

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.04.01 МОРСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ**

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело

Профиль подготовки (специализация) 21.04.01.01 Трубопроводный инжиниринг

Форма обучения очная

Год набора 2024

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили  
зав. кафедрой, Канд. техн. наук Сокольников Александр Николаевич

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины:

изучение основ проектирования, сооружения и эксплуатации морских трубопроводных систем, развитие навыков и умения пользования нормативно-технической документацией и выполнения расчетов морских трубопроводов систем транспорта углеводородов, связанных с реализацией проектных решений при сооружении объектов трубопроводных систем на шельфе.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины:

изучение методов проектирования и решения задач в области эксплуатации и обслуживания объектов морского трубопроводного транспорта, владение теоретическими основами проектирования подводных трубопроводов транспорта углеводородов; теоретическое и практическое освоение методов расчета трубопроводных систем; формирование у студентов навыков проведения анализа надёжности морских трубопроводов, составления технологических и рабочих документов для сооружения морских трубопроводов и самостоятельного изучения информации по проблемам транспорта углеводородов и изучение методов сооружения трубопроводного транспорта.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-6 Способен оценивать эффективность инновационных решений и анализировать возможные технологические риски их реализации	
ПК-6.3 Предотвращает риски с учетом возможностей конкретного нефтегазового предприятия	Знать особенности проектирования, сооружения и эксплуатации морских трубопроводов Уметь производить технологические расчеты морских трубопроводов Владеть навыками проведения анализа надежности морских трубопроводов и составления рабочей документации для сооружения морских трубопроводов

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

## 2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		4
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	3 (108)	3 (108)
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	0,6 (20)	0,6 (20)
занятия лекционного типа	0,3 (10)	0,3 (10)
практические занятия	0,2 (8)	0,2 (8)
лабораторные работы	0,1 (2)	0,1 (2)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	2,4 (88)	2,4 (88)
<b>Вид промежуточной аттестации (Зачет)</b>		Зачёт

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
<b>Раздел 1. Современное состояние проектирования, строительства и эксплуатации морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Современное состояние проектирования, строительства и эксплуатации морских трубопроводов	1	4	
2.	Ср	Закрепление теоретического материала	4	4	
<b>Раздел 2. Нормативные методы расчета несущей способности морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Нормативные методы расчета несущей способности морских трубопроводов	1	4	
2.	Ср	Закрепление теоретического материала	6	4	
<b>Раздел 3. Конструктивные особенности морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Конструктивные схемы размещения морских трубопроводов	0,25	4	
2.	Лек	Конструкции, применяемые для морских газонефтепроводов	1	4	
3.	Ср	Закрепление теоретического материала	8	4	
<b>Раздел 4. Конструктивные схемы размещения морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Технология прокладки морских трубопроводов способом протаскивания. Технологические схемы протаскивания трубопроводов	1	4	
2.	Лек	Конструкции спусковых дорожек и механизмы для протаскивания трубопроводов	0,5	4	
3.	Лек	Технология прокладки морских трубопроводов с поверхности воды	0,5	4	
4.	Лек	Технология прокладки подводных переходов методом горизонтально направленного бурения	0,5	4	
5.	Ср	Закрепление теоретического материала	8	4	
<b>Раздел 5. Выбор оптимальных трасс морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Выбор оптимальных трасс морских трубопроводов	0,5	4	
2.	Ср	Закрепление теоретического материала	16	4	
<b>Раздел 6. Технология монтажных работ при строительстве морских трубопроводов</b>					
1.	Лек	Сварочно-монтажные работы	1	4	
2.	Лек	Защита морских трубопроводов от коррозии	0,25	4	
3.	Пр	Расчеты толщины стенки морского трубопровода	4	4	
4.	Пр	Расчет устойчивости, плавучести и балластировки морского трубопровода	4	4	
5.	Лаб	Использование программного комплекса ANSYS для расчетов трубопровода по механическому и строительному инжинирингу морских трубопроводов	2	4	
6.	Ср	Закрепление теоретического материала, подготовка к выполнению лабораторной работы	16	4	
<b>Раздел 7. Диагностирование и прогнозирование технического состояния подводных трубопроводов</b>					

