

**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
«Основы проектирования трубопроводных систем»

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
Заведующий кафедрой
Нефтегазового
оборудования и
транспортировки


_____ А.В. Миленин

Руководитель ОПОП


_____ С.Г. Валухов


_____ С.Г. Валухов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

познакомить студентов с основами проектирования трубопроводных систем, развить навыки и умения пользования нормативно-технической документацией и выполнения расчетов трубопроводных систем транспорта углеводородов, связанных с реализацией проектных решений.

1.2. Задачи освоения дисциплины

владение теоретическими основами проектирования трубопроводных систем транспорта углеводородов;

теоретическое и практическое освоение методов расчета трубопроводных систем, методов проектирования и решения задач в области эксплуатации и обслуживания объектов трубопроводного транспорта;

формирование у студентов навыков самостоятельного изучения информации по проблемам транспорта углеводородов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования трубопроводных систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы проектирования трубопроводных систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии

ОПК-7 - Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физических процессов горного и нефтегазового производства

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-3	Знать нормативные документы, действующие инструкции, методики проектирования для проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.
	Уметь выполнять типовые расчеты в рамках проектных и технологических работ при проектировании объектов трубопроводной транспортной системы.
	Владеть современными методами для решения задач проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.
ОПК-7	Знает достижения в области физических процессов

	горного и нефтегазового производства
	Умеет оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физических процессов нефтегазового производства
	Владеет навыками оценки результатов научно-технических разработок и научных исследований

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования трубопроводных систем» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		10
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	216	216
зач.ед.	6	6

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	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Трубопроводные системы: обзор проблем, возникающих при транспорте энергоносителей	Введение. Трубопроводные системы: обзор проблем, возникающих при транспорте энергоносителей	2	-	-		2
2	Физические и химические свойства нефти и нефтепродуктов	Физические и химические свойства нефти и нефтепродуктов	2	2	-	3	7
3	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем -	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем - гидравлические режимы работы	4	2	4	4	14

	гидравлические режимы работы нефте - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	нефте - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)						
4	Гидравлический расчет трубопроводных систем участка нефте - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	Гидравлический расчет трубопроводных систем участка нефте - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	6	4	4	4	18	
5	Совместная работа насосных станций и трубопровода	Совместная работа насосных станций и трубопровода	6	2	6	4	18	
6	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	4	2	4	6	16	
7	Последовательная перекачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	Последовательная перекачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	6	2	-	10	18	
8	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	6	4	-	77	87	
		Часы на контроль					27	
Итого			36	18	18	108	180	

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1 - «Расчет гидравлического режима совместной работы участка нефтепровода и нефтеперекачивающей станции»

Лабораторная работа №2 - «Расчет гидравлического режима совместной работы НПС и сложного участка нефтепровода (с вставками или лупингом)»

Лабораторная работа №3 - «Расчет гидравлического режима работы участка нефтепровода с промежуточными нефтеперекачивающими станциями»

Лабораторная работа №4 - «Термогидравлический расчет участка трубопровода при перекачке нефтей и нефтепродуктов с подогревом»

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовых проектов в 10 семестрах для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Гидравлический расчет сложного нефтепровода»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Подбор диаметров участков проектируемого нефтепровода
- Подбор оборудования насосной станции (насосов и обоснование режимов допустимой эксплуатации)
- Поверочный расчет системы (фактическое падения давления на участках)

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

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
ОПК-3	Знать нормативные документы, действующие инструкции, методики проектирования для проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять типовые расчеты в рамках проектных и технологических работ при проектировании объектов трубопроводной транспортной системы.	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть современными методами для решения задач проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	Знает достижения в области физических процессов горного и нефтегазового производства	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	обобщая достижения в области физических процессов нефтегазового производства			
	Владеет навыками оценки результатов научно-технических разработок и научных исследований	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	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 10 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-3	Знать нормативные документы, действующие инструкции, методики проектирования для проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь выполнять типовые расчеты в рамках проектных и технологических работ при проектировании объектов трубопроводной транспортной системы.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современными методами для решения задач проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	Знает достижения в области физических процессов горного и нефтегазового производства	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Умеет оценивать результаты научно-технических	Решение стандартных практических	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный ход	Продемонстрирован верный ход	Задачи не решены

