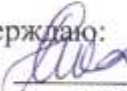


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:  
Зав. кафедрой НГОТ  С.Г.Валюхов  
«23» сентября 2025 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Основы проектирования трубопроводных систем»

**Специальность:** 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии  
код и наименование направления

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

**Квалификация выпускника:** горный инженер (специалист)  
наименование направленности/профиля

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения образовательной программы** 5 лет и 6 м.

**Год начала подготовки:** 2026

Разработчик



А.В. Миленин

Воронеж – 2025

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

**Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания сформированности компетенций на этапе промежуточной аттестации**

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Тип ОМ	Показатели оценивания
1	ОПК-3	Знать нормативные документы, действующие инструкции, методики проектирования для проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Вопросы (тест) к экзамену	Полнота знаний
		Уметь выполнять типовые расчеты в рамках проектных и технологических работ при проектировании объектов трубопроводной транспортной системы.	Стандартные задания	Наличие умений
		Владеть современными методами для решения задач проектирования объектов трубопроводной транспортной системы.	Прикладные задания	Наличие навыков
2	ОПК-7	<b>Знает</b> достижения в области физических процессов горного и нефтегазового производства	Вопросы (тест) к экзамену	Полнота знаний
		<b>Умеет</b> оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физических процессов нефтегазового производства	Стандартные задания	Наличие умений
		<b>Владеет навыками</b> оценки результатов научно-технических разработок и научных исследований	Прикладные задания	Наличие навыков

## ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
<b>Полнота знаний</b>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки
<b>Наличие умений</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочетов.
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
<b>Характеристика сформированности компетенции</b>	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству профессиональных задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных профессиональных задач.

## ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Вопросы для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций

ОПК-3 - Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	
1.	Основные физические свойства нефти и нефтепродуктов.
2.	Плотность: зависимость плотности нефтепродуктов от температуры и давления; модуль упругости, коэффициент сжимаемости; коэффициент объемного расширения.
3.	Вязкость: понятие кинематической и динамической вязкости, единицы измерения; понятие касательного напряжения.
4.	Модели жидкостей: ньютоновские и неньютоновские жидкости; модели жидкостей: Освальда, Шведова-Бингмана; понятие предельного напряжения сдвига.
5.	Испаряемость жидкостей.
6.	Уравнение Бернулли, понятие полного напора, понятия скоростного, геометрического и пьезометрического напора.
7.	Потери напора на трение, потери напора на местных сопротивлениях.
8.	Число Рейнольдса, режимы течения жидкости.
9.	Понятие абсолютной и относительной шероховатости.
10.	Понятие гидравлического уклона и линии гидравлического уклона.
11.	Нормативные документы для расчетов трубопроводов
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	
1.	Гидравлические режимы работы нефти и нефтепродуктов
2.	Гидравлическая характеристика участка трубопровода.
3.	Самотечные участки: степень заполнения и его длина.
4.	Трубопровод со вставкой и лупингом: основные формулы расчета.
5.	Гидравлические характеристики работы насосов и насосных станций: основные характеристик насосов, последовательное и параллельное включение насосов и их расходно-напорно характеристики.
6.	Совместная работа нефтеперекачивающих станций и трубопровода.
7.	Поверочный расчет нефтепродуктопровода: определение фактического значения давлений и расходов у потребителей.
8.	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.
9.	Истечение жидкости из трубопровода (основные теоретические сведения).
10.	Коэффициент гидравлического сопротивления: формулы расчета.

### Тестовые задания для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций

ОПК-3 - Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	
1.	Что означает понятие кавитация: 1) Образование пузырьков в жидкости;