1.	Лек	Методы диагностики, основанные на контроле параметров. Методы электромагнитного контроля	1	4	
2.	Ср	Закрепление теоретического материала	4	4	
<b>Раздел 8. Организация ремонта подводных трубопроводов</b>					
1.	Лек	Планово-предупредительный и текущий ремонт. Аварийно-восстановительный ремонт. Капитальный ремонт.	0,5	4	
2.	Ср	Закрепление теоретического материала	4	4	
<b>Раздел 9. Техника безопасности труда и экологическая безопасность при строительстве подводных трубопроводов</b>					
1.	Лек	Техника безопасности труда при строительстве и эксплуатации трубопроводов	0,5	4	
2.	Лек	Обеспечение экологической безопасности при строительстве и эксплуатации трубопроводов	0,5	4	
3.	Ср	Закрепление теоретического материала	6	4	
4.	РГР	Выполнение расчетно-графических работ	16	4	
5.	Зачёт			4	

#### **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Тетельмин В. В., Язев В. А. Нефтегазовое дело. Полный курс:[учебное пособие]. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 799 с..
2. Березин В. Л., Суворов А. Ф. Сварка трубопроводов и конструкций:учебник для вузов. - Москва: Недра, 1983. - 328 с..
3. Мустафин Ф.М., Блехерова Н.Г., Квятковский О.П. Сварка трубопроводов:Учеб. пособие. - Москва: Недра, 2002. - 347 с.
4. Спектор Ю.И., Мустафин Ф.М., Лаврентьев А.Е. Строительство подводных переходов трубопроводов способом горизонтально направленного бурения:Учеб. пособие. - Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2001. - 203 с.
5. Петров О.Н Неразрушающие методы контроля [Электронный ресурс]:[учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...23.03.03.07 Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (Трубопроводный транспорт нефти и газа)]. - Красноярск: СФУ, 2018. - – Режим доступа: <https://e.sfu-kras.ru/course/edit.php?id=12316> .

##### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian. Офисный пакет Microsoft Office.
2. ANSYS LS-DYNA. Решение в области расчетов явной динамики, моделирования быстропротекающих, высоконелинейных процессов.

##### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронная правовая система "КонсультантПлюс". <https://www.consultant.ru>  
Электронная правовая система "КонсультантПлюс"
2. Электронная библиотека РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина [Электронный ресурс] <http://elib.gubkin.ru/>

#### **5 Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для организации образовательного процесса необходима следующая материально-техническая база:

Учебные аудитории для проведения учебных занятий по дисциплине, оснащенные специализированной мебелью (аудиторные столы и стулья; аудиторная доска) и техническими средствами обучения (проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенные специализированной мебелью (аудиторные столы и стулья; аудиторная доска) и техническими средствами (12 компьютеров, интерфейс с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета).

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю) Б1.В.ДВ.04.01 Морские трубопроводы

Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль) 21.04.01.01 Трубопроводный инжиниринг

Красноярск 2025

**1 Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотносенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами**

Семестр	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства
ПК-6 Способен оценивать эффективность инновационных решений и анализировать возможные технологические риски их реализации			
4	ПК-6.3 Предотвращает риски с учетом возможностей конкретного нефтегазового предприятия	Знать особенности проектирования, сооружения и эксплуатации морских трубопроводов	Расчетно-графические работы. Лабораторная работа. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации
		Уметь производить технологические расчеты морских трубопроводов	Расчетно-графические работы. Лабораторная работа. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации
		Владеть навыками проведения анализа надежности морских трубопроводов и составления рабочей документации для сооружения морских трубопроводов	Расчетно-графические работы. Лабораторная работа. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации

**2 Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения**

**Расчетно-графические работы.**

В данной дисциплине реализуются задачи (задания) репродуктивного уровня.