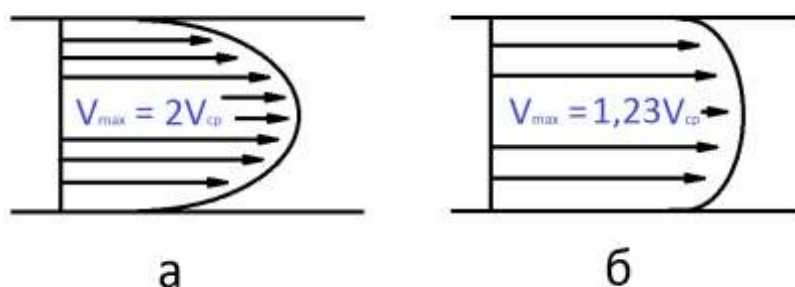
разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физических процессов нефтегазового производства	задач	объеме и получены верные ответы	решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	решения в большинстве задач	
Владеет навыками оценки результатов научно-технических разработок и научных исследований	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	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. Единицы измерения плотности в системе СИ
 - a. м³/м³
 - b. кг/м³
 - c. м³/сутки
 - d. нет правильного ответа
2. Чему равен 1 м водного столба?
 - a) 133 Па;
 - b) 0,01 МПа;
 - c) 133 МПа;
 - d) 1 МПа.
3. Что означает понятие кавитация?
 - a) Образование пузырьков в жидкости;
 - b) Объемные потери в насосе;
 - c) Потери напора при движении жидкости;
 - d) Местное гидравлическое сопротивление.
4. Закончите предложение: «Турбулентное течение жидкости – это ...»
 - a) течение жидкости, при котором частицы жидкости совершают неустановившиеся, беспорядочные движения по сложным траекториям;
 - b) течение жидкости при значении числа Рейнольдса менее 2200;
 - c) течение жидкости, характеризующееся отсутствием перемешивания между соседними слоями жидкости;
 - d) хаотичное движение жидкости.
5. Закончите предложение: «В международной системе единиц СИ основной единицей измерения давления является...»
 - a) Паскаль (Па);

- б) Ньютон на квадратный метр ($\text{Н}/\text{м}^2$);
 с) $\text{кгс}/\text{см}^2$;
 д) Атмосфера.
6. Что означают числа 180 и 1900 в маркировке насоса ЦНС 180-1900?
 а) Постоянную подачу насоса 180 $\text{м}^3/\text{ч}$ и напор 1900 м ртутного столба;
 б) Подпор насоса 180 $\text{м}^3/\text{ч}$ и напор 1900 м водяного столба;
 с) Подачу насоса 180 $\text{м}^3/\text{ч}$ и напор 1900 м водяного столба (при максимальном КПД насоса);
 д) Максимальную подачу насоса 180 $\text{м}^3/\text{ч}$ и максимальный напор 1900 м водяного столба
- 7 Укажите на каком из рисунков изображена схема ламинарного течения жидкости.



- а) а - ламинарное течение жидкости;
 б) б - ламинарное течение жидкости;
 с) ни а, ни б – не относятся к ламинарному течению жидкости;
 д) а и б ламинарное течение жидкости.
8. Единицей измерения кинематической вязкости ν в системе СИ является Стокс
- а) $1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$.
 б) $1 \text{ Ст} = 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$.
 в) $1 \text{ Ст} = 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{с}$.
 г) $1 \text{ Ст} = 10^{-2} \text{ м}^2 / \text{с}$.
9. Единицей измерения кинематической вязкости μ в системе СИ является Пуаз, при этом $1 \text{ Пз} = 1/10 \cdot \text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$. В частности, коэффициент динамической вязкости воды равен $0,01 \text{ Пз} = 0,001 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$ или 1 сантиПуаз.
- а) $1 \text{ Пз} = 0,1 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$
 б) $1 \text{ Пз} = 0,01 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$
 в) $1 \text{ Пз} = 0,001 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$
 г) $1 \text{ Пз} = 10 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$
10. Чему равен коэффициент кинематической вязкости воды
- а) 1 сСт
 б) 0,1 сСт.
 в) 10 сСт
 г) 0,2 сСт

