

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения и  
аэрокосмической техники  
И.Г. Дроздов

«23» сентября 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Прикладная гидромеханика»**

**Специальность** 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии

**Специализация** Машины и оборудование для транспортировки, переработки  
и хранения углеводородов

**Квалификация выпускника** Горный инженер (специалист)

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2026

Автор программы



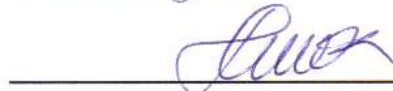
А.В. Кретинин

Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки



С.Г. Валухов

Руководитель ОПОП



С.Г. Валухов

Воронеж 2025

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

– подготовка к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста (горного инженера) по направлению; формирование систематизированных знаний в области явлений, связанных с закономерностями движения жидкости и газа, при их взаимодействии с обтекаемыми твердыми телами или ограничивающими поверхностями или между самими жидкостями и газами; разработка методологических основ и принципов проведения расчетов при проектировании и эксплуатации энергоустановок, решения задач подземной гидромеханики

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

1.2.1 овладение основами физического и математического моделирования гидрогазодинамических явлений и процессов, расчетами по типовым методикам, использование прикладного программного обеспечения для расчета параметров энергоустановок и других сложных технических объектов, использующих в качестве рабочего тела, теплоносителя или энергоносителя жидкости и газы;

1.2.2 изучение методов проектирования и их алгоритмов, связанных с созданием и эксплуатацией энергоустановок и других сложных технических объектов и их модернизацией, использующих в качестве рабочего тела, теплоносителя или энергоносителя жидкости и газы, улучшением их эксплуатационных характеристик, повышением экологической безопасности, улучшением условий труда, экономией ресурсов с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта их разработки;

1.2.3 формирование системных и профессиональных компетенций по подготовке будущих специалистов к обеспечению правильной эксплуатации и ремонту энергетического и технологического оборудования, использующего в качестве рабочего тела теплоносителя или энергоносителя жидкости и газы, к планированию и участию в проведении испытаний технологического оборудования

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Прикладная гидромеханика» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Прикладная гидромеханика» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способен осуществлять контроль и эксплуатацию технологического оборудования (резервуаров, насосных станций, трубопроводов, запорной арматуры и др.)

ПК-12 - Способен осуществлять руководство персоналом

подразделения. обеспечивая надежную и эффективную эксплуатацию оборудования НППС

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-4	знать принципы повышения эффективности и безопасности эксплуатации оборудования объектов приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов
	уметь осуществлять контроль внедрения безопасных технологий эксплуатации оборудования на объектах приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов
	владеть способами анализа данных о техническом состоянии оборудования объектов приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов и причин аварийных ситуаций
ПК-12	знать способы руководства персоналом подразделения, обеспечивая надежную и эффективную эксплуатацию оборудования НППС
	уметь организовать работы по эксплуатации НППС
	владеть знаниями, достаточными для осуществления руководства персоналом подразделения по эксплуатации НППС

#### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины «Прикладная гидромеханика» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	48	48
В том числе:		
Лекции	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа</b>	60	60
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

#### **5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
-------	-------------------	--------------------	------	-----------	-----	------------