**Задание 1. Расчеты толщины стенки морского трубопровода**

Произвести расчеты толщины стенки морского трубопровода для 3 (трёх) различных марок трубной стали с минимальным пределом текучести  $\sigma_y$ , МПа, оптимизировать и выбрать необходимую стенку трубопровода с учётом напряженно-деформированных состояний, включая кольцевые и продольные напряжения и крутящий момент морского трубопровода, диаметром  $D$ , м, рабочим давлением трубопровода  $P$ , МПа и критической глубиной  $H$ , м (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметры для расчета	$D$	0,219	0,273	0,323	0,406	0,508	0,168	0,114	0,089	0,060	0,048
	$P$	10,0	9,5	5,0	6,5	6,0	9,5	9,0	10,5	12,0	15,5
	$\sigma_y$	241 – 670									
	$H$	200									

### Инструкции и/или методические рекомендации по выполнению

Минимальную толщину стенки морского трубопровода вычисляют в соответствии со сводом правил СП 378.1325800.2017 по формуле

$$\delta = \frac{(P - P_0)D}{2F\sigma_y}$$

где  $D$  – номинальный диаметр трубопровода, мм;

$\sigma_y$  – суммарные кольцевые напряжения, Н/мм<sup>2</sup>;

$P$  – расчетное внутреннее давление в трубопроводе, Н/мм<sup>2</sup>;

$P_0$  – наружное гидростатическое давление, Н/мм<sup>2</sup>;

$F$  – площадь поперечного сечения трубы, мм<sup>2</sup>.

Номинальную толщину стенки труб следует устанавливать по минимальной толщине, полученной по формуле, с округлением до ближайшего большего значения, предусмотренного национальными стандартами или техническими условиями.

Толщина стенки трубопровода должна быть достаточной с учетом нагрузок, возникающих при монтаже, укладке, гидравлических испытаниях трубопровода и при его эксплуатации.

При необходимости следует добавлять к расчетной номинальной толщине стенки трубопровода допуски на внутреннюю коррозию. Если предусматривается программа мониторинга коррозии или закачки ингибиторов, добавление допусков на коррозию не требуется.

При выборе толщины стенки трубопровода необходимо обеспечить достаточную прочность и устойчивость трубы на смятие с учетом ее овальности, напряжений изгиба и внешних нагрузок.

Наружное гидростатическое давление на трубу при фактической глубине воды  $P_0$  вычисляют по формуле

$$P_0 = H\rho g 10^{-6}.$$

### Задание 2. Расчет устойчивости, плавучести и балластировки морского трубопровода

Произвести расчеты устойчивости, плавучести и балластировки морского трубопровода, диаметром  $D$ , м, с толщиной стенки  $\delta$ , мм, и с рабочим давлением трубопровода  $P$ , МПа (таблица 2).

Таблица 2 – Варианты заданий

№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметры для расчета	D	0,168	0,114	0,089	0,060	0,048	0,219	0,273	0,323	0,406	0,508
Параметры для расчета	δ	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,4	5,8	6,4	7,1
	P	9,5	9,0	10,5	12,0	15,5	10,0	7,5	5,0	5,5	6,5

### Инструкции и/или методические рекомендации по выполнению

Величина отрицательной плавучести трубопровода из условия устойчивости его положения на дне моря должна удовлетворять следующему условию

$$f(G - P_z) \geq m(P_x + P_{и})$$

Где

$f$  – коэффициент трения;

$G$  – вес трубопровода в воде (отрицательная плавучесть), Н/м;

$P_z$  – подъемная сила, Н/м;

$m$  – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1;

$P_x$  – сила лобового сопротивления, Н/м;

$P_{и}$  – инерционная сила, Н/м;

Максимальную горизонтальную ( $P_x + P_{и}$ ) и соответствующую ей вертикальную  $P_z$  проекции линейной нагрузки от волн и морских течений, действующих на трубопровод, следует определять по СП 38.13330.

При определении устойчивости морских трубопроводов на дне моря под воздействием гидродинамических нагрузок расчетные характеристики ветра, уровня воды и элементов волн следует принимать в соответствии с требованиями СП 38.13330.

Расчеты значений скоростей придонных течений и волновых нагрузок следует проводить для случаев:

- повторяемостью один раз в 100 лет – при расчетах на период эксплуатации морского трубопровода;

- повторяемостью один раз в год – при расчетах на период строительства морского трубопровода.

