается постоянным на высоте 20 м. Вода в здание должна быть подана на высоту 10 м. Водопровод имеет внутренний диаметр $d = 175$ мм и проложен по прямой между водонапорной башней и зданием.

5.36. Определить необходимую высоту уровня воды в напорном баке, предназначенном для подачи воды потребителям по трубопроводу диаметром $d = 125$ мм и длиной $l = 1200$ м, если расход $Q = 60$ м³/ч.

5.37. Определить диаметр трубы, через которую необходимо подать 180 м³/ч воды на расстояние 300 м, если уровень воды в напорном баке на 15 м выше места водозабора.

5.38. Турбинное масло течет по длинной круглой гладкой горизонтальной трубе диаметром $d = 25$ мм. Массовый расход $Q = 0,35$ кг/с. Определить падение давления, отнесенное к единице длины трубы, $\Delta p/l$. Температура масла $T = 239$ К.

5.39. Вода течет по длинной круглой гладкой горизонтальной трубе диаметром $d = 200$ мм. Определить падение давления, отнесенное к единице длины трубы, $\Delta p/l$ при массовом расходе $Q = 150$ кг/с и температуре воды $T = 313$ К. Какой будет величина $\Delta p/l$ при уменьшении расхода в 2 раза.

5.40. 30 т/ч нитробензола при 20°C перекачиваются насосом из бака с атмосферным давлением в реактор, где поддерживается избыточное давление $0,1$ кгс/см², т.е. $\sim 0,01$ Мпа. Трубопровод выполнен из стальных труб диаметром 89×4 мм с незначительной коррозией. Длина всего трубопровода, включая местные сопротивления, 45 м. На трубопроводе установлены: диафрагма ($d_0 = 51,3$ мм), две задвижки и четыре отвода под углом 90° с радиусом изгиба 160 мм. Высота подъема жидкости 15 м. Найти мощность, потребляемую насосом, приняв общий КПД его равным 0,65.

5.41. Минеральное масло в количестве $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ перекачивается по трубопроводу диаметром $108 \times 4 \text{ мм}$ в бак, помещённый на высоте 20 м . Длина горизонтального участка трубопровода 430 м . Вычислить необходимую мощность насоса, если перекачка осуществляется: а) при 15°C и б) при 50°C . При этих температурах плотность масла составляет 960 и 890 , динамический коэффициент вязкости $3,43$ и $0,187 \text{ Па}\cdot\text{с}$, соответственно. Экономично ли подогреть до 50°C масло перед перекачкой, если $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии стоит 4 коп. , а 1 т греющего (отбросного) пара ($\rho_{\text{фбс}} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2$, т. е. $\sim 0,1 \text{ Мпа}$) 2 руб. и если общий КПД насосной установки равен $0,5$.

5.42. При тепловом расчете теплообменника для нагрева некоторого раствора был выбран по каталогу четырёхходовой кожухотрубчатый теплообменник, в котором раствор проходит по трубному пространству со скоростью $0,3 \text{ м}/\text{с}$. Определить гидравлическое сопротивление трубного пространства. Характеристика теплообменника: общее число труб 90 , трубы стальные диаметром $38 \times 2 \text{ мм}$ с незначительной коррозией, высота трубного пространства 2 м , штуцеры для раствора имеют диаметр $159 \times 4,5 \text{ мм}$. Средняя температура раствора $47,5^\circ\text{C}$, динамический коэффициент вязкости $0,83 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, плотность $1100 \text{ кг}/\text{м}^3$.

5.43. Определить суммарные потери давления в трубопроводе (рис. П.29) диаметром 20 мм на участке между точками А и В, если скорость потока жидкости u , суммарный коэффициент местных сопротивлений $\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4$, а общая протяжённость прямолинейных участков трубопровода $l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ (табл. П.13). Марка жидкости М-8-В₂.

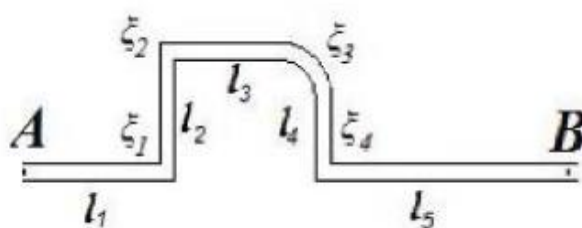


Рис. П.29

Таблица П.13

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u , м/с	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	5,1	5,4	5,7
ζ	2,5	2,8	зд	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2
l , м	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5
$\nu_{\text{ж}} \cdot 10^{-6}$, м ² /с	600	570	540	510	480	450	420	390	360	330

5.44. Вода ($Q = 35 \cdot 10^3$ кг/ч) течет по трубе диаметром $d_1 = 50$ мм, соединенной без перехода с трубой диаметром $d_2 = 80$ мм. Определить потери давления $p_1 - p_2$ вследствие внезапного изменения диаметра трубы. Рассчитать коэффициент потерь ζ , т. е. отношение потерь давления к кинетической энергии потока.