1.	Введение. Общие сведения	Общая характеристика гидрогазодинамических процессов в энергоустановках. Предмет, задачи и основные гипотезы гидрогазодинамики. Методы решения задач гидрогазодинамики. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности при эйлеровом и лагранжевом описании. Массовые и поверхностные силы. Закон сохранения количества движения. Тензор напряжений. Закон сохранения энергии. Интеграл Бернулли. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.	6	4	10	20
2.	Движение однофазных и двухфазных сред в трубопроводных системах	Характеристика условий работы парогенерирующих энергетических установок, анализ и особенности протекающих в них процессов. Свойства теплоносителей и рабочих сред. Гидравлические схемы. Принципы организации движения рабочих сред, их сопоставительный анализ. Замкнутые и разомкнутые контуры. Структура двухфазных потоков, пузырьковая, стержневая, эмульсионная, дисперсно-кольцевая, дисперсная. Расслоенная структура потока при движении в горизонтально обогреваемых трубах. Система дифференциальных уравнений одномерного течения в прямой круглой трубе постоянного сечения. Физическая модель движения однофазной среды в обогреваемой трубе. Расходные характеристики двухфазных потоков: линейная и массовая скорости, паросодержание, скорость циркуляции, плотность, приведенные скорости фаз, скорости смеси, относительная энтальпия потока. Методы определения напорного паросодержания и плотности реальной пароводяной смеси. Перепад давлений в трубных элементах. Потери напора от трения и местных сопротивлений. Суммарное изменение статического давления в коллекторах. Тепловые и гидродинамические условия работы теплообменников. Гидравлическая и тепловая неравномерности. Методы предотвращения тепловой и гидравлической разверок.	6	4	10	20
3.	Моделирование турбулентности	Неустойчивость ламинарных течений и возникновение турбулентности. Распределение скоростей при турбулентном течении в трубах. Модель пути перемешивания Л. Прандтля. Турбулентное течение между параллельными плоскостями (течение в плоской трубе). Расчет турбулентного пограничного слоя. Затопленные турбулентные струи. Модель турбулентности Spalart-Almaras (1 уравнение). Модель $k-\epsilon$ (2 уравнения). Модель $k-\omega$ (2 уравнения). Модель Transition $k-k_1-\omega$ (3 уравнения). Модель Transition SST (4 уравнения). Модель Reynolds Stress. Модель Scale-Adaptive Simulation. Модель Detached Eddy Simulation. Модель Large Eddy Simulation. Граничные условия для параметров турбулентности. Стандартные пристеночные функции. Модификации $k-\epsilon$ модели (Standard, RNG, Realizable). Модификации пристеночных функций (Standard Wall Functions, Scalable Wall Functions, Non-Equilibrium Wall Functions)	6	2	10	18

4.	Моделирование турбулентных течений в ANSYS	Модуль ANSYS CFX. Модуль Fluent. Моделирование турбулентных течений в проточной части центробежных насосов. Модели турбулентности, доступные в турбо режиме ANSYS	6	2	10	18
5.	Двухфазные течения в каналах различной направленности.	Области распространения двухфазных потоков. Основные определения и терминология. Режимы (структуры) потоков. Течение при дросселировании. Истинное объемное газосодержание и плотность смеси. Уравнения сохранения количества движения для двухфазного потока. Корреляции трения для различных структур двухфазного потока. Математическое моделирование течения нефтегазовой смеси.	4	2	10	16
6.	Движение жидкостей и газов в пористых структурах	Основные законы фильтрации. Граничные и начальные условия в задачах подземной гидродинамики. Фильтрационные параметры пласта. Стационарные фильтрационные потоки. Свойства флюидов. Нелинейные законы фильтрации. Обобщенный закон Дарси.	4	2	10	16
<b>Итого</b>			<b>32</b>	<b>16</b>	<b>60</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать принципы повышения эффективности и безопасности эксплуатации оборудования объектов приема, хранения и	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при зачете	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	отгрузки нефти и нефтепродуктов			
	уметь осуществлять контроль внедрения безопасных технологий эксплуатации оборудования на объектах приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов	Решение стандартных практических задач во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способами анализа данных о техническом состоянии оборудования объектов приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов и причин аварийных ситуаций	Решение прикладных задач в конкретной предметной области во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-12	знать способы руководства персоналом подразделения, обеспечивая надежную и эффективную эксплуатацию оборудования НППС	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при зачете	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь организовать работы по эксплуатации НППС	Решение стандартных практических задач во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть знаниями, достаточными для осуществления руководства персоналом подразделения по эксплуатации НППС	Решение прикладных задач в конкретной предметной области во время самостоятельной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-4	знать принципы повышения эффективности и безопасности	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	эксплуатации оборудования объектов приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов			
	уметь осуществлять контроль внедрения безопасных технологий эксплуатации оборудования на объектах приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способами анализа данных о техническом состоянии оборудования объектов приема, хранения и отгрузки нефти и нефтепродуктов и причин аварийных ситуаций	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-12	знать способы руководства персоналом подразделения, обеспечивая надежную и эффективную эксплуатацию оборудования НППС	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь организовать работы по эксплуатации НППС	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть знаниями, достаточными для осуществления руководства персоналом подразделения по эксплуатации НППС	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Укажите закон вязкого трения Ньютона-Петрова:

а)  $\tau = \mu (dU/dh)$ ;

б)  $\Delta p = \rho v c$ ;

в)  $F = \mu S (dU/dh)$ ;

г)  $\rho = \rho_0 + \gamma h$ .

2. Для какого режима течения справедлив закон вязкого трения:

- а) ламинарного;
- б) переходного;
- в) турбулентного.