11. При повышении температуры плотность нефти:
- уменьшается
 - увеличивается
 - не изменяется
12. Трубопровод, соединяющий два параллельных нефтепровода, называется:
- лупингом
 - перемычкой
 - вставкой
 - нет правильного ответа
13. Какое основное назначение имеет метод последовательной перекачки?
- доставка смеси газов
 - эксплуатация трубопровода большой протяжённости
 - транспортировка сжиженного газа
 - транспортировка по одному трубопроводу различных сортов нефтепродуктов
 - перемешивание продуктов
 - нет правильного ответа
14. Какие объекты и сооружения не входят в состав магистрального нефтепровода?
- трубопроводы
 - компрессорные станции
 - насосные станции
 - линейная арматура
 - газонефтехранилища
 - нет правильного ответа
15. Обозначьте главное назначение лупинга
- увеличение диаметра трубопровода
 - увеличение давления в трубопроводе
 - увеличение фактической пропускной способности трубопровода
 - увеличение температуры перекачиваемого продукта
 - борьба с гидратообразованием
 - нет правильного ответа
16. С какой целью в конструкции трубопровода предусмотрены продувочные свечи?
- для снижения давления на участках
 - для откачивания влаги из трубопровода
 - для ввода в перекачиваемый продукт различных ингибиторов
 - для продувки трубопровода газом при образовании закупорок
 - для освещения тёмных участков
 - нет правильного ответа
17. При повышении температуры плотность нефти:
- уменьшается
 - увеличивается
 - не изменяется

18. Какой параметр является наиболее важным при классификации нефти и нефтепродуктов по классам огнеопасности?

- a. вязкость
- b. температура вспышки
- c. температура воспламенения
- d. давление насыщенных паров
- e. плотность
- f. нет правильного ответа

19. Какой параметр характеризует режим движения жидкостей в трубопроводе?

- a. плотность
- b. вязкость
- c. Прандтля
- d. Рейнольдса
- e. Грасгофа
- f. нет правильного ответа

20. Закончите предложение: «Ламинарное течение жидкости – это ...»

- a) упорядоченное течение жидкости, характеризующееся отсутствием перемешивания между соседними слоями жидкости;
- b) течение жидкости при значении числа Рейнольдса менее 2200;
- c) течение жидкости, при котором частицы жидкости совершают неустановившиеся беспорядочные движения по сложным траекториям;
- d) течение жидкости, характеризующееся перемешиванием между соседними слоями жидкости.

21. Что такое гидравлический удар?

- a) Явление, возникающее в результате быстрого открытия или закрытия затвора (задвижки) в конце напорного трубопровода;
- b) Разгерметизация высоконапорного трубопровода;
- c) Разгерметизация низконапорного трубопровода;
- d) Работа гидравлического молота.

22. Закончите предложение: «КПД насосного агрегата – это отношение...»

- a) подачи к напору;
- b) тока электродвигателя к количеству оборотов;
- c) подачи к количеству оборотов;
- d) полезной мощности к затраченной мощности.

23. В каких единицах измеряется производительность ЦНС?

- a) м³/сутки;
- b) м³/час;
- c) м³/минуту;
- d) м³/секунду.

24. Какое давление называется избыточным

- давление, выше давления насыщенных паров
- давление, выше рабочего давления

- давление, выше предельно допустимого давления
- + давление, выше атмосферного

25. В каких единицах измеряется подача центробежного насоса?