Задание 6 по теме «Газовая динамика»

6.1. Определить число M , скорость звука и параметры торможения (p_0 , R_0 , ρ_0) газового потока, перемещающегося в условиях энергетической изоляции (изоэнтропических условиях) со скоростью u и при давлении p , если известен показатель адиабаты k , газовая постоянная R и максимальная скорость u_{\max} (табл. П.14). Построить графики зависимостей $u(M)$ и $\alpha(M)$ при условии изменения скорости от $u = 0$ до u_{\max}

Таблица П.14

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1,4	1,4	1,4	1,4	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,4
R , Дж/кг·К	31	31	300	300	286	286	173	273	309	309
u , м/с	350	400	522	500	305	550	305	600	720	650
p , кПа	120	130	8607	110	96	100	110	80	50	60
u_{\max} , м/с	715	841	830	916	1115	1052	985	1162	1080	1114

6.2. Невозмущенный газовый поток, движущийся со скоростью u_1 , находился под давлением p_1 , температура t_1 (табл. П.15). Определить скорость, статическое и полное давление за прямым скачком уплотнения, если известно, что $R = 420$ Дж/кг·К, $k = 1,4$ и $c_p = 1470$ Дж/кг·К.

Таблица П.15

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u_1 , м/с	500	550	600	650	700	750	800	750	700	650
p_1 , бар	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	1,1	1,2	1,3
t_1 , °С	20	23	25	27	30	33	35	40	35	30

6.3. Тело движется в стратосфере на высоте 20 км со скоростью $u = 1000$ км/ч. Определить значение критерия Маха и коэффициент скорости λ , если давление воздуха $p = 54,4$ миллибара, а удельный вес $\gamma = 0,09$ кгс/м³.

6.4. Газ метан при давлении $p = 10$ атм имеет удельный вес $\gamma = 6,29$ кгс/м³. Скорость течения газа $u = 80$ м/с. Определить температуру, которую покажет термометр, поставленный в потоке газа. Теплоемкость метана принять равной $C_p = 0,53$ ккал/кг·°С.

6.5. Поток воздуха при давлении $p = 10$ атм и температуре $t = -8^\circ\text{C}$ течёт со скоростью $u = 100$ м/с. Определить температуру T_0 , давление p_0 и плотность ρ_0 этого потока при адиабатическом торможении до состояния покоя, а также найти скорость звука α в потоке.

6.6. Газ с параметрами торможения $p_0 = 10 \cdot 10^5$ Па и $T_0 = 1500$ К вытекает из камеры через сопло Лавала с площадью минимального $F_{\min} = 100$ см² и выходного сечения $F_1 = 400$ см². Давление в пространстве за соплом равно расчетному. Найти реактивную силу L . Газовая постоянная $R = 280$ Дж/(кгК), показатель изоэнтропы $k = 1,35$, трением пренебречь.

6.7. Расширяющееся сопло Лавала предназначено для разгона потока до сверхзвуковой скорости. Какая скорость воздуха в выходном сечении сопла будет получена в расчетном режиме работы, если отношение площади минимального сечения к выходному $F_1/F_{\min} = 2$. Чему равна температура воздуха T в струе, выходящей из сопла. Температура торможения $T_0 = 700$ К, $k = 1,4$, течение изоэнтропийное.

6.8. Изоэнтропийный одномерный поток воздуха течет по трубе переменного сечения. В двух сравниваемых сечениях известны числа $M_1 = 0,7$ и $M_2 = 1,4$. Найти отношения скоростей u_1/u_2 и температур T_2/T_1 воздуха в этих сечениях. Задачу решить как по формулам, так и с помощью таблиц газодинамических функций.

6.9. Изменение площади поперечного сечения трубы F задано уравнением $F / F_{\min} = 2 - e^{-x^2}$. Течение воздуха в трубе рассматриваем как одномерное изоэнтропийное. Можно ли в каком-либо сечении трубы произвольно задать число Маха M . Если нет, то определить границы возможных чисел M , например, для сечения $x = -1$.

6.10. Изменение площади поперечного сечения трубы задано уравнением $F / F_{\min} = 2 - e^{-x^2}$. Течение одномерное изоэнтропийное. Построить графики распределения вдоль трубы чисел M и u/α , безразмерного давления $\varepsilon = p/p_0$, безразмерной температуры $\tau = T/T_0$ (индексом 0 отмечены параметры торможения). Расчеты провести для двух случаев: 1) при $x = -1$ известно число Маха $M_1 = 0,25$; 2) известно, что в трубе дозвуковое течение переходит к сверхзвуковому. Расчеты провести по пяти точкам в пределах $-1 \leq x \leq 1$.

6.11. Воздух движется по трубе переменного сечения. Течение одномерное изоэнтропийное. Отношение минимальных площадей поперечных сечений трубы $F_1 / F_2 = 2$. Какие минимальные и максимальные отношения скоростей u_2 / u_1 потока в этих сечениях, если скорость в сечении F_1 дозвуковая.

6.12. Воздух выходит через суживающееся сопло с площадью выходного сечения $F = 20 \cdot 10^{-3}$ м² и $T_0 = 500$ К, давление за соплом $p_1 = 6 \cdot 10^5$ Па. Определить расход воздуха. Задачу

решить по формуле и с помощью таблиц газодинамических функций. Течение одномерное изоэнтропийное.