3. Укажите взаимосвязь динамической и кинематической вязкостей жидкости:

- а)  $\nu = \mu g$ ;
- б)  $\mu = \rho \nu$ ;
- в)  $\nu = \mu g$ ;
- г)  $\mu = \rho / g$ .

4. Как изменяется кинематическая вязкость капельных жидкостей с возрастанием температуры:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

5. Как изменяется кинематическая вязкость газов с возрастанием температуры:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

6. Назовите размерность динамической и кинематической вязкостей в системе единиц СИ:

- а)  $Па \cdot с$  ; б)  $Н / м^3$  ; в)  $Н \cdot с / м^2$  ; г)  $кГс \cdot с / м^2$  ;
- д)  $кгс / с$  ; е)  $см^2 / с$  ; ж)  $м^2 / с$  ; и)  $дин \cdot с / см^2$  .

7. Как изменяется время истечения исследуемой жидкости из вискозиметра Энглера при повышении ее температуры:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

8. Какая вязкость исследуется на вискозиметре Энглера:

- а) динамическая;
- б) кинематическая;
- в) условная.

9. Почему температуру воды в опытах на вискозиметре Энглера

выбирают равной 20° С:

- а) примерно соответствует температуре окружающей среды;
- б) принимается за эталон.

10. Какое соотношение вязкости исследуемой жидкости с вязкостью воды при 20° С должно выдерживаться в опытах:

- а) вязкость воды больше;
- б) вязкость воды меньше;
- в) вязкости равны.

11. Как изменяется вязкость капельных жидкостей с увеличением давления:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

12. Укажите выражение для определения градуса Энглера:

а) Тиссл./Твод.; б) t/твод.; в) виссл./vвод.; г) μ/μвод., где Т - температура; t - время.

13. Укажите выражение для определения гидростатического давления в точке:

- а)  $F / S$  ; б)  $p S$  ; в)  $\lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}$  .

14. Укажите размерность давления в системе единиц СИ:

- а) Н; б)  $H / m^2$  ; в) мм. рт. ст.; г) мм. вод. ст.; д) Па; е)  $\kappa Гс / см^2$  .

15. Укажите основное уравнение гидростатики:

а)  $Xdx + Ydy + Zdz = 0$ ;

б)  $p = p_0 + \gamma(z - z_0)$  ;

в)  $p = p_0 + \gamma h$  ,

где  $p_0$  - давление на свободной поверхности жидкости.

16. Какое давление измеряется пьезометрами:

- а) абсолютное;
- б) избыточное;
- в) вакуумметрическое.

17. Что определяет выбор рабочей жидкости в жидкостных манометрах:

- а) барометрическое (атмосферное) давление;
- б) вязкость;
- в) предел измеряемых давлений.

18. Какое избыточное давление испытывает тело, погруженное в воду на глубину 10 метров:

- а)  $2 \text{ кГ/см}^2$ ; б) 1 бар.; в) 10 м. вод. ст.; г) 20 м. вод. ст.; д) 1 атм.

19. Как изменяется давление по мере погружения в жидкость:

- а) уменьшается;  
б) остается постоянным;  
в) увеличивается.

20. Укажите значение физической атмосферы:

- а) 1 Па; б)  $1 \text{ кГ/см}^2$ ; в) 760 мм. рт. ст.; г) 10 м. вод. ст.; д)  $\text{Н/м}^2$ ;  
д) 735,6 мм. рт. ст.

21. По какому выражению определяется вакуумметрическое давление:

- а)  $P_{\text{БАР.}} - P_{\text{ИЗБ.}}$ ; б)  $P_{\text{ИЗБ.}} + P_{\text{БАР.}}$ ; в)  $P_{\text{БАР.}} - P_{\text{АБС.}}$ ;  
г)  $\gamma h$ ; д)  $P_{\text{БАР.}} + \gamma \cdot h$ ,

где  $P_{\text{БАР.}}$ ,  $P_{\text{ИЗБ.}}$ ,  $P_{\text{АБС.}}$  - барометрическое, избыточное и абсолютное давления, соответственно.

22. Укажите максимальное теоретическое значение вакуума:

- а)  $1 \text{ кГ/см}^2$ ; б)  $1 \text{ кГс/см}^2$ ; в)  $0 \text{ кГс/см}^2$ ; г)  $2 \text{ кГс/см}^2$ .

23. Что понимается под относительным покоем жидкости:

- а) жидкость находится в покое;  
б) жидкость перемещается в сосуде;  
в) жидкость перемещается вместе с сосудом.