- м. вод. ст.
- + куб м / час
- киловатт
- процентах

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Плотность нефти при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 845 кг/м^3 . Вычислить плотность той же нефти при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ. $855,5\text{ кг/м}^3$.

2. Плотность нефти при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 875 кг/м^3 . Вычислить плотность той же нефти при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ. $864,9\text{ кг/м}^3$.

5. Уровень нефти ($\rho_{20} = 850\text{ кг/м}^3$) в вертикальном цилиндрическом резервуаре составлял утром 9 м , считая от дна резервуара. Определить, на сколько изменится этот уровень днем, когда средняя температура жидкости увеличится на $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ. Повысится на $5,23\text{ см}$

6. Температура нефти ($\rho_{20} = 870\text{ кг/м}^3$) в вертикальном цилиндрическом резервуаре уменьшилась за сутки на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. На сколько изменится уровень жидкости в резервуаре, если известно, что первоначально он составлял 6 м ?
Ответ. Опустится на $4,7\text{ см}$.

7. Автомобильный бензин А-80 ($\rho_{20} = 730\text{ кг/м}^3$) хранится при температуре $T_0 = 15^{\circ}\text{C}$ в горизонтальной цилиндрической цистерне с диаметром котла 5 м и протяженностью 50 м . Горловина цистерны представляет собой вертикальный цилиндр с диаметром 2 м и высотой 3 м . Уровень бензина в горловине цистерны находится на 1 м ниже ее верхнего края. Определить, на сколько этот уровень понизится, если температура топлива уменьшится на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ. На $1,84\text{ м}$.

8. Определить динамическую вязкость нефти (900 кг/м^3), если известно, что 300 мл этой нефти вытекают из камеры капиллярного вискозиметра через вертикальную цилиндрическую трубку с внутренним диаметром 2 мм за 500 с .
Ответ. $\cong 5,78\text{ сПз}$.

Указание: Время истечения из камеры порции нефти объемом V , за время t равно: $V=Q \cdot t$

9. Определить кинематическую вязкость нефти, если известно, что 50 мл этой нефти вытекает из камеры вискозиметра через вертикальный цилиндрический

капилляр с внутренним диаметром 2 мм за 4 мин. Ответ. $\cong 18,5$ сСт.

10. Средняя по сечению скорость V течения нефти ($\rho = 900$ кг/м³) в трубопроводе ($D = 1020$ мм; $\delta = 10$ мм) равна 1,0 м/с. Определить годовую пропускную способность нефтепровода. Ответ: 21,365 млн. т/год

11. Перекачка нефти ($\rho = 890$ кг/м³; $\mu = 0,015$ Пз.) ведется по нефтепроводу ($D \times \delta = 530 \times 8$ мм) с расходом 800 м³/ч. Определить режим течения и вычислить коэффициент гидравлического сопротивления. Ответ.

Турбулентный режим в области гидравлически гладких труб; $\lambda \cong 0,0236$
0,0132

12. Чему равен гидравлический уклон на участке трубопровода ($D = 377$ мм, $\delta = 8$ мм, $\Delta = 0,15$ мм), транспортирующего дизельное топливо ($\nu = 5$ сСт) с расходом 250 м³/ч? Ответ. 1,37 м/км.

13. Данные о профиле нефтепровода, транспортирующего сырую нефть ($\rho = 850$ кг/м³), приведены в нижеследующей таблице (x - координата сечения; z - геодезическая отметка).

x, км	0	20	40	60	80	100	120
z, м	100	150	200	100	50	50	150
p, МПа	5,0						0,5

Найти давления в сечениях, пропущенных в таблице. Упругостью насыщенных паров нефти пренебречь; давление, выраженное в МПа, округлить с точностью до десятых. Ответ.

x, км	0	20	40	60	80	100	120
z, м	100	150	200	100	50	50	150
p, МПа	5,0	3,9	2,8	3,0	2,7	2,0	0,5