6.13. Воздух движется со скоростью $u = 200$ м/с, статическое давление $p = 0,5 \cdot 10^5$ Па, статическая температура $T = 300$ К. Найти параметры изоэнтропийного торможения (давление p_0 , температуру T_0 , плотность ρ_0). Задачу решить по формулам и с помощью таблиц газодинамических функций.

6.14. Поток перегретого водяного пара движется со скоростью $u = 250$ м/с, статическое давление $p_1 = 1,5 \cdot 10^5$ Па, статическая температура $T_1 = 573$ К. Определить параметры изоэнтропийного торможения (энтальпию h_0 , давление p_0 и температуру t_0). Задачу решить по формулам, считая, что пар при этих параметрах подчиняется законам совершенного газа с показателем изоэнтропы $k = 1,3$ и $R = 461,5$ Дж/(кг·К).

6.15. Самолёт летит со скоростью $u = 2500$ км/ч. Температура окружающего воздуха $T = 233$ К, давление $p = 36 \cdot 10^3$ Па. Какую максимальную температуру T_{\max} могла иметь наружная поверхность обшивки самолёта при отсутствии теплопередачи. Какое давление p_0 может быть получено насадком полного давления, установленного на самолёте.

6.16. Скорость воздуха $u = 600$ м/с, а температура $T = 450$ К. Найти число Маха $M = u / \alpha$ и безразмерную скорость $\lambda = u / \alpha^*$ (α – скорость звука, α^* – критическая скорость). Задачу решить по формулам и с помощью таблиц газодинамических функций.

6.17. Скорость воздуха $u = 250$ м/с, а температура торможения $T_0 = 400$ К. Найти число M и безразмерную скорость λ . Задачу решить по формулам и с помощью таблиц газодинамических функций.

6.18. Найти критическую скорость a и критическую температуру T^* для потока воздуха, если температура торможения $T_0 = 600$ К.

6.19. Поток воздуха имеет скорость $u = 200$ м/с и температуру $T = 400$ К. Найти критические скорости α и температуру T . Задачу решить по формулам и с помощью таблиц газодинамических функций.

6.20. Поток воздуха имеет при статическом давлении $p = 1 \cdot 10^5$ Па и температуре $T = 500$ К скорость $u = 150$ м/с. Найти критические параметры (давление p , температуру T и скорость u). Задачу решить по формулам и при помощи таблиц газодинамических функций.

6.21. Температура воздуха в баке большого объёма $T_0 = 500$ К. Температура воздуха в струе, вытекающей из бака, $T_1 = 400$ К. Какая скорость и потока в струе. Является ли она дозвуковой или сверхзвуковой.

ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ (для студентов заочной формы обучения)

Контрольная работа № 1.

Задача 1. На какую величину переместится шток гидроцилиндра диаметром D с запертым в нем при атмосферном давлении объемом минерального масла $V_0 = 18$ л, если на шток приложить усилие T . Значения D и T указаны в табл. П.16. Коэффициент сжимаемости масла $\beta_p = 6,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$. Деформацией стенок гидроцилиндра пренебречь.

Таблица П.16

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D, \text{ мм}$	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140
$T, 10^4 \text{ Н}$	3,5	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	19,0	24,0

Задача 2. Определить необходимую высоту дымовой трубы для печей термического цеха, если труба должна создавать разрежение h мм вод. ст. при средней температуре дымовых газов t_r °С и температуре окружающего воздуха t_b °С (табл. П.17). Плотности дымовых газов и воздуха при нормальных условиях ($t_0 = 0^\circ\text{С}$ и $p_0 = 760$ мм рт.ст.) принять соответственно равными $\rho_r, \text{ кг/м}^3$ и $\rho_b = 1,293 \text{ кг/м}^3$.

Примечание. Разрежение у основания трубы создается за счет разности давления столба атмосферного воздуха и давления столба дымовых газов, равных высоте дымовой трубы H .

Таблица П.17

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_r \text{ кг/м}^3$	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24
$h, \text{ мм.вод.ст}$	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$t_r, \text{ }^\circ\text{С}$	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
$t_b, \text{ }^\circ\text{С}$	20	22	24	26	28	30	28	26	24	22

Задача 3. Определить, каким – потенциальным или вихревым – будет движение жидкости, заданное проекциями скоростей u, v, w (табл. 3). Найти функцию потенциала скорости φ и составить уравнение линии тока, если движение потенциальное. Найти составляющие угловой скорости вращения $\omega_x, \omega_y, \omega_z$, если движение вихревое.

Примечание: a, b, c – постоянные величины; $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Таблица П.18

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	$-\alpha y$	$-2\alpha y$	by	$2by$	$x+t$	$\alpha x/R^3$	bx/R^3	αxy	bxy	cxy
v	$-\alpha x$	$2\alpha x$	$-by$	$-2bx$	$-y+t$	$\alpha y/R^3$	by/R^3	αxz	byz	cyz
w	0	0	0	0	0	$\alpha z/R^3$	bz/R^3	αxz	bxz	cxz

Контрольная работа № 2.