	<p>3) для ввода в перекачиваемый продукт различных ингибиторов;</p> <p>4) для продувки трубопровода газом при образовании закупорок;</p> <p>5) для освещения тёмных участков;</p> <p>6) нет правильного ответа.</p>
9.	<p>Закончите предложение: «Ламинарное течение жидкости – это ...»:</p> <p>1) упорядоченное течение жидкости, характеризующееся отсутствием перемешивания между соседними слоями жидкости;</p> <p>2) течение жидкости при значении числа Рейнольдса менее 2200;</p> <p>3) течение жидкости, при котором частицы жидкости совершают неустановившиеся беспорядочные движения по сложным траекториям;</p> <p>4) течение жидкости, характеризующееся перемешиванием между соседними слоями жидкости.</p>
10.	<p>Что такое гидравлический удар:</p> <p>1) Явление, возникающее в результате быстрого открытия или закрытия затвора (задвижки) в конце напорного трубопровода;</p> <p>2) Разгерметизация высоконапорного трубопровода;</p> <p>3) Разгерметизация низконапорного трубопровода;</p> <p>4) Работа гидравлического молота.</p>
11.	<p>Закончите предложение: «КПД насосного агрегата – это отношение...»:</p> <p>1) подачи к напору;</p> <p>2) тока электродвигателя к количеству оборотов;</p> <p>3) подачи к количеству оборотов;</p> <p>4) полезной мощности к затраченной мощности.</p>
12.	<p>Какое давление называется избыточным:</p> <p>1) давление, выше давления насыщенных паров;</p> <p>2) давление, выше рабочего давления;</p> <p>3) давление, выше предельно допустимого давления;</p> <p>4) давление, выше атмосферного.</p>
<p><b>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</b></p>	
1	<p>Единицы измерения плотности в системе СИ:</p> <p>1) <math>\text{м}^3/\text{м}^3</math>;</p> <p>2) <math>\text{кг}/\text{м}^3</math>;</p> <p>3) <math>\text{м}^3/\text{сутки}</math>;</p> <p>4) нет правильного ответа</p>
2	<p>Чему равен 1 метр водного столба:</p> <p>1) 133 Па;</p> <p>2) 0,01 МПа;</p> <p>3) 133 МПа;</p> <p>4) 1 МПа.</p>
3	<p>Закончите предложение: «В международной системе единиц СИ основной единицей измерения давления является...»:</p> <p>1) Паскаль (Па);</p> <p>2) Ньютон на квадратный метр (<math>\text{Н}/\text{м}^2</math>);</p> <p>3) <math>\text{кгс}/\text{см}^2</math>;</p> <p>4) Атмосфера.</p>
4	<p>Единицей измерения кинематической вязкости <math>\nu</math> в системе СИ является Стокс:</p> <p>1) <math>1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}</math>;</p> <p>2) <math>1 \text{ Ст} = 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}</math>;</p> <p>3) <math>1 \text{ Ст} = 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}</math>;</p> <p>4) <math>1 \text{ Ст} = 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}</math>.</p>

5	<p>Единицей измерения кинематической вязкости <math>\mu</math> в системе СИ является Пуаз, при этом <math>1 \text{ Пз} = 1/10 \cdot \text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math>. В частности, коэффициент динамической вязкости воды равен <math>0,01 \text{ Пз} = 0,001 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math> или 1 сантиПуаз:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>1 \text{ Пз} = 0,1 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math>;</li> <li>2) <math>1 \text{ Пз} = 0,01 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math>;</li> <li>3) <math>1 \text{ Пз} = 0,001 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math>;</li> <li>4) <math>1 \text{ Пз} = 10 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})</math>.</li> </ol>
6	<p>Чему равен коэффициент кинематической вязкости воды:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 1 сСт;</li> <li>2) 0,1 сСт;</li> <li>3) 10 сСт ;</li> <li>4) 0,2 сСт.</li> </ol>
7	<p>При повышении температуры плотность нефти:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) уменьшается;</li> <li>2) увеличивается;</li> <li>3) не изменяется.</li> </ol>
8	<p>Трубопровод, соединяющий два параллельных нефтепровода, называется:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) лупингом;</li> <li>2) перемычкой;</li> <li>3) вставкой;</li> <li>4) нет правильного ответа.</li> </ol>
9	<p>При повышении температуры плотность нефти:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) уменьшается;</li> <li>2) увеличивается;</li> <li>3) не изменяется.</li> </ol>
10	<p>Какой параметр является наиболее важным при классификации нефти и нефтепродуктов по классам огнеопасности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) вязкость;</li> <li>2) температура вспышки;</li> <li>3) температура воспламенения;</li> <li>4) давление насыщенных паров;</li> <li>5) плотность;</li> <li>6) нет правильного ответа.</li> </ol>
11	<p>Какой параметр характеризует режим движения жидкостей в трубопроводе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) плотность;</li> <li>2) вязкость;</li> <li>3) Прандтля;</li> <li>4) Рейнольдса;</li> <li>5) Грасгофа;</li> <li>6) нет правильного ответа.</li> </ol>
12	<p>В каких единицах измеряется производительность ЦНС:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\text{м}^3/\text{сутки}</math>;</li> <li>2) <math>\text{м}^3/\text{час}</math>;</li> <li>3) <math>\text{м}^3/\text{минуту}</math>;</li> <li>4) <math>\text{м}^3/\text{секунду}</math>.</li> </ol>
13	<p>В каких единицах измеряется подача центробежного насоса:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) м. вод. ст.;</li> <li>2) куб м / час;</li> <li>3) киловатт;</li> <li>4) процентах.</li> </ol>

