

**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

В.И. Ряжских

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Основы проектирования трубопроводных систем»

Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

Профиль Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения
нефти, газа и продуктов переработки

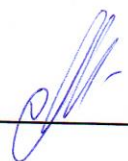
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / очно-заочная

Год начала подготовки 2021

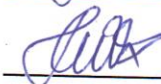
Автор программы

 /А.В. Миленин/

Заведующий кафедрой
нефтегазового оборудования
и транспортировки

 /С.Г. Валюхов/

Руководитель ОПОП

 / С.Г. Валюхов /

Воронеж 2021

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 части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ПК-1 - Способен выполнять работы по эксплуатации и обслуживанию оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

ПК-7 - Способен выполнять работы по составлению проектной, служебной документации в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать основные схемы, конструкции узлов и агрегатов оборудования трубопроводной системы транспорта нефтепродуктов
	Уметь выполнять совместно со специалистами служб работы связанные с корректировкой технологического процесса объектов трубопроводного транспорта нефтепродуктов
	Владеть методами расчета эксплуатационных показателей систем транспорта нефтепродуктов
ПК-7	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.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования трубопроводных систем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	64	64
В том числе:		
Лекции	32	32
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	89	89
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

очно-заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	64	64
В том числе:		
Лекции	32	32
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	80	80
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

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	-		4
3	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем - гидравлические режимы работы нефти - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем - гидравлические режимы работы нефти - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	4	2	4	4	14
4	Гидравлический расчет трубопроводных систем участка нефти - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	Гидравлический расчет трубопроводных систем участка нефти - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	4	2	4	4	14
5	Совместная работа насосных станций и трубопровода	Совместная работа насосных станций и трубопровода	4	2	4	4	14
6	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	4	2	4	-	10
7	Последовательная перекачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	Последовательная перекачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	6	2	-	-	8
8	Расчет сложных нефти - и нефтепродуктопроводов.	Расчет сложных нефти - и нефтепродуктопроводов.	6	4	-	77	87
		Часы на контроль					27
Итого			32	16	16	89	180

очно-заочная 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	-		4
3	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем -	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем -	4	2	4	4	14

	трубопроводных систем - гидравлические режимы работы нефте - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	гидравлические режимы работы 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.	4	2	4	4	14
5	Совместная работа насосных станций и трубопровода	Совместная работа насосных станций и трубопровода	4	2	4	4	14
6	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	4	2	4	-	10
7	Последовательная перкачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	Последовательная перкачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	6	2	-	-	8
8	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	6	4	-	68	88
		Часы на контроль					36
Итого			32	16	16	80	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 курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения, в 8 семестре для очно-заочной 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 включают 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
ПК-1	Знать основные схемы, конструкции узлов и агрегатов оборудования трубопроводной системы транспорта нефтепродуктов	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 совместно со специалистами служб работы связанные с корректировкой технологического процесса объектов трубопроводного транспорта нефтепродуктов	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами расчета эксплуатационных показателей систем транспорта нефтепродуктов	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
ПК-7	Знать нормативные документы, действующие инструкции, методики проектирования для проектирования объектов трубопроводной	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

	транспортной системы.			
	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

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для очно-заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать основные схемы, конструкции узлов и агрегатов оборудования трубопроводной системы транспорта нефтепродуктов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь выполнять совместно со специалистами служб работы связанные с корректировкой технологического процесса объектов трубопроводного	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	транспорта нефтепродуктов					
	Владеть методами расчета эксплуатационных показателей систем транспорта нефтепродуктов	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
ПК-7	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

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

а. м³/м³

б. кг/м³

с. 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) Объёмные 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);

b) Ньютон на квадратный метр (Н/м²);

c) кгс/см²;

d) Атмосфера.

6. Что означают числа 180 и 1900 в маркировке насоса ЦНС 180-1900?

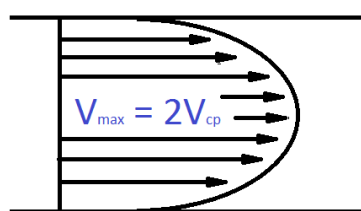
a) Постоянную подачу насоса 180 м³/ч и напор 1900 м ртутного столба;

b) Подпор насоса 180 м³/ч и напор 1900 м водяного столба;

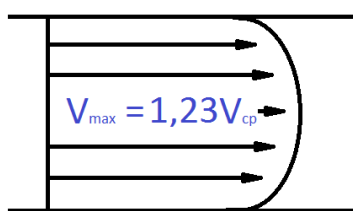
c) Подачу насоса 180 м³/ч и напор 1900 м водяного столба (при максимальном КПД насоса);

d) Максимальную подачу насоса 180 м³/ч и максимальный напор 1900 м водяного столба

7. Укажите на каком из рисунков изображена схема ламинарного течения жидкости.



а



б

a) а - ламинарное течение жидкости;

b) 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:

а. уменьшается

б. увеличивается

с. не изменяется

12. Трубопровод, соединяющий два параллельных нефтепровода, называется:

а. лупингом

б. перемычкой

с. вставкой

д. нет правильного ответа

13. Какое основное назначение имеет метод последовательной перекачки?

а. доставка смеси газов

б. эксплуатация трубопровода большой протяжённости

с. транспортировка сжиженного газа

д. транспортировка по одному трубопроводу различных сортов нефтепродуктов

е. перемешивание продуктов

ф. нет правильного ответа

14. Какие объекты и сооружения не входят в состав магистрального нефтепровода?

