

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра морского нефтегазового дела и физики*

**Методические указания  
к самостоятельной работе студентов**

<b>Дисциплина</b>	<u>Б1.О.52 «Подводные технологии добычи нефти и газа на Арктическом шельфе»</u> <small>код и наименование дисциплины</small>
<b>Направление подготовки/специальность</b>	<u>21.05.05 Физические процессы горного или</u> <small>код и наименование направления подготовки /специальности</small> <u>нефтегазового производства</u>
<b>Направленность/специализация</b>	<u>Физические процессы нефтегазового производства</u> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
<b>Квалификация выпускника</b>	<u>специалист</u> <small>указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО</small>
<b>Кафедра-разработчик</b>	<u>морского нефтегазового дела и физики</u> <small>наименование кафедры-разработчика рабочей программы</small>

Составитель – Белухин Александр Игоревич, старший преподаватель кафедры морского нефтегазового дела и физики

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика морского нефтегазового дела «18» июня 2021 года, протокол № 4/21.

Рецензент - Кортаев Александр Борисович, старший преподаватель кафедры морского нефтегазового дела и физики

## **Оглавление**

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН .....	5
3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
4. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5

## 1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания составлены на основе рабочей программы дисциплины «Подводные технологии добычи нефти и газа на Арктическом шельфе», разработанной в соответствии с ФГОС ВО по специальности 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства, утвержденного Министерством образования и науки РФ 26.11.2020, № 1456, учебного плана в составе ОПОП по специальности 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства (специализация №2: Физические процессы нефтегазового производства) 2021 года начала подготовки.

В результате изучения дисциплины специалист должен:

### **Знать:**

- основные виды технологических процессов и ситуаций возникающих при проведении морских операций при транспортировке нефти и газа;
- способы проектирования подводных добычных комплексов (их элементов) и трубопроводов;
- основную нормативную документацию по подводным добычным технологиям;
- основные положения ведомственных инструкций по расчетам на прочность трубопроводов;
- методики реализации таких прочностных и оптимизационных расчетов.

### **Уметь:**

- изучать и анализировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по направлению исследований в области применения подводных технологий обустройства месторождений и трубопроводного транспорта нефти и газа;
- использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе изучения дисциплины;

**Целью дисциплины** «Подводные технологии добычи нефти и газа на Арктическом шельфе» является подготовка бакалавров в соответствии с квалификационной характеристикой по специальности 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства, что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний и практических навыков в области технологий освоения морских нефтегазовых месторождений при помощи систем подводных добычных комплексов и подводных трубопроводов.

### **Задачи дисциплины:**

- дать необходимые знания об общих принципах проектирования и методах расчета подводных добычных комплексов и трубопроводов при решении инженерных задач транспортировки углеводородных систем;
- изучение методов сооружения подводного трубопроводного транспорта;
- изучение методов ремонта подводных трубопроводов;
- формирование навыков проведения анализа надежности и эффективности эксплуатации подводных трубопроводов;
- формирование навыков составления технологических и рабочих документов для сооружения и ремонта подводных трубопроводов.

## 2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Таблица 1

№ п/п	Наименование тем и содержание самостоятельной работы	Кол-во часов
<b>Семестр 9</b>		
1	<b>Тема 1.</b> Подводные технологии добычи	4
2	<b>Тема 2.</b> Нормативная документация по подводным технологиям	4
3	<b>Тема 3.</b> Системы управления подводным промыслом	4
4	<b>Тема 4.</b> Выбор рациональной схемы расположения и конструкции применяемого оборудования	4
5	<b>Тема 5.</b> Фазовые состояния многокомпонентных углеводородных смесей	4
6	<b>Тема 6.</b> Определение режимов течения многокомпонентных смесей в различных элементах ПДК	4
7	<b>Тема 7.</b> Конструкция морской скважины. Подводное устьевое оборудование.	6
8	<b>Тема 8.</b> Режим работы скважины.	6
9	<b>Тема 9.</b> Основные положения разработки нефтяных и газоконденсатных месторождений.	4
10	<b>Тема 10.</b> Процесс гидратообразования в скважине и трубопроводах. Методы предотвращения образования газогидратов.	4
11	<b>Тема 11.</b> Методы поддержания пластового давления на морских месторождениях, в том числе с подводным обустройством.	2
12	<b>Тема 12.</b> Подготовка продукции нефтяных и газовых скважин на морском месторождении. Транспортировка.	2
<b>Семестр А</b>		
13	<b>Тема 1.</b> Подготовительные работы для сооружения и ремонта подводных переходов	2
14	<b>Тема 2.</b> Технология расчетов подводных трубопроводов	4
15	<b>Тема 3.</b> Методы сооружения и ремонта подводных трубопроводов.	2
16	<b>Тема 4.</b> Технология сооружения подводных трубопроводов.	4
17	<b>Тема 5.</b> Технология ремонта подводных трубопроводов.	4
18	<b>Тема 6.</b> Технология сооружения и ремонта методом наклонно-направленного бурения подводных трубопроводов.	2
19	<b>Тема 7.</b> Методы неразрушающего контроля и технического диагностирования.	2
20	<b>Подготовка и выполнение курсового проекта</b>	36
<b>Итого:</b>		<b>112</b>