**Практические задания для оценки результатов обучения,  
характеризующих сформированность компетенций**

ОПК-3 - Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии																			
1	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 $7^\circ\text{C}$ . Ответ. Повысится на 5,23 см																		
2	Температура нефти ( $\rho_{20} = 870 \text{ кг/м}^3$ ) в вертикальном цилиндрическом резервуаре уменьшилась за сутки на $10^\circ\text{C}$ . На сколько изменится уровень жидкости в резервуаре, если известно, что первоначально он составлял 6 м? Ответ. Опустится на 4,7 см.																		
3	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 $5^\circ\text{C}$ . Ответ. На 1,84 м.																		
4	Определить динамическую вязкость нефти ( $900 \text{ кг/м}^3$ ), 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: $V=Q \cdot t$																		
5	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. $\cong 18,5 \text{ сСт}$																		
6	С паспортной характеристики нефтяного центробежного насоса НМ сняты следующие значения $H_i$ напоров и $\eta_i$ коэффициентов полезного действия для соответствующих им значений $Q_i$ расхода: <table border="1" data-bbox="199 1384 1439 1496"> <tr> <td><math>Q_i, \text{ м}^3/\text{ч}</math></td> <td>2000</td> <td>4000</td> <td>6000</td> <td>8000</td> <td>14000</td> </tr> <tr> <td><math>H_i, \text{ м}</math></td> <td>380</td> <td>360</td> <td>340</td> <td>310</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td><math>\eta_i</math></td> <td>0,35</td> <td>0,60</td> <td>0,78</td> <td>0,85</td> <td>0,85</td> </tr> </table> <p>Представить <math>(Q - H)</math> и <math>(Q - \eta)</math> – характеристики этого насоса в виде парабол соответственно формулам (39) и (44).          Ответ. <math>H=378-1,02 \cdot 10^{-6} Q^2</math>; <math>\eta=0,181 \cdot 10^{-3} Q-0,88 \cdot 10^{-8} Q^2</math>.</p>	$Q_i, \text{ м}^3/\text{ч}$	2000	4000	6000	8000	14000	$H_i, \text{ м}$	380	360	340	310	180	$\eta_i$	0,35	0,60	0,78	0,85	0,85
$Q_i, \text{ м}^3/\text{ч}$	2000	4000	6000	8000	14000														
$H_i, \text{ м}$	380	360	340	310	180														
$\eta_i$	0,35	0,60	0,78	0,85	0,85														
7	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. $H = 632-0,838 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ .																		
8	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. $1485 \text{ м}^3/\text{ч}$ .																		
9	Напорная характеристика центробежного насоса НМ 1250-260 имеет вид: $H = 295-0,363 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ , ( $H$ - напор, м; $Q$ - расход, $\text{м}^3/\text{ч}$ ). Определить мощность, потребляе-																		