24. Укажите уравнение поверхности уровня жидкости:

- а)  $V = \text{const}$ ; б)  $Q = \text{const}$ ; в)  $dT = 0$ ; г)  $p = \text{const}$ ; д)  $dp = 0$ .

25. Что оказывает влияние на форму свободной поверхности жидкости, находящейся во вращающемся сосуде:

- а) давление окружающей среды;  
б) плотность жидкости;  
в) температура жидкости;  
г) скорость вращения сосуда;  
д) количество жидкости, находящейся в сосуде.

26. Форму какой геометрической фигуры приобретает поверхность уровня жидкости, вращающейся вместе с цилиндрическим сосудом:

- а) сфера; б) конус; в) параболоид; г) гиперболоид; д) цилиндр.

27. Зависит ли форма свободной поверхности при относительном покое от рода жидкости:

а) да; б) нет.

28. Что измеряют с помощью ротаметров:

- а) ускорение;
- б) перепад давления;
- в) расход;
- г) скорость.

29. Какой расход измеряется ротаметром:

- а) объемный;
- б) массовый;
- г) весовой.

30. К какому типу измерительных преобразователей относятся расходомеры обтекания:

- а) переменного и постоянного перепада давления;
- б) тахометрические;
- в) электромагнитные;
- г) ультразвуковые.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. На чем основан принцип действия ротаметра:

- а) уравнивание поплавка в конической трубе динамическим напором струи;
- б) силовое воздействие набегающего потока измеряемой жидкости;
- в) вращение первичного элемента;
- г) связь между скоростью измеряемого потока и скоростью распространения звуковых колебаний.

2. Зависит ли высота подъема поплавка ротаметра от вязкости жидкости:

а) да; б) нет.

3. Изменяется ли сила воздействия потока на поплавок ротаметра с изменением расхода жидкости:

а) да; б) нет.

4. Что произойдет с верхним пределом измерения расхода при утяжелении поплавка:

а) уменьшится; б) не изменится; в) увеличится.

5. Укажите уравнение Д.Бернулли:

- а) для элементарной струйки идеальной жидкости;
- б) для элементарной струйки реальной жидкости;
- в) для потока реальной жидкости.

$$1) \quad Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g};$$

$$2) \quad Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + h_w;$$

$$3) \quad Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g} + \Delta h_w.$$

6. Укажите выражение:

- а) для геометрического напора;  
 б) для пьезометрического напора;  
 в) для скоростного напора.

1)  $\rho \cdot V^2 / 2$ ; 2)  $V^2 / 2g$ ; 3)  $Z$ ; 4)  $p / \gamma$ ; 5)  $p_0 + \gamma \cdot h$ ; 6)  $\gamma \cdot h$ .

7. Укажите размерность гидростатического напора:

- а)  $H \cdot м / с$ ; б)  $м$ ; в)  $м^2 / с$ ; г)  $H$ ; д)  $H \cdot м$ .

8. Каков энергетический смысл уравнения Д.Бернулли для идеальной жидкости:

- а) закон сохранения количества движения;  
 б) закон сохранения момента количества движения;  
 в) закон сохранения механической энергии;  
 г) уравнение баланса энергии.

9. Что учитывает коэффициент Кориолиса:

- а) неравномерность распределения скоростей по сечению потока;  
 б) распределение расхода по сечению потока;  
 в) распределение касательных напряжений по сечению потока.

10. Зависит ли коэффициент Кориолиса от режима течения жидкости:

- а) да; б) нет.

11. Укажите размерность коэффициента гидравлического трения:

- а)  $м$ ; б)  $м / с$ ; в) безразмерный; г)  $с$ .

12. Зависят ли потери напора на трение от длины трубопровода:

- а) да; б) нет.

13. Укажите выражение для определения потерь напора на трение в случае установившегося движения жидкости:

а)  $\frac{V \cdot d}{\nu}$ ; б)  $\xi \cdot \frac{V^2}{2g}$ ; в)  $\lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$ .

14. Чем характерна область квадратичного сопротивления:

а)  $\lambda = f(\text{Re})$ ; б)  $\lambda = f(\delta)$ ; в)  $\lambda = f(\text{Re}, \delta)$ .

15. Чем характерна область гидравлически гладких труб:

а)  $\lambda = f(\text{Re})$ ; б)  $\lambda = f(\delta)$ ; в)  $\lambda = f(\text{Re}, \delta)$ .