## 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература:

- НД 2-090601-003 «Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов (редакция 2017 года)» Электрон. текстовые данные. - 176 с.— Режим доступа: [https://standartgost.ru/g/pkey-14293749872/НД\\_2-090601-003](https://standartgost.ru/g/pkey-14293749872/НД_2-090601-003)
- Золотухин, А.Б. Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике: учеб. пособие для вузов / А.Б.

- Золотухин, О.Т. Гудмestad, А.И. Ермаков и др. - Москва: Нефть и газ, 2002. - 770 с. – ISBN 5-7246-0117-6. Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/4785>
- Папуша, А. Н. Проектирование морского подводного трубопровода: расчет на прочность, изгиб и устойчивость морского трубопровода в среде Mathematica : учеб. пособие для вузов / А. Н. Папуша. - Москва ; Ижевск : Регуляр. и хаот. динамика : Ин-т компьютер. исслед., 2006. - 326, [1] с. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - (Серия "Современные нефтегазовые технологии"). - На электрон. опт. диске электронный учебник. - ISBN 5-93972-445-0 : 490-00. (15 экз)
  - Самойлов, Б. В. Сооружение подводных трубопроводов : учеб. пособие для вузов / Б. В. Самойлов, Б. И. Ким, В. И. Зоненко, В. И. Кленин . - Москва : Недра, 1995. - 304 с. : ил. - ISBN 5-247-01567-3 : 10-00. <https://search.rsl.ru/ru/record/01001704984>

#### **Дополнительная литература:**

- Быков Л.И. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Недра, 2006. - 824с.
- Лысенко, В. Д. Инновационная разработка нефтяных месторождений / В. Д. Лысенко. - Москва : Недра, 2000. - 516 с. : ил. - ISBN 5-8365-0034-7 : 90-00.
- Тугунов П.И., Новоселов В.Ф. и др., Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. - Уфа: "Дизайн-ПолиграфСервис", 2002. - 658с. Режим доступа: <https://dwg.ru/lib/1339>
- СП 36.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85 "Магистральные нефтепроводы". Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173>
- Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы по строительству зданий и сооружений. Магистральные и промысловые трубопроводы [Электронный ресурс]: сборник нормативных актов и документов/ — Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015.— 509 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30239.html>. — ЭБС «IPRbooks»

#### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

- <http://www.oil-industry.ru> – Журнал «Нефтяное хозяйство»
- <http://www.dobi.oqlib.ru> – Электронная библиотека «Нефть и газ»
- <http://www.nglib.ru> – Портал научно-технической информации электронной библиотеки "Нефть и газ"
- <http://www.ngpedia.ru> – Большая энциклопедия нефти и газа
- <http://www.rsl.ru> – «Российская государственная библиотека»
- <http://www.nlr.ru> – «Российская национальная библиотека»

## **4. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Семестр 9.**

#### **Тема 1. Подводные технологии добычи**

История развития подводных технологий. Преимущества применения подводных технологий. Основные элементы и назначение. Месторождения, осваиваемые с использованием подводных технологий.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

- В чем принципиальные отличия разработки морских месторождений от сухопутных?
- Какие основные принципиальные схемы (варианты) разработки морских месторождений вы знаете?
- Что входит в состав подводного добычного комплекса?