	<p>мую насосной установкой при перекачке дизельного топлива (<math>\rho = 840 \text{ кг/м}^3</math>) с расходом <math>900 \text{ м}^3/\text{ч}</math>, если известны коэффициенты полезного действия нагнетателя и привода, равные соответственно 0,82 и 0,95. Ответ. 702,4 кВт.</p>																								
10	<p>Два последовательно соединенных насоса НМ 1250-260, (Q-H) – характеристики которых имеют вид: <math>H=331-0,451 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2</math>, (H – в м, Q - в <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>), осуществляют перекачку дизельного топлива (<math>\rho=830 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu=9 \text{ сСт}</math>) по участку трубопровода (<math>D \times \delta=530 \times 8 \text{ мм}</math>, <math>L=120 \text{ км}</math>, <math>\Delta=0,2 \text{ мм}</math>, <math>z_{\text{н}}=50 \text{ м}</math>, <math>z_{\text{к}}=100 \text{ м}</math>). Найти расход перекачки и давление в начале участка, если давление <math>p_{\text{к}}</math> в конце участка составляет 0,3 МПа, подпор <math>h_{\text{п}}</math> перед станцией равен 30 м и, кроме того известно, что самотечных участков в трубопроводе нет. Ответ. <math>1071 \text{ м}^3/\text{ч}</math>, 4,79 МПа.</p>																								
11	<p>Перекачка сырой нефти (<math>\rho=870 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu=25 \text{ сСт}</math>) ведется двумя насосами: НМ 2500-230 с характеристикой <math>H=251-0,812 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2</math>, и НМ 3600-230 с характеристикой <math>H=273-0,125 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2</math>, рассчитанными на подачу <math>1800 \text{ м}^3/\text{ч}</math> и соединенными последовательно. Известно, что гидравлическая характеристика обвязки нефтеперекачивающей станции имеет вид <math>H=0,15 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2</math>, (здесь и выше H – в м, Q - в <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>). Определить расход перекачки, если известно, что участок нефтепровода (<math>D \times \delta=820 \times 10 \text{ мм}</math>, <math>L=150 \text{ км}</math>, <math>z_{\text{н}}=80 \text{ м}</math>, <math>z_{\text{к}}=120 \text{ м}</math>, <math>h_{\text{п}}=70 \text{ м}</math>, <math>h_{\text{к}}=40 \text{ м}</math>) носит относительно равнинный характер и на нем отсутствуют самотечные участки. Кроме того, известно, что потери напора на местных сопротивлениях составляют в данном участке <math>\approx 2\%</math> от потерь напора на трение. Ответ. <math>2246 \text{ м}^3/\text{ч}</math>.</p>																								
12	<p>Разность давлений в линиях нагнетания и всасывания магистрального нефтяного насоса НМ 2500-230, рассчитанного на подачу <math>1800 \text{ м}^3/\text{ч}</math> и перекачивающего сырую нефть (<math>\rho = 880 \text{ кг/м}^3</math>), равна 20 атм. Найти подачу (расход жидкости) насоса. Ответ. <math>1708 \text{ м}^3/\text{ч}</math>.</p>																								
<p><b>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</b></p>																									
1	<p>Плотность нефти при температуре <math>20 \text{ }^\circ\text{C}</math> равна <math>845 \text{ кг/м}^3</math>. Вычислить плотность той же нефти при температуре <math>5 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Ответ. <math>855,5 \text{ кг/м}^3</math>.</p>																								
2	<p>Плотность нефти при температуре <math>5 \text{ }^\circ\text{C}</math> составляет <math>875 \text{ кг/м}^3</math>. Вычислить плотность той же нефти при температуре <math>20 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Ответ. <math>864,9 \text{ кг/м}^3</math>.</p>																								
3	<p>Средняя по сечению скорость <math>V</math> течения нефти (<math>\rho = 900 \text{ кг/м}^3</math>) в трубопроводе (<math>D = 1020 \text{ мм}</math>; <math>\delta = 10 \text{ мм}</math>) равна <math>1,0 \text{ м/с}</math>. Определить годовую пропускную способность нефтепровода. Ответ: 21,365 млн. т/год.</p>																								
4	<p>Перекачка нефти (<math>\rho = 890 \text{ кг/м}^3</math>; <math>\mu = 0,015 \text{ Пз.}</math>) ведется по нефтепроводу (<math>D \times \delta = 530 \times 8 \text{ мм}</math>) с расходом <math>800 \text{ м}^3/\text{ч}</math>. Определить режим течения и вычислить коэффициент гидравлического сопротивления. Ответ. Турбулентный режим в области гидравлически гладких труб; <math>\lambda \cong 0,0236</math> 0,0132</p>																								
5	<p>Чему равен гидравлический уклон на участке трубопровода (<math>D = 377 \text{ мм}</math>, <math>\delta = 8 \text{ мм}</math>, <math>\Delta = 0,15 \text{ мм}</math>), транспортирующего дизельное топливо (<math>\nu=5 \text{ сСт}</math>) с расходом <math>250 \text{ м}^3/\text{ч}</math>? Ответ. 1,37 м/км.</p>																								
6	<p>Данные о профиле нефтепровода, транспортирующего сырую нефть (<math>\rho = 850 \text{ кг/м}^3</math>), приведены в нижеследующей таблице (x - координата сечения; z - геодезическая отметка).</p> <table border="1" data-bbox="188 1910 1433 2027"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>p, МПа</td> <td>5,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,5</td> </tr> </table> <p>Найти давления в сечениях, пропущенных в таблице. Упругостью насыщенных паров нефти пренебречь; давление, выраженное в МПа, округлить с точностью до десятых.</p>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	100	150	200	100	50	50	150	p, МПа	5,0						0,5
x, км	0	20	40	60	80	100	120																		
z, м	100	150	200	100	50	50	150																		
p, МПа	5,0						0,5																		