16. Укажите зависимость коэффициента Дарси для круглых труб при ламинарном режиме течения жидкости:

а)  $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$ ; б)  $\lambda = \frac{96}{\text{Re}}$ ; в)  $\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}$ ; г)  $\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$ .

17. Зависит ли коэффициент гидравлического трения от длины трубопровода:

а) да; б) нет.

18. Чем обусловлены местные потери энергии:

- а) изменением формы и размера трубы;
- б) изменением физических свойств жидкости;
- в) изменением скорости течения жидкости.

19. Укажите выражения для определения местных потерь напора:

а)  $64 / \text{Re}$ ; б)  $\xi \cdot \frac{V^2}{2g}$ ; в)  $\lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$ ; г)  $\frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}$ .

20. Зависят ли местные сопротивления от режима течения жидкости:

а) да; б) нет.

21. Зависит ли коэффициент местного сопротивления диффузора от угла раскрытия  $\alpha$ :

а) да; б) нет.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В каком сечении трубопровода А (рис. 1) скорость движения жидкости больше:

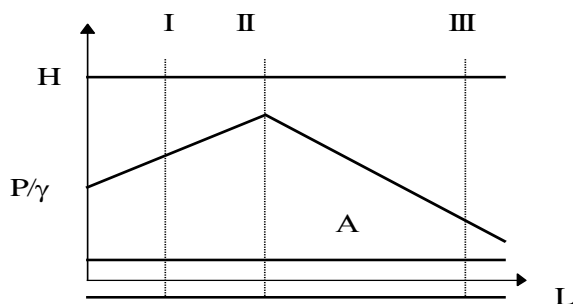
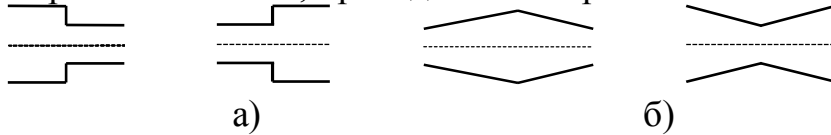


Рис. 1. Напорная и пьезометрическая линии

а) сечение I; б) сечение II; в) сечение III.

2. В каком сечении трубопровода А (рис. 1) давление больше:  
 а) сечение I; б) сечение II; в) сечение III.

3. Какому сечению трубопровода соответствуют напорная и пьезометрическая линии, приведенные на рис. 1:



г)

4. Укажите напорную и пьезометрическую линии в случае течения жидкости в канале сечения, приведенного на рис. 2 для идеальной жидкости:

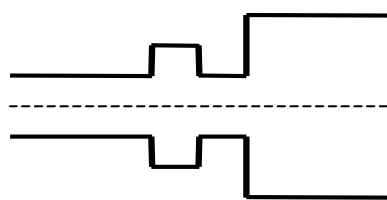
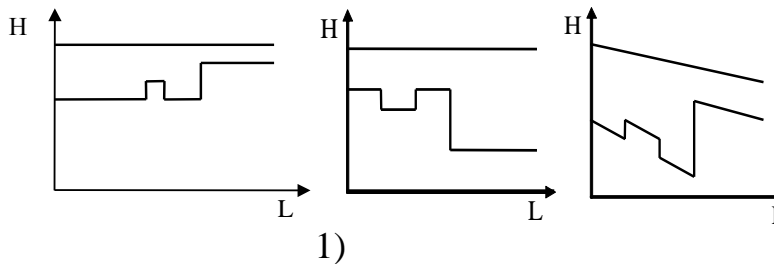


Рис. 2. Конфигурация трубопровода



3)

5. Укажите напорную и пьезометрическую линии в случае течения жидкости в канале сечения, приведенного на рис. 2 для реальной жидкости:

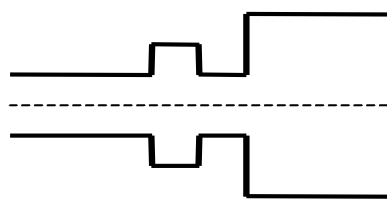
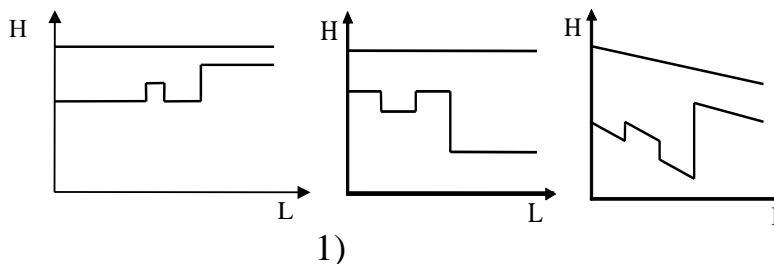