4. Какие преимущества дает освоение месторождения полностью подводными технологиями?
5. Какие месторождения в нашей стране и мире разрабатываются в данный момент при помощи подводных технологий? Приведите примеры.

## **Тема 2. Нормативная документация по подводным технологиям**

Обзор ГОСТов и отраслевых стандартов. Основные положения РМРС (Российского морского регистра судоходства) «Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов».

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Какие основные нормативно-правовые документы есть по подводным технологиям в нашей стране и за рубежом? Приведите примеры
2. Для чего в компаниях разрабатываются внутренние стандарты?
3. В чем заключается назначение (роль) морского регистра судоходства по отношению к подводным технологиям добычи?
4. Что такое класс регистра и как происходит процедура присвоения класса?
5. В чем суть основных положений «Правил классификации и постройки подводных добычных комплексов» РМРС?

## **Тема 3. Системы управления подводным промыслом**

Управление подводным оборудованием на морских месторождениях. Принцип действия и принципиальные схемы электрической и гидравлической систем управления. Шлангокабели, их назначение и конструкция.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Каким способами происходит управление подводным оборудованием на морских месторождениях?
2. В чем заключается принцип действия электрической системы управления? Приведите принципиальную схему.
3. В чем заключается принцип действия гидравлической системы управления? Приведите принципиальную схему.
4. В чем заключается принцип действия электрической системы управления? Приведите принципиальную схему.
5. В чем заключается преимущество автономной системы управления?
6. Какие преимущества и недостатки существуют для электрических и гидравлических систем управления? Какие способы улучшения данных систем можно предложить?
7. Что такое шлангокабели и для чего применяются?
8. Какие основные элементы шлангокабеля вы знаете?

## **Тема 4. Выбор рациональной схемы расположения и конструкции применяемого оборудования**

Обзор постановок задач оптимизации и линейное программирование в нефтегазовой отрасли. Обзор решений по выбору рациональной схемы расположения ПДК (с указанием оборудования) в зависимости от числа подключаемых скважин.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Какие задачи оптимизации могут использоваться в нефтегазовой отрасли? Приведите примеры.
2. Что такое задачи линейного программирования? Приведите пример
3. В чем заключается суть выбора рациональной схемы расположения ПДК?
4. Какие исходные данные для задач оптимизации размещения элементов ПДК могут использоваться?

## **Тема 5. Фазовые состояния многокомпонентных углеводородных смесей**

Состояние многокомпонентной смеси в зависимости от  $P$ ,  $T$  условий. Расчет состояния по методикам PR и SRK, PVTsim

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Что такое многокомпонентная смесь углеводородов? Приведите примеры.
2. Что подразумевается под фазовым состоянием углеводородной смеси? В каких задачах нефтегазовой отрасли необходимо знание о фазовом состоянии смеси?
3. Какие основные уравнения фазового состояния вы знаете? Приведите примеры.
4. Запишите уравнение Пенга-Робинсона для расчета фазового состояния. Какой алгоритм расчета по данному уравнению?
5. Запишите уравнение Соава-Редлиха-Квонга для расчета фазового состояния. Какой алгоритм расчета по данному уравнению?
6. В каких программных продуктах рассчитываются фазовые состояния многокомпонентных углеводородных смесей? Приведите примеры.

### **Тема 6. Определение режимов течения многокомпонентных смесей в различных элементах ПДК.**

Модели прогнозирования режимов течения двухфазной смеси. Модель Беггза-Брилла и J.Weissman для горизонтального течения. Расчет режима течения на основе классификации потоков и критериев.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Что называется режимом течения смеси?
2. Какие виды режимов течения характерны для вертикальных трубопроводов? Изобразите схематически эти виды.
3. Какие виды режимов течения характерны для горизонтальных трубопроводов? Изобразите схематически эти виды.
4. Что подразумевается под моделями прогнозирования режимов течения?
5. В чем суть расчета режима течения на основе классификации потоков и критериев?

### **Тема 7. Конструкция морской скважины. Подводное устьевое оборудование.**

Виды и назначения скважин на морском месторождении. Основные элементы и назначения подводного устьевого оборудования

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Какие виды скважин характерны для морских месторождений?
2. Перечислите основные конструктивные элементы морской скважины.
3. Приведите классификацию скважин по назначению.
4. Что относится к подводному устьевому оборудованию?
5. Для чего применяется подводное устьевое оборудование?
6. Перечислите основные элементы подводного устьевого оборудования и его назначение.
7. Что такое превентор, какие виды бывают и их назначение?