### Критерии оценки

– оценка «отлично»: решение задачи правильное. Описание хода ее решения подробное, последовательное, грамотное, с теоретическими обоснованиями (в т.ч. из лекционного курса), с необходимыми схематическими изображениями объекта расчета и их пояснением. При защите задачи студент правильно и свободно владеет терминологией, может объяснить ход решения задачи, дает верные и четкие ответы на дополнительные вопросы.

– оценка «хорошо»: решение задачи правильное. Описание хода ее решения имеется, но недостаточно подробное и логичное, с единичными ошибками в деталях, некоторыми затруднениями в теоретическом обосновании (в т.ч. из лекционного материала), в схематических изображениях объекта расчета. При защите задачи студент владеет только основной терминологией, может объяснить ход решения задачи, дает верные, но недостаточно четкие и полные ответы на дополнительные.

– оценка «удовлетворительно»: решение задачи правильное. Объяснение хода ее решения недостаточно полное, непоследовательное, с ошибками, слабым теоретическим обоснованием (в т.ч. лекционным материалом), со значительными затруднениями и ошибками в схематических изображениях объекта расчета. При защите задачи ответы на дополнительные вопросы недостаточно четкие, с ошибками в деталях.

– оценка «неудовлетворительно»: решение задачи неправильное. Объяснение хода ее решения дано неполное, непоследовательное, с грубыми ошибками, без теоретического обоснования (в т.ч. лекционным материалом), без умения схематических изображений объекта расчета, или с большим количеством ошибок. При защите задачи ответы на дополнительные вопросы неправильные или отсутствуют.

### **Лабораторные работы**

#### **Использование программного комплекса ANSYS для расчетов трубопровода по механическому и строительному инжинирингу морских трубопроводов.**

Оценка технического состояния трубопровода с определением действующих на него напряжений в программном комплексе Ansys.

#### **Инструкции и/или методические рекомендации по выполнению**

Прочностной анализ трубопровода в программном комплексе Ansys с учетом пластических деформаций.

Сравнение результатов исследований с проведенным механическим расчетом с учетом возможного роста трещин.

Моделирование напряженно-деформированного состояния трубопровода при однократном увеличении нагрузки в программном комплексе Ansys.

### **Критерии оценивания**

Для успешной защиты лабораторной работы, студент должен выполнить прочностной анализ, согласно методике, оформить отчет, ответить на теоретические вопросы по теме лабораторной работы.

– оценка «отлично»: ставится, если студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает (в том числе и при оформлении отчета по

лабораторной работе), не затрудняется с ответом при видоизменении задания, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

– оценка «хорошо»: ставится, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, в оформлении лабораторной работы; но в своем ответе не полностью раскрывает вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками.

– оценка «удовлетворительно»: ставится, если студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности (в том числе и при оформлении отчета по лабораторной работе), недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения при ответах на вопросы.

– оценка «неудовлетворительно»: ставится, если студент не оформил должным образом отчет по лабораторной работе, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями ориентируется в пройденном материале.

### **Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации**

1. Общая классификация морских трубопроводов для транспортировки углеводородного сырья.
2. Область распространения морских трубопроводов.
3. Состав сооружений морских трубопроводов. Классификация морских трубопроводов и их участков.
4. Типы, категории и виды трубопроводов для транспортировки углеводородного сырья.
5. Окружающая среда и ОВОС при сооружении морских трубопроводов.
6. Типовые стандартные параметры и классификация морских трубопроводов для транспортировки углеводородного сырья.
7. Стадии проектирования морских трубопроводных систем. Полный цикл проекта сооружения объектов трубопроводного транспорта.
8. Состав, назначение и преемственность стадии проектирования ТЭО-И / Концепция / Pre-FEED морских трубопроводных систем.
9. Состав, назначение и преемственность стадии проектирования ТЭО-С / Проект / FEED морских трубопроводных систем.
10. Состав, назначение и преемственность стадии проектирования Рабочая Документация / IFC / Рабочий Проект морских трубопроводных систем.
11. Общие требования к морским трубопроводам.
12. Способы и схемы прокладки морских трубопроводов.
13. Требования к трассе морских трубопроводов.
14. Подготовка морского дна для прокладки морских трубопроводов.
15. Требования к заглублению морских трубопроводов.