а. трубопроводы

б. компрессорные станции

с. насосные станции

д. линейная арматура

- e. газонефтехранилища
- f. нет правильного ответа

15. Обозначьте главное назначение лупинга

- a. увеличение диаметра трубопровода
- b. увеличение давления в трубопроводе
- c. увеличение фактической пропускной способности трубопровода
- d. увеличение температуры перекачиваемого продукта
- e. борьба с гидратообразованием
- f. нет правильного ответа

16. С какой целью в конструкции трубопровода предусмотрены продувочные свечи?

- a. для снижения давления на участках
- b. для откачивания влаги из трубопровода
- c. для ввода в перекачиваемый продукт различных ингибиторов
- d. для продувки трубопровода газом при образовании закупорок
- e. для освещения тёмных участков
- f. нет правильного ответа

17. При повышении температуры плотность нефти:

- a. уменьшается
- b. увеличивается
- c. 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 °С равна 845 кг/м³ . Вычислить плотность той же нефти при температуре 5 °С. Ответ. 855,5 кг/м³.

2. Плотность нефти при температуре 5 °С составляет 875 кг/м³ . Вычислить плотность той же нефти при температуре 20 °С. Ответ. 864,9 кг/м³ .

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 °С. Ответ. Повысится на 5,23 см

6. Температура нефти ($\rho_{20} = 870 \text{ кг/м}^3$) в вертикальном цилиндрическом резервуаре уменьшилась за сутки на 10 °С. На сколько изменится уровень

жидкости в резервуаре, если известно, что первоначально он составлял 6 м?
 Ответ. Опустится на 4,7 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°C . Ответ. На 1,84 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. $\cong 18,5 \text{ сСт}$.

10. Средняя по сечению скорость V течения нефти ($\rho = 900 \text{ кг/м}^3$) в трубопроводе ($D = 1020 \text{ мм}$; $\delta = 10 \text{ мм}$) равна $1,0 \text{ м/с}$. Определить годовую пропускную способность нефтепровода. Ответ: 21,365 млн. т/год

11. Перекачка нефти ($\rho = 890 \text{ кг/м}^3$; $\mu = 0,015 \text{ Пз}$.) ведется по нефтепроводу ($D \times \delta = 530 \times 8 \text{ мм}$) с расходом $800 \text{ м}^3/\text{ч}$. 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 ($D = 377 \text{ мм}$, $\delta = 8 \text{ мм}$, $\Delta = 0,15 \text{ мм}$), транспортирующего дизельное топливо ($\nu = 5 \text{ сСт}$) с расходом $250 \text{ м}^3/\text{ч}$? Ответ. 1,37 м/км.

13. Данные о профиле нефтепровода, транспортирующего сырую нефть ($\rho = 850 \text{ кг/м}^3$), 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 ($\rho = 735 \text{ кг/м}^3$), 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
p, 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
p, МПа	4,6	3,8	2,9	2,6	2,4	2,6

15. Построить гидравлическую (Q-H) – характеристику линейного участка нефтепровода ($D \times \delta = 325 \times 8 \text{ мм}$, $L = 180 \text{ км}$), по которому транспортируется нефть ($\nu = 20 \text{ сСт}$), если известно, что профиль нефтепровода монотонно опускается вниз от отметки $z_n = 200 \text{ м}$ в начале участка до отметки $z_k = 100 \text{ м}$ 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	307	404	645	924

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 k_p 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.

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 ($\nu = 25$ 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), ($D_3 \times \delta_2 = 510 \times 7$ мм, $L_3 = 30$ км) с одинаковой шероховатостью внутренней поверхности. По трубопроводу перекачивают автомобильный бензин ($\nu = 0,6$ 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 , 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: $H = 295-0,363 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, (H - 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, $(Q-H)$ – характеристики которых имеют вид: $H=331-0,451 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, (H – 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 p_K в конце участка составляет 0,3 МПа, подпор $h_{п}$ 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:

$H=365-0,797 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$, (H – 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: $H=285-0,644 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$, (H – 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 $H=280-0,253 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$, (H – 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, $h_p=70$ м, $h_k=40$ 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.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для экзамена

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 нефте 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. Самоотечные 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	ПК-1, ПК-7	Тест
2	Физические и химические свойства нефти и нефтепродуктов	ПК-1, ПК-7	Тест, контрольная работа
3	Введение в гидравлический расчет трубопроводных систем - гидравлические режимы работы нефте - и нефтепродуктопроводов (метод расчета)	ПК-1, ПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Гидравлический расчет трубопроводных систем участки нефте - и нефтепродуктопроводов с лупингами и вставками.	ПК-1, ПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Совместная работа насосных станций и трубопровода	ПК-1, ПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Перекачка высоковязких нефтей с подогревом	ПК-1, ПК-7	Контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Последовательная перкачка светлых нефтепродуктопроводов по трубопроводам.	ПК-1, ПК-7	Тест, контрольная работа,
8	Расчет сложных нефте - и нефтепродуктопроводов.	ПК-1, ПК-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 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
- Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа.
- 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
- Вайншток С.М. Трубопроводный транспорт 2 том. Недра. 621с. – 2004

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:

Компьютерный класс, специализированное ПО для проведения лабораторных работ, MS Excel (или совместимое ПО), MS Word (или совместимое ПО)

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Компьютерный класс с доступом в Интернет

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 гидравлического расчета различных трубопроводных систем транспорта нефти и нефтепродуктов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании (виртуальное) 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; 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.
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. - выполнение курсового проекта
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, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.