14. Данные о профиле нефтепродуктопровода, транспортирующего бензин А-80 ($\rho = 735$ кг/м³), приведены в нижеследующей таблице (x - координата сечения; z - геодезическая отметка)

x, км	0	20	40	60	80	100
z, м	75	120	180	160	130	30

ρ, МПа		3,8		2,6		
--------	--	-----	--	-----	--	--

Найти давления в сечениях, пропущенных в таблице. Давление, выраженное в МПа, округлить с точностью до десятых. Ответ.

x, км	0	20	40	60	80	100
z, м	75	120	180	160	130	30
ρ, МПа	4,6	3,8	2,9	2,6	2,4	2,6

15. Построить гидравлическую (Q-H) – характеристику линейного участка нефтепровода ($D \times \delta = 325 \times 8$ мм, $L = 180$ км), по которому транспортируется нефть ($\nu = 20$ сСт), если известно, что профиль нефтепровода монотонно опускается вниз от отметки $z_n = 200$ м в начале участка до отметки $z_k = 100$ м в его конце. Потерями на местных сопротивлениях пренебречь. Указание. Заполнить пустые ячейки таблицы

Q, м ³ /ч	100	150	200	250	300
H, м					

Ответ:

Q, м ³ /ч	100	150	200	250	300
H, м	22	30	40	64	92

16. Построить гидравлическую (Q-H) – характеристику участка нефтепродуктопровода ($D = 530$ мм, $\delta = 7$ мм; $\Delta = 0,2$ мм, $L = 125$ км), по которому транспортируется дизельное топливо Л-05-62 ($\rho = 840$ кг/м³, $\nu = 9$ сСт), если известно, что профиль трубопровода монотонно поднимается вверх от отметки $z_n = 75$ м в начале участка до отметки $z_k = 180$ м в его конце. Давление в конце участка трубопровода составляет 0,2 МПа. Потерями на местных сопротивлениях пренебречь. Указание. Заполнить пустые ячейки таблицы, построить пьезометрический график, построить (Q-H) – характеристику участка.

Q, м ³ /ч	800	900	1000	1100	1200
H, м					

Ответ:

Q, м ³ /ч	800	900	1000	1100	1200
H, м	432	503	583	670	764

17. Нефтепродуктопровод состоит из двух последовательно соединенных участков: первого - $D_1 \times \delta_1 = 530 \times 8$ мм, $L_1 = 60$ км, и второго - $D_2 \times \delta_2 = 377 \times 6$ мм, $L_2 = 30$ км. Скорость стационарного течения бензина ($\nu = 0,6$ сСт) в первом участке составляет 1,2 м/с. Зная что шероховатость Δ внутренней поверхности участков составляет 0,15 мм, найти потери напора в нефтепродуктопроводе. Ответ. 501 м.

18. Сырая нефть ($\rho = 890$ кг/м³, $\nu = 10$ сСт) течет в практически горизонтальном участке нефтепровода ($D \times \delta = 820 \times 10$ мм, $L = 140$ км) под действием разности давлений между началом и концом участка, равной 15 атм. Найти расход перекачки. Ответ: 1809 м³ /ч.

19. Профиль участка нефтепродуктопровода ($L = 120$ км, $D = 530 \times 8$ мм, $\Delta = 0,15$ мм) представлен в таблице (x - координата сечения; z - геодезическая отметка). Давление p_k в конце участка равно 0,3 МПа. Какой минимальный расход дизельного топлива ($\rho = 840$ кг/м³, $\nu = 5$ сСт, $p_y = 0,01$ МПа) должен быть в трубопроводе, чтобы в нем не возникали самотечные участки? Ответ: 775 м³/ч