	Ответ.																															
	х, 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																								
7	<p>Построить гидравлическую (Q-H) – характеристику линейного участка нефтепровода (<math>D \times \delta = 325 \times 8</math> мм, <math>L = 180</math> км), по которому транспортируется нефть (<math>\nu = 20</math> сСт), если известно, что профиль нефтепровода монотонно опускается вниз от отметки <math>z_n = 200</math> м в начале участка до отметки <math>z_k = 100</math> м в его конце. Потерями на местных сопротивлениях пренебречь.</p> <p>Указание. Заполнить пустые ячейки таблицы</p> <table border="1"> <tr> <td>Q, м<sup>3</sup>/ч</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>H, м</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Ответ:</p> <table border="1"> <tr> <td>Q, м<sup>3</sup>/ч</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>H, м</td> <td>22</td> <td>307</td> <td>404</td> <td>645</td> <td>924</td> </tr> </table>								Q, м <sup>3</sup> /ч	100	150	200	250	300	H, м						Q, м <sup>3</sup> /ч	100	150	200	250	300	H, м	22	307	404	645	924
Q, м <sup>3</sup> /ч	100	150	200	250	300																											
H, м																																
Q, м <sup>3</sup> /ч	100	150	200	250	300																											
H, м	22	307	404	645	924																											
8	<p>Построить гидравлическую (Q-H) – характеристику участка нефтепродуктопровода (<math>D = 530</math> мм, <math>\delta = 7</math> мм; <math>\Delta = 0,2</math> мм, <math>L = 125</math> км), по которому транспортируется дизельное топливо Л-05-62 (<math>\rho = 840</math> кг/м<sup>3</sup>, <math>\nu = 9</math> сСт), если известно, что профиль трубопровода монотонно поднимается вверх от отметки <math>z_n = 75</math> м в начале участка до отметки <math>z_k = 180</math> м в его конце. Давление в конце участка трубопровода составляет 0,2 МПа. Потерями на местных сопротивлениях пренебречь.</p> <p>Указание. Заполнить пустые ячейки таблицы, построить пьезометрический график, построить (Q-H) – характеристику участка.</p> <table border="1"> <tr> <td>Q, м<sup>3</sup>/ч</td> <td>800</td> <td>900</td> <td>1000</td> <td>1100</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>H, м</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Ответ:</p> <table border="1"> <tr> <td>Q, м<sup>3</sup>/ч</td> <td>800</td> <td>900</td> <td>1000</td> <td>1100</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>H, м</td> <td>432</td> <td>503</td> <td>583</td> <td>670</td> <td>764</td> </tr> </table>								Q, м <sup>3</sup> /ч	800	900	1000	1100	1200	H, м						Q, м <sup>3</sup> /ч	800	900	1000	1100	1200	H, м	432	503	583	670	764
Q, м <sup>3</sup> /ч	800	900	1000	1100	1200																											
H, м																																
Q, м <sup>3</sup> /ч	800	900	1000	1100	1200																											
H, м	432	503	583	670	764																											
9	<p>Нефтепродуктопровод состоит из двух последовательно соединенных участков: первого - <math>D1 \times \delta1 = 530 \times 8</math> мм, <math>L1 = 60</math> км, и второго - <math>D2 \times \delta2 = 377 \times 6</math> мм, <math>L2 = 30</math> км. Скорость стационарного течения бензина (<math>\nu = 0,6</math> сСт) в первом участке составляет 1,2 м/с. Зная что шероховатость <math>\Delta</math> внутренней поверхности участков составляет 0,15 мм, найти потери напора в нефтепродуктопроводе.</p> <p>Ответ. 501 м.</p>																															
10	<p>Сырая нефть (<math>\rho = 890</math> кг/м<sup>3</sup>, <math>\nu = 10</math> сСт) течет в практически горизонтальном участке нефтепровода (<math>D \times \delta = 820 \times 10</math> мм, <math>L = 140</math> км) под действием разности давлений между началом и концом участка, равной 15 атм. Найти расход перекачки.</p> <p>Ответ: 1809 м<sup>3</sup>/ч.</p>																															
11	<p>Профиль участка нефтепродуктопровода (<math>L = 120</math> км, <math>D = 530 \times 8</math> мм, <math>\Delta = 0,15</math> мм) представлен в таблице (х - координата сечения; z - геодезическая отметка). Давление <math>p_k</math> в конце участка равно 0,3 МПа. Какой минимальный расход дизельного топлива (<math>\rho = 840</math> кг/м<sup>3</sup>, <math>\nu = 5</math> сСт, <math>p_u = 0,01</math> МПа) должен быть в трубопроводе, чтобы в нем не возникали самоотечные участки?</p> <table border="1"> <tr> <td>х, км</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>150</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>50</td> <td>75</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Ответ: 775 м<sup>3</sup>/ч</p>								х, км	0	10	15	20	30	40	60	80	120	z, м	50	100	50	150	100	200	50	75	0				
х, км	0	10	15	20	30	40	60	80	120																							
z, м	50	100	50	150	100	200	50	75	0																							
12	<p>Профиль участка нефтепродуктопровода (<math>L = 120</math> км, <math>D = 530 \times 8</math> мм, <math>\Delta = 0,15</math> мм) пред-</p>																															