Задача 1. Определить абсолютное давление в диффузоре горизонтальной трубы (рис. П.30), размеры и расход которых приведены в табл. П.19. Показания открытого пьезометра h , а плотность жидкости ρ . Потерями напора по длине трубы пренебречь.

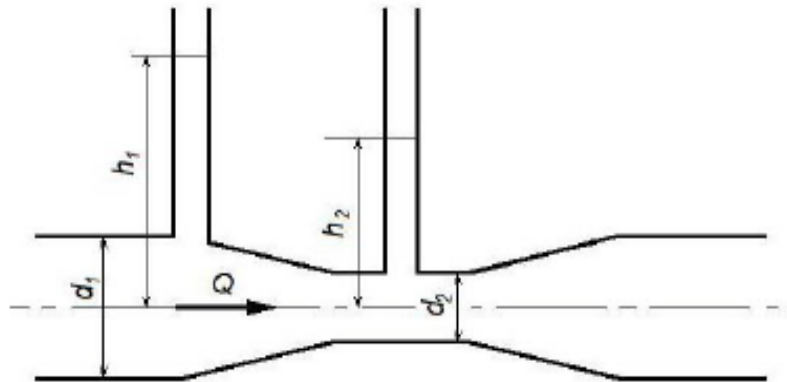


Рис. П.30

Таблица П.19

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110
d_2 , мм	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44
Q , м ³ /с	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9
H_1 , мм	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35
ρ , кг/м ³	1000	990	980	970	960	950	940	930	920	910

Задача 2. Определить суммарные потери давления в трубопроводе (рис. П.31) диаметром 20 мм на участке между точками А и В, если скорость потока жидкости u , суммарный коэффициент местных сопротивлений $\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4$, а общая протяжённость прямолинейных участков трубопровода $l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ (табл. П.20). Плотность жидкости $\rho_{ж} = 890$ кг/м³.

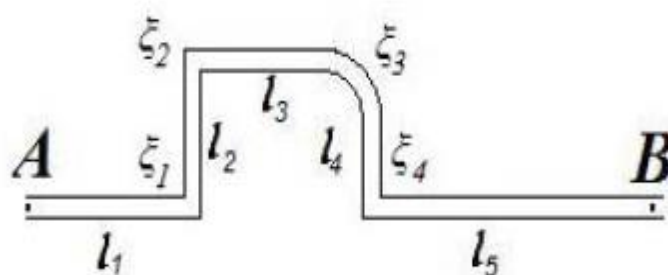


Рис. П.31

Таблица П.20

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u , м/с	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	5,1	5,4	5,7
ζ	2,5	2,8	зд	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2
l , м	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5
$\nu_{ж} \cdot 10^{-6}$, м ² /с	600	570	540	510	480	450	420	390	360	330

Задача 3. Определить число M , скорость звука и параметры торможения (p_0 , R_0 , ρ_0) газового потока, перемещающегося в условиях энергетической изоляции (изоэнтропических условиях) со скоростью u при давлении p , если известен показатель адиабаты k , газовая постоянная R и максимальная скорость u_{\max} (табл. П.21). Построить графики зависимостей $u(M)$ и $a(M)$ при условии изменения скорости от $u = 0$ до u_{\max} .

Таблица П.21

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1,4	1,4	1,4	1,4	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,4
R , Дж/кг·К	31	31	300	300	286	286	173	273	309	309
u , м/с	350	400	522	500	305	550	305	600	720	650
p , кПа	120	130	8607	110	96	100	110	80	50	60
u_{\max} , м/с	715	841	830	916	1115	1052	985	1162	1080	1114

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КОТОРЫЕ ПРИ
НЕОБХОДИМОСТИ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В ФОРМЕ ЗАЧЕТА**

1. В чем заключается принципиальное отличие жидкостей и газов от твердого тела?
2. В чем общность и в чем принципиальное различие между капельными жидкостями и газами?
3. Что называется идеальной жидкостью?
4. Классификация сил, действующих в жидкости (по природе происхождения).
5. Классификация сил, действующих в жидкости (по характеру действия).
6. Что называют давлением в жидкости.
7. Основные параметры потока (термодинамические и кинематические).
8. Что называется вязкостью жидкости и каким параметром она количественно характеризуется?
9. Какова качественная зависимость вязкости от температуры для капельных жидкостей и газов?
10. Сформулировать основные принципы механизма возникновения трения в слоистых (ламинарных) течениях.
11. В чем отличие стационарного и нестационарного течений жидкости?
12. Что называют полным ускорением движущейся жидкой частицы?
13. В чем общность и различие понятий: "линия тока" и "траектория движения жидкой частицы"?
14. Что называется трубкой тока?
15. Какие деформации может испытывать жидкая частица в общем случае движения?
 16. В чем состоит принципиальное отличие движения деформируемой сплошной среды от абсолютно твердой?
17. Сформулировать содержание первой теоремы Гельмгольца.
18. Какое движение называется вихревым?
19. В чем различие понятий "вихревое" и "циркуляционное" движение жидкой частицы?
20. При каких условиях возможно возникновение и исчезновение вихревого движения частиц жидкости?
 21. Сформулировать закон сохранения массы применительно к движущейся жидкой среде. Какое из основных уравнений гидрогазодинамики выражает собой математическую формулировку этого закона сохранения?