x, км	0	10	15	20	30	40	60	80	120
z, м	50	100	50	150	100	200	50	75	0

20. Профиль участка нефтепродуктопровода ($L = 120$ км, $D = 530 \times 8$ мм, $\Delta = 0,15$ мм) представлен таблицей к предыдущей задаче № 36. Давление p_k в конце участка равно 0,3 МПа. По трубопроводу перекачивают дизельное топливо ($\rho = 840$ кг/м³, $\nu = 5$ сСт., $p_y = 0,01$ МПа) с расходом 650 м³/ч. Определить, имеется ли в трубопроводе самотечный участок и если имеется, то где он расположен? Ответ: Имеется между 40 и 49,942 км. (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. По участку нефтепровода ($L = 125$ км, $D = 530$ мм, $\delta = 7$ мм, $\Delta = 0,2$ мм) транспортируют нефть ($\nu = 8$ сСт.) с расходом 1000 м³/ч. Создаваемый перекачивающей станцией напор повысить нельзя, поэтому для увеличения пропускной способности участка на 20 % решено сделать вставку из трубопровода с большим диаметром ($D \times \delta = 720 \times 10$ мм, $\Delta = 0,15$ мм). Какой длины должна быть такая вставка? Ответ. 45,655 км.

2. По горизонтальному участку нефтепровода ($D = 820$ мм, $\delta = 10$ мм, $L = 120$

км) перекачивают сырую нефть ($v = 25$ сСт.) с расходом 2000 м³/ч. Требуется увеличить пропускную способность участка на 20% . Поскольку увеличить давление на перекачивающей станции оказалось невозможным, то решили проложить лупинг с диаметром, равным диаметру основной магистрали. Определить длину такого лупинга. Ответ. $46,228$ км.

3. Нефтепродуктопровод состоит из трех последовательно соединенных участков: ($D_1 \times \delta_1 = 530 \times 8$ мм, $L_1 = 70$ км), ($D_2 \times \delta_2 = 505 \times 8$ мм, $L_2 = 50$ км), ($D_3 \times \delta_3 = 510 \times 7$ мм, $L_3 = 30$ км) с одинаковой шероховатостью внутренней поверхности. По трубопроводу перекачивают автомобильный бензин ($v = 0,6$ сСт) с расходом 1000 м³/ч. Каков эквивалентный внутренний диаметр нефтепродуктопровода? Ответ. 502 мм.

4. С паспортной характеристики нефтяного центробежного насоса НМ сняты следующие значения H_i напоров и η_i коэффициентов полезного действия для соответствующих им значений Q_i расхода:

$Q_i, \text{м}^3/\text{ч}$	2000	4000	6000	8000	14000
$H_i, \text{м}$	380	360	340	310	180
η_i	0,35	0,60	0,78	0,85	0,82

Представить ($Q - H$) и ($Q - \eta$) – характеристики этого насоса в виде парабол соответственно формулам (39) и (44). Ответ. $H = 378 - 1,02 \cdot 10^{-6} Q^2$; $\eta = 0,181 \cdot 10^{-3} Q - 0,88 \cdot 10^{-8} Q^2$.

5. Разность давлений в линиях нагнетания и всасывания магистрального нефтяного насоса НМ 2500-230, рассчитанного на подачу 1800 м³/ч и перекачивающего сырую нефть ($\rho = 880$ кг/м³), равна 20 атм. Найти подачу (расход жидкости) насоса. Ответ. 1708 м³/ч.

55. Два центробежных насоса НМ 1250-260, один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, соединены последовательно. Какую характеристику будет иметь система этих двух насосов? Ответ. $H = 632 - 0,838 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$.

6. Определить подачу системы двух параллельно соединенных центробежных насосов, характеристики которых заданы уравнениями $H = 270 - 0,465 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, и $H = 260 - 0,430 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, если известно, что развиваемый ими напор составляет 240 м. Ответ. 1485 м³/ч.

7. Напорная характеристика центробежного насоса НМ 1250-260 имеет вид: H

$= 295 - 0,363 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, (Н - напор, м; Q - расход, м³/ч). Определить мощность, потребляемую насосной установкой при перекачке дизельного топлива ($\rho = 840$ кг/м³) с расходом 900 м³/ч, если известны коэффициенты полезного действия нагнетателя и привода, равные соответственно 0,82 и 0,95. Ответ. 702,4 кВт.