	<p>ставлен таблицей к предыдущей задаче № 36. Давление <math>p_p</math> в конце участка равно 0,3 МПа. По трубопроводу перекачивают дизельное топливо (<math>\rho = 840 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu = 5 \text{ сСт.}</math>, <math>p_y = 0,01 \text{ МПа}</math>) с расходом <math>650 \text{ м}^3/\text{ч}</math>. Определить, имеется ли в трубопроводе самотечный участок и если имеется, то где он расположен?</p> <p>Ответ: Имеется между 40 и 49,942 км.</p>																					
13	<p>По участку нефтепровода (<math>L = 125 \text{ км}</math>, <math>D = 530 \text{ мм}</math>, <math>\delta = 7 \text{ мм}</math>, <math>\Delta = 0,2 \text{ мм}</math>) транспортируют нефть (<math>\nu = 8 \text{ сСт.}</math>) с расходом <math>1000 \text{ м}^3/\text{ч}</math>. Создаваемый перекачивающей станцией напор повысить нельзя, поэтому для увеличения пропускной способности участка на 20 % решено сделать вставку из трубопровода с большим диаметром (<math>D \times \delta = 720 \times 10 \text{ мм}</math>, <math>\Delta = 0,15 \text{ мм}</math>). Какой длины должна быть такая вставка?</p> <p>Ответ. 45,655 км.</p>																					
14	<p>По горизонтальному участку нефтепровода (<math>D = 820 \text{ мм}</math>, <math>\delta = 10 \text{ мм}</math>, <math>L = 120 \text{ км}</math>) перекачивают сырую нефть (<math>\nu = 25 \text{ сСт.}</math>) с расходом <math>2000 \text{ м}^3/\text{ч}</math>. 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.</p> <p>Ответ. 46,228 км.</p>																					
15	<p>Нефтепродуктопровод состоит из трех последовательно соединенных участков: (<math>D1 \times \delta1 = 530 \times 8 \text{ мм}</math>, <math>L1 = 70 \text{ км}</math>), (<math>D2 \times \delta2 = 505 \times 8 \text{ мм}</math>, <math>L2 = 50 \text{ км}</math>), (<math>D3 \times \delta2 = 510 \times 7 \text{ мм}</math>, <math>L3 = 30 \text{ км}</math>) с одинаковой шероховатостью внутренней поверхности. По трубопроводу перекачивают автомобильный бензин (<math>\nu = 0,6 \text{ сСт}</math>) с расходом <math>1000 \text{ м}^3/\text{ч}</math>. Каков эквивалентный внутренний диаметр нефтепродуктопровода?</p> <p>Ответ. 502 мм.</p>																					
16	<p>В горизонтальном нефтепродуктопроводе (<math>D \times \delta = 325 \times 7 \text{ мм}</math>, <math>L = 140 \text{ км}</math>, <math>\Delta = 0,1 \text{ мм}</math>) ведется перекачка дизельного топлива (<math>\rho = 840 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu = 5 \text{ сСт}</math>). Перекачка осуществляется двумя одинаковыми насосами, соединенными последовательно. Характеристика каждого насоса имеет вид: <math>H = 365 - 0,797 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2</math>, (<math>H</math> – в м, <math>Q</math> – в <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>). Как и насколько изменится расход перекачки, если один из насосов отключить? Принять <math>h_n = h_k</math>.</p> <p>Ответ. Уменьшится с 301,8 до 218,4 <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>.</p>																					