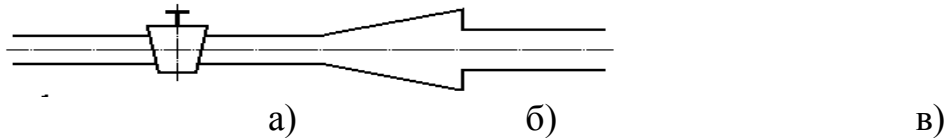
Рис. 2. Конфигурация трубопровода



3)

2)

6. Укажите на схеме (рис. 3) местные сопротивления:



7. Влияет ли шероховатость поверхности трубопровода на критическое число Рейнольдса:

а) да; б) нет.

8. Укажите критерий, выражающий отношение сил инерции к силам вязкости:

а)  $M$ ; б)  $St$ ; в)  $Eu$ ; г)  $Re$ ; д)  $Fr$ .

9. Что оказывает влияние на коэффициент местного сопротивления поворота трубы:

- а) материал стенки;
- б) смачиваемость поверхности;
- в) форма поперечного сечения трубы;
- г) угол поворота;
- д) физические свойства жидкости.

10. Что определяет профиль скоростей по сечению круглой трубы при ламинарном режиме течения:

- а) удельный вес жидкости;
- б) вязкость жидкости;
- в) шероховатость трубопровода.

11. Истинная мгновенная скорость в жидкости представляется в виде суммы:

- осредненной и локальной составляющих;
- средневзвешенной и неустановившейся составляющих;
- осредненной и пульсационной составляющих.

12. В процессе усреднения уравнений Навье-Стокса по времени, достаточно большим по сравнению с периодом пульсации, получаем уравнения:

- Лапласа;
- Рейнольдса;
- Шредингера.

13. Полные касательные напряжения в турбулентном потоке складываются из суммы:

- вязкостных и турбулентных;
- ньютоновских и неньютоновских;
- квазистационарных и неустановившихся.

14. Теория моделирования турбулентности Л. Прандтля основана на понятии:

- турбулентного напряжения;
- пути перемешивания;
- Лагранжевой скорости.

15. Формула Кармана предназначена для нахождения:

- профиля скорости в пограничном слое;
- длины пути перемешивания;
- динамической скорости.

16. Критическое число Рейнольдса определяет:

- зону заведомо устойчивого ламинарного режима течения;
- относительный размер вязкого ламинарного подслоя в погранслое;
- пространственный масштаб турбулентных пульсаций.

17. Какая модель не относится к моделированию турбулентности:

- $k$ - $\varepsilon$  модель;
- $k$ - $\omega$  модель;
- VOF модель.

18. Формула Буссинеска связывает:

- турбулентную вязкость и гидравлический уклон;
- касательное напряжение и поперечный градиент усредненной скорости;
- усредненную и мгновенную скорости потока.

19. Формула Шифринсона предназначена для:

- расчета коэффициента гидравлического сопротивления в квадратичной зоне турбулентного режима;
- расчета турбулентной вязкости;
- расчета местных сопротивлений в турбулентном потоке.

20. В общем случае коэффициент гидравлического сопротивления при турбулентном течении в трубопроводе является функцией:

- температуры и напора;
- давления и плотности;
- критерия Рейнольдса и относительной шероховатости.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Дифференцирование по времени при лагранжевом и эйлеровом описании. Материальная производная.
2. Переход от эйлерова описания к лагранжевому и обратно.
3. Уравнение неразрывности при эйлеровом и лагранжевом описании.
4. Тензор напряжений. Механический смысл тензора напряжений. Касательные и нормальные напряжения.