8. Два последовательно соединенных насоса НМ 1250-260, (Q-Н) – характеристики которых имеют вид: $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, (Н – в м, Q - в м³/ч), осуществляют перекачку дизельного топлива ($\rho = 830$ кг/м³, $\nu = 9$ сСт) по участку трубопровода ($D \times \delta = 530 \times 8$ мм, L=120 км, $\Delta = 0,2$ мм, $z_H = 50$ м, $z_K = 100$ м). Найти расход перекачки и давление в начале участка, если давление рк в конце участка составляет 0,3 МПа, подпор hп перед станцией равен 30 м и, кроме того известно, что самотечных участков в трубопроводе нет. Ответ. 1071 м³/ч, 4,79 МПа.

9. В горизонтальном нефтепродуктопроводе ($D \times \delta = 325 \times 7$ мм, L=140 км, $\Delta = 0,1$ мм) ведется перекачка дизельного топлива ($\rho = 840$ кг/м³, $\nu = 5$ сСт). Перекачка осуществляется двумя одинаковыми насосами, соединенными последовательно. Характеристика каждого насоса имеет вид: $H = 365 - 0,797 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$, (Н – в м, Q - в м³/ч). Как и насколько изменится расход перекачки, если один из насосов отключить? Принять $h_p = h_k$. Ответ. Уменьшится с 301,8 до 218,4 м³/ч.

10. По участку нефтепровода ($D \times \delta = 820 \times 10$ мм, L=125 км, $\Delta = 0,2$ мм, $z_H = 75$ м, $z_K = 140$ м) ведется перекачка сырой нефти ($\rho = 870$ кг/м³, $\nu = 9$ сСт). Перекачка осуществляется двумя центробежными насосами НМ 3600-230, соединенными последовательно. Характеристика каждого насоса имеет вид: $H = 285 - 0,644 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$, (Н – в м, Q - в м³/ч). Определить пропускную способность участка, если известно, что в трубопроводе самотечных участков нет. Ответ. 3008 м³/ч.

11. Для перекачки бензина ($\rho = 735$ кг/м³, $\nu = 0,6$ сСт) по участку нефтепродуктопровода ($D \times \delta = 530 \times 7$ мм, L=130 км, $\Delta = 0,15$ мм, $z_H = 25$ м, $z_K = 117$ м) используют два насоса с характеристиками $H = 280 - 0,253 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$, (Н – в м, Q - в м³/ч), соединенные параллельно. Какую пропускную способность обеспечивает такой участок, если известно, что подпор станции равен 40 м, а давление в конце участка составляет 0,22 МПа? Ответ. 691,5 м³/ч.

12. Перекачка сырой нефти ($\rho = 870$ кг/м³, $\nu = 25$ сСт) ведется двумя насосами: НМ 2500-230 с характеристикой $H = 251 - 0,812 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$, и НМ 3600-230 с характеристикой $H = 273 - 0,125 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, рассчитанными на подачу