17	<p>По участку нефтепровода (<math>D \times \delta = 820 \times 10 \text{ мм}</math>, <math>L = 125 \text{ км}</math>, <math>\Delta = 0,2 \text{ мм}</math>, <math>z_n = 75 \text{ м}</math>, <math>z_k = 140 \text{ м}</math>) ведется перекачка сырой нефти (<math>\rho = 870 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu = 9 \text{ сСт}</math>). Перекачка осуществляется двумя центробежными насосами НМ 3600-230, соединенными последовательно. Характеристика каждого насоса имеет вид: <math>H = 285 - 0,644 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2</math>, (<math>H</math> – в м, <math>Q</math> – в <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>). Определить пропускную способность участка, если известно, что в трубопроводе самотечных участков нет.</p> <p>Ответ. 3008 <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>.</p>																					
18	<p>Для перекачки бензина (<math>\rho = 735 \text{ кг/м}^3</math>, <math>\nu = 0,6 \text{ сСт}</math>) по участку нефтепродуктопровода (<math>D \times \delta = 530 \times 7 \text{ мм}</math>, <math>L = 130 \text{ км}</math>, <math>\Delta = 0,15 \text{ мм}</math>, <math>z_n = 25 \text{ м}</math>, <math>z_k = 117 \text{ м}</math>) используют два насоса с характеристиками <math>H = 280 - 0,253 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2</math>, (<math>H</math> – в м, <math>Q</math> – в <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>), 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?</p> <p>Ответ. 691,5 <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>.</p>																					
19	<p>Данные о профиле нефтепродуктопровода, транспортирующего бензин А80 (<math>\rho = 735 \text{ кг/м}^3</math>), приведены в нижеследующей таблице (<math>x</math> – координата сечения; <math>z</math> – геодезическая отметка)</p> <table border="1" data-bbox="199 1803 1436 1921"> <tr> <td><math>x</math>, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td><math>z</math>, м</td> <td>75</td> <td>120</td> <td>180</td> <td>160</td> <td>130</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td><math>p</math>, МПа</td> <td></td> <td>3,8</td> <td></td> <td>2,6</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Найти давления в сечениях, пропущенных в таблице. Давление, выраженное в МПа, округлить с точностью до десятых.</p>	$x$ , км	0	20	40	60	80	100	$z$ , м	75	120	180	160	130	30	$p$ , МПа		3,8		2,6		
$x$ , км	0	20	40	60	80	100																
$z$ , м	75	120	180	160	130	30																
$p$ , МПа		3,8		2,6																		

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	