5. Силы, действующие в жидкости. Внешние и внутренние силы.
6. Уравнения баланса импульсов в интегральной и алгебраической формах.
7. Уравнения баланса импульсов в дифференциальной форме.
8. Уравнения баланса внутренней энергии в интегральной и алгебраической формах.
9. Уравнения баланса внутренней энергии в дифференциальной форме.
10. Интеграл Бернулли. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
11. Диаграммы изменения расхода, напора и полной энтальпии по длине трубопровода.
12. Потери напора в трубопроводах.
13. Компьютерное моделирование течения нефти в нефтепроводе.
14. Простые трубопроводы.
15. Расчет незамкнутого разветвленного трубопровода. Прямая задача.
16. Определение расходов жидкостей в узлах отбора для трубопровода с параллельными участками.
17. Решение прямой задачи для кольцевого трубопровода.
18. Гидравлический удар в трубах. Постановка задачи, методы решения.
19. Система уравнений течения газа в трубопроводе в одномерном приближении.
20. Уравнения состояния газа.
21. Гидравлический расчет газопроводов при больших перепадах давления.
22. Компьютерное моделирование течения газов в газопроводе.
23. Области распространения двухфазных потоков. Основные определения и терминология.
24. Режимы (структуры) течения двухфазных смесей в вертикальных и горизонтальных трубах.
25. Гидродинамические эффекты различных режимов течения газожидкостной смеси.
26. Методы измерения параметров газожидкостных потоков.
27. Уравнения сохранения количества движения для двухфазного потока.
28. Двухфазное течение при дросселировании.
29. Корреляции трения для различных структур двухфазного потока.
30. Стационарное течение нефтегазовой смеси в скважине. Система уравнений.
31. Основные уравнения для течения однородного сжимаемого флюида в пористой среде.
32. Схемы одномерных фильтрационных потоков.
33. Обобщенный закон Дарси для анизотропных сред.
34. Уравнение неустановившейся фильтрации однородного флюида по закону Дарси, функция Лейбензона.
35. Физические представления и математическое описание вытеснения одного флюида другим.

- 36.Осреднение параметров при записи уравнений Рейнольдса.
- 37.Турбулентные напряжения.
- 38.Модели турбулентности.
- 39.Модель Буссинеска.
- 40.«Новая» теория Прандтля.
- 41.Длина пути перемешивания.
- 42.Назначение, структура и функциональные возможности инструментария ANSYS CFX
- 43.Назначение, структура и функциональные возможности инструментария ANSYS Fluent
- 44.Турбулентный пограничный слой на пластине.
- 45.Турбулентные течения в круглых трубах.
- 46.Динамическая скорость турбулентного потока.
- 47.Вывод формул Никурадзе и Альтшуля
- 48.Модель турбулентности Spalart-Almaras (1 уравнение).
- 49.Модель  $k$ - $\epsilon$  (2 уравнения)
- 50.Модель  $k$ - $\omega$  (2 уравнения).
- 51.Модель Transition  $k$ -  $k_t$ - $\omega$  (3 уравнения).
- 52.Модель Transition SST (4 уравнения)
- 53.Модель Reynolds Stress.
- 54.Модель Scale-Adaptive Simulation.  
Модель Detached Eddy Simulation.

### 7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

*Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20. Для получения зачета необходимо набрать более 10 баллов*

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общая характеристика гидрогазодинамических процессов в энергоустановках. Предмет, задачи и основные гипотезы гидрогазодинамики. Методы решения задач гидрогазодинамики. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности при эйлеровом и лагранжевом описании. Массовые и поверхностные силы. Закон сохранения количества движения. Тензор напряжений. Закон сохранения энергии. Интеграл Бернулли. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

2	<p>Характеристика условий работы парогенерирующих энергетических установок, анализ и особенности протекающих в них процессов. Свойства теплоносителей и рабочих сред. Гидравлические схемы. Принципы организации движения рабочих сред, их сопоставительный анализ. Замкнутые и разомкнутые контуры. Структура двухфазных потоков, пузырьковая, стержневая, эмульсионная, дисперсно-кольцевая, дисперсная. Расслоенная структура потока при движении в горизонтально обогреваемых трубах. Система дифференциальных уравнений одномерного течения в прямой круглой трубе постоянного сечения. Физическая модель движения однофазной среды в обогреваемой трубе. Расходные характеристики двухфазных потоков: линейная и массовая скорости, паросодержание, скорость циркуляции, плотность, приведенные скорости фаз, скорости смеси, относительная энтальпия потока. Методы определения напорного паросодержания и плотности реальной пароводяной смеси. Перепад давлений в трубных элементах. Потери напора от трения и местных сопротивлений. Суммарное изменение статического давления в коллекторах. Тепловые и гидродинамические условия работы теплообменников. Гидравлическая и тепловая неравномерности. Методы предотвращения тепловой и гидравлической разверок.</p>	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	<p>Неустойчивость ламинарных течений и возникновение турбулентности. Распределение скоростей при турбулентном течении в трубах. Модель пути перемешивания Л. Прандтля. Турбулентное течение между параллельными плоскостями (течение в плоской трубе). Расчет турбулентного пограничного слоя. Затопленные турбулентные струи. Модель турбулентности Spalart-Almaras (1 уравнение). Модель <math>k-\epsilon</math> (2 уравнения). Модель <math>k-\omega</math> (2 уравнения). Модель Transition <math>k-k_1-\omega</math> (3 уравнения). Модель Transition SST (4 уравнения). Модель Reynolds Stress. Модель Scale-Adaptive Simulation. Модель Detached Eddy Simulation. Модель Large Eddy Simulation. Граничные условия для параметров турбулентности. Стандартные пристеночные функции. Модификации <math>k-\epsilon</math> модели (Standard, RNG, Realizable). Модификации пристеночных функций (Standard Wall Functions, Scalable Wall</p>	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