22. Записать уравнение неразрывности для плоского течения несжимаемой жидкости.
23. Записать уравнение неразрывности для одномерного потока сжимаемой жидкости.
24. Записать уравнение расхода для одномерного потока несжимаемой жидкости.
25. Сформулировать закон сохранения количества движения применительно к жидкому элементу. Какое из основных уравнений гидрогазодинамики выражает собой математическую формулировку этого закона сохранения?
26. При каких ограничениях, накладываемых на свойства жидкости и характер течения, становится возможным непосредственное интегрирование дифференциального уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера)?

27. Сформулировать гидродинамический смысл интеграла Эйлера: $gz + \int \frac{p}{\rho} - \phi = Const$

28. Сформулировать гидродинамический смысл интеграла Бернулл:

$$gz + \int \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = Const$$

29. Сформулировать энергетический смысл уравнения Бернулли: $gdz + \frac{dp}{\rho} + d\frac{u^2}{2} = 0$

30. Сформулировать физический смысл уравнения движения реально (вязкой) жидкости уравнения Навье-Стокса

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right)$$

31. Сформулировать закон сохранения энергии применительно к жидкому элементу. Какое из основных уравнений гидрогазодинамики выражает собой математическую формулировку этого закона сохранения?
32. При каких термодинамических ограничениях, накладываемых на поток, для их математического описания достаточно использование двух законов сохранения (массы и количества движения)?
33. Воспроизвести основные уравнения одномерного течения идеальной несжимаемой жидкости.
34. Что понимают под скоростью звука? Функцией каких параметров является скорость звука в идеальном газе?
35. Сформулировать понятия максимальной (V_{max}) и критической (a^*) скорости.
36. Какие параметры потока называют параметрами торможения?
37. Какие, из известных Вам, безразмерных скоростей используются в качестве критериев в

теории подобия.

38. Каков возможный диапазон изменения числа Маха (M), если в рассматриваемой области течения скорость меньше критической, т.е. если $0 \leq V \leq a^*$?

39. Каков возможный диапазон изменения числа Маха (M), если в рассматриваемой области течения скорость больше критической, т.е. если $a^* \leq V \leq V_{\max}$?

40. Как (качественно) изменяется скорость дозвукового ($\lambda < 1$) газового потока при движении в расширяющейся ($\frac{\partial F}{\partial x} > 0$) и в сужающейся ($\frac{\partial F}{\partial x} < 0$) части канала произвольной формы? Проиллюстрировать графически.

41. Как (качественно) изменяется скорость сверхзвукового ($\lambda > 1$) газового потока при движении в сужающейся ($\frac{\partial F}{\partial x} < 0$) и в расширяющейся ($\frac{\partial F}{\partial x} > 0$) части канала произвольной формы? Проиллюстрировать графически.

42. В чем заключается принципиальное различие характера изменения скорости потока вдоль канала произвольной формы для дозвуковых и сверхзвуковых течений? Проиллюстрировать графически.

43. Назовите, известные Вам, газодинамические функции одномерного потока.

44. Какое течение называется потенциальным?

45. Объяснить, с какой целью, при математическом описании плоских потенциальных течений, в рассмотрение вводятся потенциальные функции: **функция тока и потенциал скорости?**

46. Что дает применение функции комплексного переменного при описании плоских потенциальных течений?

47. Что называется комплексным потенциалом потока?

48. Сформулируйте теорему Жуковского о подъемной силе.

49. Сформулировать основные особенности физической природы сверхзвуковых течений.

50. Каковы особенности изменения параметров сверхзвукового потока при обтекании тел и движении в каналах произвольной формы?

51. Что называется скачком уплотнения? (Скачки косые и прямые).

52. Что называется тепловым скачком? (Скачки сильные и слабые).

53. Какую наибольшую скорость может развить поток в выходном сечении суживающегося сопла и почему?

54. Почему течения в коротких соплах можно рассматривать как изоэнтропийные?

55. Какими будут давление и расход в выходном сечении суживающегося сопла при достижении потоком, в этом сечении, критической скорости.
56. Что называется первым критическим отношением давлений?
57. Что называется вторым критическим отношением давлений?
58. Что характеризует коэффициенты расхода: сопла - μ и отверстия - $\mu_{отв}$?
59. Сформулировать газодинамические принципы, заложенные в основу работы лабиринтных уплотнений турбомашин.
60. Какой из критериев теории подобия количественно характеризует гидродинамический режим вынужденного течения жидкости?
61. Каков гидродинамический режим течения жидкости при значении $Re=1000$?
62. Как изменится гидродинамический режим течения жидкости при повышении температуры?
63. Какое течение называется ламинарным?
64. Какому закону подчиняется распределение скорости в поперечном сечении плоского канала в ламинарном потоке?
65. Какому закону подчиняется распределение скорости в поперечном сечении цилиндрического канала в ламинарном потоке?
66. Что называется гидродинамическим пограничным слоем?
67. В чем заключается особенность решения уравнения Навье-Стокса в приближении пограничного слоя?
68. Как определяется толщина ламинарного пограничного слоя?
69. Что такое интегральная толщина пограничного слоя?
70. Какое течение называется турбулентным?
71. Какими параметрами количественно характеризуется турбулентность?
72. В чем состоит отличие уравнения Рейнольдса для турбулентного течения от уравнения Навье-Стокса?
73. Каков механизм возникновения турбулентного трения?
74. При каком характере течения (ламинарном или турбулентном) поток располагает большим запасом кинетической энергии в пограничном слое и почему?
75. Что такое полуэмпирическая теория турбулентности?
76. Физическая природа отрыва пограничного слоя.
77. Перечислить основные негативные аспекты отрыва пограничного слоя.