1800 м³ /ч и соединенными последовательно. Известно, что гидравлическая характеристика обвязки нефтеперекачивающей станции имеет вид $H=0,15 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, (здесь и выше H – в м, Q - в м³ /ч). Определить расход перекачки, если известно, что участок нефтепровода ($D \times \delta=820 \times 10$ мм, $L=150$ км, $z_H=80$ м, $z_K=120$ м, $h_{пн}=70$ м, $h_{кн}=40$ м) носит относительно равнинный характер и на нем отсутствуют самотечные участки. Кроме того, известно, что потери напора на местных сопротивлениях составляют в данном участке $\approx 2\%$ от потерь напора на трение. Ответ. 2246 м³ /ч. (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Основные физические свойства нефти и нефтепродуктов
 - 1.1. Плотность: зависимость плотности нефтепродуктов от температуры и давления; модуль упругости, коэффициент сжимаемости; коэффициент объемного расширения
 - 1.2. Вязкость: понятие кинематической и динамической вязкости, единицы измерения; понятие касательного напряжения
 - 1.3. Модели жидкостей: ньютоновские и неньютоновские жидкости; модели жидкостей: Освальда, Шведова-Бингмана; понятие предельного напряжения сдвига
 - 1.4. Испаряемость жидкостей
2. Гидравлические режимы работы нефти и нефтепродуктопроводов
 - 2.1 Уравнение Бернули, понятие полного напора, понятия скоростного, геометрического и пьезометрического напора.
 - 2.2. Потери напора на трение, потери напора на местных сопротивлениях
 - 2.3. Число Рейнольдса, режимы течения жидкости
 - 2.4. Коэффициент гидравлического сопротивления: формулы расчета
 - 2.4. Понятие абсолютной и относительной шероховатости
 - 2.5. Понятие гидравлического уклона и линии гидравлического уклона
 - 2.6. Гидравлическая характеристика участка трубопровода
 - 2.7. Самотечные участки: степень заполнения и его длина
 - 2.8. Трубопровод со вставкой и лупингом: основные формулы расчета
- Гидравлические характеристики работы насосов и насосных станций: основные характеристик насосов, последовательное и параллельное включение насосов и их расходно-напорно характеристики
4. Совместная работа нефтеперекачивающих станций и трубопровода
5. Поверочный расчет нефтепродуктопровода: определение фактического значения давлений и расходов у потребителей.
6. Перекачка высоковязких нефтей и нефтепродуктов с подогревом: формула Филонова-Рейнольдса; удельная теплоемкость; коэффициент теплоотдачи; коэффициенты теплопроводности грунта, трубы, изоляционных материалов; формула Шухова и формула Шухова с учетом диссипативного разогрева
7. Истечение жидкости из трубопровода (основные теоретические сведения)

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Выставление оценки 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.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Трубопроводные системы: обзор проблем, возникающих при транспорте энергоносителей	ОПК-3, ОПК-7	Тест
2	Физические и химические свойства нефти и нефтепродуктов	ОПК-3, ОПК-7	Тест, контрольная работа
3	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем - гидравлические режимы работы нефте - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	ОПК-3, ОПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Гидравлический расчет трубопроводных систем участка нефте - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	ОПК-3, ОПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Совместная работа насосных станций и трубопровода	ОПК-3, ОПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	ОПК-3, ОПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Последовательная перекачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	ОПК-3, ОПК-7	Тест, контрольная работа,
8	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	ОПК-3, ОПК-7	Тест, курсовой проект

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.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. М.В. Лурье Задачник по трубопроводному транспорту Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела - УФА. – 2005
- 2 Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа.
- 3 Трубопроводный транспорт нефти Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак, М.В. Лурье, В.М. Писаревский, А.Д. Прохоров, А.Е. Сощенко, А.М. Шаммазов / под редакцией С.М. Вайнштока – 2002
- 4 Вайншток С.М. Трубопроводный транспорт 2 том. Недра. 621с. – 2004
5. Гребнев, В. Д. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ : учебное пособие / В. Д. Гребнев, А. М. Мошева. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 167 с. — ISBN 978-5-398-01515-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160353>
6. Павлов, А. И. Надежность, диагностика и защита гидроприводов транспортно-технологических машин : монография / А. И. Павлов, А. А. Тарбеев, С. Л. Вдовин. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. — 376 с. — ISBN 978-5-8158-1853-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101133>

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

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

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация дисциплины «Основы проектирования трубопроводных систем» требует учебной аудитории для проведения учебных занятий, оборудование:

комплект учебной мебели:

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

- Проектор;

- Ноутбук Lenovo B590

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 «Основы проектирования трубопроводных систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета гидравлического расчета различных трубопроводных систем

транспорта нефти и нефтепродуктов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	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.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	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 экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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