	Functions, Non-Equilibrium Wall Functions)		
4	Модуль ANSYS CFX. Модуль Fluent. Моделирование турбулентных течений в проточной части центробежных насосов. Модели турбулентности, доступные в турбо режиме ANSYS	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Области распространения двухфазных потоков. Основные определения и терминология. Режимы (структуры) потоков. Течение при дросселировании. Истинное объемное газосодержание и плотность смеси. Уравнения сохранения количества движения для двухфазного потока. Корреляции трения для различных структур двухфазного потока. Математическое моделирование течения нефтегазовой смеси.	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Основные законы фильтрации. Граничные и начальные условия в задачах подземной гидродинамики. Фильтрационные параметры пласта. Стационарные фильтрационные потоки. Свойства флюидов. Нелинейные законы фильтрации. Обобщенный закон Дарси.	ПК-4, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. **Лойцянский Лев Герасимович.** Механика жидкости и газа [Текст] : учебник : рекомендовано МО РФ / Лойцянский Лев Герасимович. - 7-е изд., испр. - Москва : Дрофа, 2003 (Можайск : Можайский полиграф. комбинат,

2003). - 840 с.

2. **Подземная гидравлика** : Учеб. пособие / Ю. А. Булыгин [и др.]. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 99 с

(<https://search.rsl.ru/ru/record/01003110261?ysclid=miq514247c631616218> )

3. **Математическое моделирование течений реологических сложных сред в нефтепроводах** : Учеб. пособие / Ю. А. Булыгин [и др.]. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 120 с (<https://elibrary.ru/item.asp?id=19638939> )

4. **Дроздов, И.Г.** Гидрогазодинамика (практические применения) : Учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 223 с. - 194-25; 250 экз. (<https://search.rsl.ru/ru/record/01005574044?ysclid=miq53kcocg849087876> )

5. **Дроздов, И.Г.** Гидрогазодинамика (практические применения) : Учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 213 с. - 185-58; 250 экз. (<https://studfile.net/preview/16563900/> )

6. Численный расчет изотермических турбулентных течений : методические указания / составители С. Г. Валюхов [и др.]. — Воронеж : ВГТУ, 2022. — 21 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/300899>

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Электронная информационно-образовательная среда университета <https://old.education.cchgeu.ru/>

2. Консультирование посредством электронной почты

3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий

4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области математического моделирования на профильных специализированных сайтах (форумах)

5. Программное обеспечение

ANSYS DesignModeler

ANSYS CFD Premium

ANSYS Mechanical Enterprise

ANSYS HPC Pack

ANSYS Geometry Interface for Parasolid

ANSYS CFX

ANSYS Fluent

6. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки):

<https://cchgeu.ru/university/library/>

7. Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ с компьютеров ВУЗа) <http://e.lanbook.com>

8. Информационно-аналитическая система SCINCE INDEX <http://elibrary.ru/>

9. Официальные сайты предприятий нефтегазового комплекса

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Реализация дисциплины «Прикладная гидромеханика» требует учебной аудитории для проведения учебных занятий, оборудование:

комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья)

Технические средства обучения: переносное техническое оборудование:

- проектор;
- экран;
- переносной компьютер.

Для самостоятельной работы используется «Помещение для самостоятельной работы»/«Методический кабинет»

Оборудование кабинета: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья);

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран для проектора
- ноутбук
- персональный компьютер с возможностью подключения к сети

"Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Прикладная гидромеханика» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки,

	<p>обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p>
Лабораторная работа	<p>Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--