16. Материалы и конструкции морских трубопроводов.
17. Сварка морских трубопроводов.
18. Защита морских трубопроводов от коррозии.
19. Общая классификация антикоррозионных покрытий морских трубопроводов и технологии производства изоляционно-укладочных работ.
20. Балластировка и закрепление морских трубопроводов. Расчет балластировки.
21. Нагрузки и воздействия. Методы расчета морских трубопроводов трубопроводов на прочность.
22. Напряженное состояние морских трубопроводов под воздействием давлений. Расчет толщины стенки трубы.
23. Трубные материалы, материалы труб, райзеры (Risers) и запорная арматура.
24. Напряженное состояние трубопроводов под температурным воздействием.
25. Прочность и устойчивость морских трубопроводов.
26. Устойчивость морских трубопроводов при воздействии волн и течений на мелководном участке.
27. Укладка морских трубопроводов с трубоукладочных барж.
28. Устойчивость морских трубопроводов при воздействии волн и течений на глубоководном участке.
29. Укладка морских трубопроводов с трубоукладочных барж, оснащённых бухтой-барабаном.
30. Продольные перемещения трубопровода.
31. Эксплуатация трубоукладочных судов при действии течения и волнения.
32. Укладка морских трубопроводов наплавку с опуском на дно моря.
33. Напряжения при изгибе морского трубопровода.
34. Проект монтажных работ при сооружении морских трубопроводов.
35. Монтаж райзеров (Riser) при сооружении морских трубопроводов.
36. Укладка морских трубопроводов методом свободного погружения.
37. Выбор конструкции утяжелителей или анкеров.
38. Укладка морских трубопроводов по дну моря.
39. Линии технологической связи морских трубопроводов.
40. Очистка внутренней полости и испытание на прочность морских трубопроводов. Расчёт гидростатического испытания на прочность морского трубопровода.
41. Промывка и продувка трубопровода. Расчёт гидростатического испытания на прочность трубопровода.
42. Приёмка в эксплуатацию морских трубопроводов.
43. Эксплуатация морских трубопроводов.
44. Мероприятия по защите окружающей среды.
45. Техника безопасности при сооружении морских трубопроводов.

## **Инструкции и/или методические рекомендации по выполнению Форма промежуточной аттестации – зачёт.**

### **Критерии оценивания**

– «зачтено» выставляется обучающемуся, если он в течение периода обучения в ходе текущего контроля и выполнения заданий в соответствии с видами оценочных средств по дисциплине демонстрирует уровень знаний, умений и владений не ниже базового (не ниже «зачтено» или «удовлетворительно»);

– «не зачтено» выставляется обучающемуся, если он в течение периода обучения в ходе текущего контроля и выполнения заданий в соответствии с видами оценочных средств по дисциплине демонстрирует уровень знаний, умений и владений ниже базового (ниже «зачтено» или «удовлетворительно») либо выполнение указанных заданий и участие в мероприятиях текущего контроля в течение семестра студентом не осуществлялись.

При наличии обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья, в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида оценочные средства выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

### **Процедура проведения промежуточной аттестации с привлечением Комиссии ПА**

Проведение промежуточной аттестации (ПА) с привлечением Комиссии ПА осуществляется в целях внутренней независимой оценки качества подготовки обучающихся. Во время проведения промежуточной аттестации по дисциплине с привлечением Комиссии ПА вопросы обучающимся имеет право задавать и оценивать результаты ответов обучающихся только педагогический работник, проводящий занятия по дисциплине.

Комиссия ПА присутствует в качестве наблюдателей во время проведения промежуточной аттестации по дисциплине и осуществляет оценку процедуры проведения промежуточной аттестации и оценку результатов промежуточной аттестации.

Оценка процедуры промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) осуществляется Комиссией ПА на основе анализа ФОС по следующим позициям:

- наличие рецензированного ФОС;
- наличие описания в ФОС процедуры проведения ПА с привлечением Комиссии ПА;
- соответствия оценочных материалов для проведения зачета содержанию дисциплины и формируемым компетенциям.

Разработчик  Сокольников А.Н.