78. Отрыв погранслоя возможен при наличии у поверхности обтекаемого тела положительного ($\frac{\partial P}{\partial x} < 0$) или отрицательного ($\frac{\partial P}{\partial x} < 0$) продольных градиентов давления? И почему?
79. Как изменяется давление в потоке в поперечном направлении погранслоя ($\frac{\partial P}{\partial y}$)?
80. Какой гидродинамический эффект получил название кризиса сопротивления плохо обтекаемых тел? Пояснить иллюстративно.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН) ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Предмет гидрогазодинамики. Объект изучения, физическое строение жидкостей и газов. Основные методы решения задач гидрогазодинамики. Области применения и важнейшие задачи. Значение гидрогазодинамики в теплоэнергетике и теплотехнологии.
2. Законы сохранения, используемые в механике жидкости. Гипотезы сплошной среды их следствия. Плотность, объемные и поверхностные силы.
3. Основные физические свойства жидкостей и газов. Сжимаемость. Текучесть. Законы вязкого трения.
4. Режимы течения и структура потоков. Турбулентность. Явление переноса. Аналогия переноса импульса, вещества и тепла.
5. Классификация потоков. Идеальные жидкости и газы. Давление, температура. Уравнения состояния.
6. Элементы термодинамики и молекулярно-кинетической теории. Неньютоновские жидкости. Растворимости газов в жидкостях. Смеси. Особые свойства воды. Стандартная атмосфера.
7. Способы задания движения сплошной среды. Линейные деформации (основные свойства). Абсолютное и относительное перемещение.
8. Малые деформации, теорема Коши – Гельмгольца.
9. Связь между эйлеровыми и лагранжевыми способами задания движения. Тождественность тензоров деформации при эйлеровом и лагранжевом методе задания движения в случае малых деформаций.
10. Связь между тензором деформации и тензором скорости деформации, тензором поворота и тензором вращения.
11. Понятие о линиях и трубках тока. Ускорение жидкой частицы.
12. Расход элементарной струйки и расход через поверхность. Уравнение неразрывности (сплошности) в разных формах.
13. Общий характер движения и деформаций жидких частиц, разложение сложного движения на составляющие; вихревое и безвихревое (потенциальное) движения.
14. Теорема Стокса.
15. Потенциал скорости. Функция тока. Сетка течения.
16. Силы, действующие в жидкостях; напряжения поверхностных сил; напряженное состояние.

17. Общее уравнение баланса, его физический смысл.
18. Напряженное состояние жидкой среды. Нормальные и касательные напряжения.
19. Уравнения движения в напряжениях.
20. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред. Уравнения Эйлера и их интегралы. Основная формула гидростатики; распределение давления в покоящемся газе.
21. Относительное равновесие жидкости.
 22. Два способа выражения и отсчета давления. Термостатический напор. Расчет отопительных систем.
 23. Понятие о силах давления. Гидростатический закон давления. Равновесие атмосферы, распределение давления по высоте. Равновесие при тепломассопереносе.
 24. Распределение сил давления на плоской стенке в жидкости.
 25. Главный вектор и главный момент сил давления в случае криволинейной стенки.
 26. Плавание тел в жидкости (газе). Закон Архимеда. Устойчивость плавания. Метацентры. Запас устойчивости.
 27. Условия на границах раздела. Капельные жидкости. Поверхностное натяжение. Уравнение Лапласа. Капиллярность жидкостей.
 28. Условия на границах раздела при учете капиллярности. Устойчивость равновесия. Устойчивость равновесия в условиях теплообмена.
 29. Уравнение баланса энергии. Уравнение энергии для струйки несжимаемой и сжимаемой жидкости.
 30. Баротропные течения.
 31. Потенциальные потоки. Уравнения движения в форме Лэмба-Громеки.
 32. Условия существования интегралов энергии. Интегралы Бернулли, Эйлера и Коши-Лагранжа.
 33. Понятие напора (геометрический, пьезометрический и скоростной напор).
 34. Ограничения на скорости движения жидкостей и газов.
 35. Следствия из уравнений Бернулли: истечение жидкости из открытого и закрытого сосуда. Формула Торричелли.
 36. Уравнение Бернулли для линии тока вязкой жидкости.
 37. Уравнение Бернулли для относительного движения. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения.
 38. Способы определения скоростей и давления в движущейся жидкости. Трубка Пито.
 39. Образование вихрей. Теоремы Томпсона и Лагранжа.
 40. Бароклинная жидкость (примеры возникновения вихрей).

41. Уравнение Навье-Стокса.
42. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах. Диссипация и перенос энергии.
43. Уравнение переноса теплоты.
44. Динамическая и объемная вязкость.
45. Слоистые движения вязкой жидкости (течения в каналах, трубах). Число Рейнольдса.
46. Определение потерь в трубах.
47. Уравнение Бернулли для трубки тока конечных размеров.
48. Определение коэффициентов Кориолиса и Буссинеска.
49. Определение местных и путевых потерь.
50. Расчет простых и сложных трубопроводов.
51. Диссипативная функция. Необратимые потери. Расчет потерь кинетической энергии для простых течений.
52. Элементарная теория смазки.
53. Уравнение Рейнольдса.
54. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Уравнения Рейнольдса для турбулентного потока.
55. Метод анализа размерностей. Пи-теорема.
56. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобия.
57. Основные правила гидромеханического моделирования. Моделирование изотермических и неизотермических процессов.
58. Тепловое и диффузионное подобие.
59. Частные законы гидродинамического подобия. Определяющие и неопределяющие критерии.
60. Моделирование устойчивости струи.
61. Моделирование движения жидкости в напорных трубопроводах, открытых руслах, сооружениях, гидropневмосистемах и гидромашинах.
62. Планирование экспериментальных исследований.
63. Методы и приборы для измерения глубин, давления, скоростей, расходов, частот вращения, мощности, концентрации и т.д.
64. Измерение мгновенных скоростей и давлений.
65. Обработка экспериментальных данных и определение характеристик объектов.
66. Уравнение Бернулли для одномерного потока.

67. Потери механической энергии в гидравлических сопротивлениях. Общая природа гидравлических сопротивлений.
68. Одномерная модель и приведение к ней плавноизменяющихся течений.
69. Обобщение уравнения Бернулли для одномерного потока.
70. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация.
71. Структура формула для вычисления потерь удельной энергии (напора).
72. Основная формула равномерного движения. Сопротивления по длине, основная формула потерь.
73. Данные о гидравлическом коэффициенте трения. Зоны сопротивления.
74. Ламинарный поток в трубе и приведение его к одномерной модели.
75. Турбулентное течение в трубах, физическая природа турбулентных напряжений и их представление на основе полуэмпирических теорий.
76. Профиль скоростей, концентрация вещества и температуры.
77. Зоны гидродинамического сопротивления.
78. Законы распределения скоростей и сопротивление при турбулентном течении жидкости в трубах.
79. Наиболее употребительные формулы для гидравлического коэффициента трения.
80. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.
81. Истечение жидкости через «малые» отверстия в тонкой стенке: средняя скорость, расход, траектория струи жидкости; истечение через затопленные отверстия.
82. Особенности истечения через внешний цилиндрический насадок. Насадки других видов.
83. Силовое воздействие потока на ограничивающие его стенки.
84. Затопленные струи жидкости и газа. Структура течения и расчетные зависимости.
85. Подобие профилей скоростей, концентрации вещества и температуры.
86. Струи в ограниченном и полуограниченном пространстве.
87. Учет неизотермичности струй.
88. Аэродинамика горения топлива. Влияние охлаждения и нагревания струи.
89. Одномерное неустановившееся движение. Основное уравнение, инерционный напор.
90. Случаи малых ускорений – истечение из резервуаров при переменном напоре.
91. Большие ускорения, колебания давлений и уровней в напорных системах.
92. Гидравлический удар в трубах, формулы Жуковского.
93. Одномерное течение невязкого газа. Основные термодинамические соотношения.

94. Уравнение Бернулли для газа.
95. Параметры торможения и критическая скорость. Газодинамические функции.
96. Уравнение Гюгонио и его анализ; переход через скорость звука.
97. Сопло Лаваля.
98. Адиабаты Гюгонио и Пуассона.
99. Истечение газа через сужающееся сопло.
100. Прямой скачок уплотнения.
101. Изотермическое и адиабатное движение газа в трубах.
102. Использование уравнения сохранения импульса для определения местных потерь напора.
103. Сложение потерь напора.
104. Расчет газовых трактов промышленных печей.
105. Влияние неизотермичности потока на сопротивление.
106. Расчет тяги дымовой трубы.
107. Основы расчета газопроводов систем вентиляции и газоходов.
108. Расчет газопроводов систем вентиляции и газоходов.
109. Основные уравнения гидрогазодинамики при одномерности течения. Скорость звука.
110. Контактные разрывы и ударные волны.
111. Соотношение на разрыве. Слабые и сильные разрывы.
112. Трансзвуковые потоки.
113. Использование метода импульсов для определения силы воздействия потока газа на твердые поверхности.
114. Виды двухфазных потоков и их классификация.
115. Концентрация объемная и массовая.
116. Основные понятия гидродинамики дисперсных сред, исходные гипотезы.
117. Системы газ – твердые частицы, жидкость – твердые частицы.
118. Поведение твердой изолированной частицы. Витание твердых частиц в различных потоках.
119. Коэффициент сопротивления при обтекании твердого тела установившимся потоком.
120. Установившееся и неустойчивое течение газожидкостных смесей.
121. Расход жидкости, газа, и газожидкостных смесей.
122. Осаждение монодисперсной и полидисперсной взвесей.

123. Сесненное осаждение твердых частиц.
124. Принципы гидравлического расчета отстойников.
125. Взвешивание частиц восходящим потоком. Понятие о псевдооживленном слое.
126. Особенности осаждения (всплывания) капель жидкости и газовых пузырей.
127. Двухфазные потоки жидкости. Критическая скорость.
128. Сохранение массы компонента.
129. Сохранение импульса. Перенос импульса через поверхность в смесях.
130. Взаимодействие на границе раздела фаз.
131. Условия совместности на границе раздела фаз для потока массы, импульса и энергии.
132. Условия совместности для бинарных двухфазных систем.
133. Неравновесные эффекты на межфазных границах.
134. Принципы гидравлического расчета трубопроводов и аппаратов с двухфазной жидкостью.
135. Особенности течения жидкостей с высокомолекулярными присадками.
136. Основы гидравлического расчета движения и осаждения частиц в потоке.
137. Кризис сопротивления.
138. Интенсификация перемешивания.
139. Барботаж.
140. Применение криволинейных координат.
141. Простейшие пространственные потенциальные течения и их суперпозиция.
142. Применение метода особенностей.
143. Расчеты течений в осесимметричных каналах.
144. Неустановившееся движение тела в идеальной жидкости, инерционное сопротивление и понятие о присоединенных массах.
145. Плоские и осесимметричные течения невязкого газа.
146. Распространение малых возмущений в газе.
147. Линии возмущения в сверхзвуковом потоке.
148. Обтекание твердых тел дозвуковым и сверхзвуковым потоком газа при малых возмущениях.
149. Общие уравнения для потенциала скорости и функции тока при конечных возмущениях в потоке газа.
150. Преобразование уравнений для дозвуковых течений. Метод Чаплыгина; приближенные методы расчета.

151. Методы решения уравнений Навье – Стокса. Точные и приближенные решения.
152. Внешняя задача гидродинамики. Нормальная, касательная и результирующая сила.
153. Основные понятия пограничного слоя.
154. Пограничный слой на пластине.
155. Ламинарный пограничный слой.
156. Тепловой и диффузионный слой.
157. Интегральное соотношение Прандтля для ламинарного пограничного слоя. Устойчивость слоя. Турбулентный пограничный слой.
158. Тепловой и диффузионный турбулентный слой.
159. Пограничный слой на криволинейной поверхности.
160. Отрыв пограничного слоя.
161. Управление течением в пограничном слое.
162. Примеры плоских автомодельных решений Прандтля.
163. Общие свойства безвихревых течений; постановка задачи.
164. Суперпозиция потенциальных течений.
165. Плоские течения, гидродинамическая сетка, способы ее построения и использование для расчета полей скоростей.
166. Годограф скорости.
167. Простейшие плоские потенциальные потоки (равномерный поток, источник-сток, диполь, вихрь, вихревой слой).
168. Суперпозиция элементарных течений.
169. Обтекание круглого цилиндра с циркуляцией; эффект Магнуса и образование подъемной (поперечной) силы Жуковского.
170. Применение функций комплексного переменного. Комплексный потенциал и сопряженная скорость.
171. Метод конформных отображений.
172. Обтекание с циркуляцией плоской пластины.
173. Постулат Жуковского – Чаплыгина.
174. Постановка задачи об обтекании крыльевого профиля.
175. Сущность метода особенности.
176. Понятие о разрывных течениях идеальной жидкости.
177. Схемы Кирхгофа и д.р.
178. Элементы методов теории струй идеальной жидкости.

179. Расчет газопровода.
180. Обзор основных уравнений гидрогазодинамики и современных методов их решения.
181. Управление потоком с помощью пограничной геометрии.
182. Разделение неизотермических потоков с помощью вихревой камеры.
183. Интенсификация процессов переноса на шероховатой поверхности.
184. Течения с развитой кавитацией. Классификация типов, стадий и форм развития и кавитации.
185. Влияние вязкости и шероховатости.
186. Основные допущения и схемы классической теории развитой кавитации.
187. Оценка числа кавитации.
188. Обтекание пластинки.
189. Сравнение различных моделей развитой кавитации.
190. Схлопывание пузырьков в идеальной и вязкой жидкости.
191. Теория несущей Линии Прандтля.
192. Уравнение Прандтля.
193. Угол скоса потока.
194. Индуктивное сопротивление.
195. Использование теории крыла при расчете лопастных машин.
196. Необходимые и достаточные условия равновесия. Условия для сил, давлений и плотностей.
197. Общие сведения о гидромашинах.
198. Классификация насосов и гидродвигателей.
199. Принцип действия динамических и объемных машин.
200. Основные параметры: подача (расход), напор, мощность, КПД.
201. Баланс мощности в гидромашинах.