### **Тема 8. Режим работы скважины.**

Условия ограничения дебита эксплуатационных скважин на морском месторождении. Баланс давления в работающей скважине. Выбор режима работы по критериям системы «пласт-скважина»

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Запишите уравнение баланса давления в работающей скважине. Какие основные «источники» и «потребители» энергии для работающей скважины вы можете назвать?
2. Что подразумевается под технологическим режимом работы скважины?
3. Какие виды режимов работы скважины вы знаете? Приведите примеры
4. Какие преимущества и недостатки насосной эксплуатации скважины?



5. Какие преимущества и недостатки газлифтной эксплуатации скважины?
6. Какие основные условия ограничения дебита существуют и почему? Приведите примеры.

### **Тема 9. Основные положения разработки нефтяных и газоконденсатных месторождений.**

Основные факторы, от которых зависит выбор технологии разработки нефтяных и ГКМ. Ретроградные процессы при разработке ГКМ и давление максимальной конденсации. Энергетические затраты при ППД.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Перечислите основные факторы, от которых зависит выбор технологии разработки морских месторождений?
2. Что такое ретроградный процесс?
3. Дайте определение давлению максимальной конденсации, для чего необходимо определение этого параметра?
4. Что подразумевается под энергетическими затратами при поддержании пластового давления?
5. Какие исходные геолого-физические данные необходимы при проектировании системы разработки месторождения?

### **Тема 10. Процесс гидратообразования в скважине и трубопроводах. Методы предотвращения образования газогидратов.**

Краткие сведения о газогидратах. Равновесные кривые образования газогидратов. Statoil (1998, Sloan). Методы предотвращения образования газогидратов

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Какой процесс называется гидратообразованием?
2. Что такое газогидрат и какие виды их бывают?
3. Что характеризует равновесная кривая образования гидратов? Что по ней можно определить и как?
4. К чему может привести образование газогидратов в скважине или трубопроводе?
5. Какие основные методы предотвращения образования газогидратов вы знаете? приведите примеры и суть каждого метода

### **Тема 11. Методы поддержания пластового давления на морских месторождениях, в том числе с подводным обустройством.**

Виды заводнения. Требования к закачиваемому агенту. Методы закачки газа. Условия эффективности

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Что такое естественный режим работы пласта и на что расходуется энергия пласта при эксплуатации месторождения?
2. В чем суть методов поддержания пластового давления и как оно осуществляется?
3. Какие методы заводнения вы знаете? Приведите примеры
4. В чем преимущества и недостатки при поддержании пластового давления путем нагнетания в пласт воды?
5. Как проводится нагнетание газа в пласт и какие условия эффективности закачки газа вы знаете? Приведите примеры
6. В чем преимущества и недостатки при поддержании пластового давления путем закачки газа в пласт?
7. Откуда берется «рабочий агент» для осуществления процесса ППД на морских месторождениях?
8. Какие основные технологические схемы ППД на морских месторождениях вы знаете?

## **Тема 12. Подготовка продукции нефтяных и газовых скважин на морском месторождении. Транспортировка.**

Системы подводной подготовки продукции скважины: применяемое оборудование, технологии, необходимые расчеты, преимущества и недостатки, примеры по действующим нефтяным и газовым месторождениям.

Транспортировка продукции скважины (нефть, газ и вода и др.) на берег или плавучее сооружение (FPSO). Береговые системы сбора и подготовки.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Где может осуществляться процесс подготовки продукции скважин морских месторождений?
2. Что входит в систему подводной подготовки продукции скважины?
3. Какие основные задачи систем промышленного сбора и подготовки продукции скважин вы знаете?
4. Какие основные стадии подготовки необходимы для газа?
5. Какие основные стадии подготовки необходимы для нефти?
6. Какими способами может осуществляться транспорт с морского месторождения? Перечислите основные преимущества и недостатки перечисленных видов транспорта.
7. Основные элементы системы сбора и подготовки продукции на БТК (береговой технологический комплекс).

### **Семестр А.**

#### **1. Подготовительные работы для сооружения и ремонта подводных переходов.**

Виды подготовительных работ. Дноуглубительные работы. Формирование подводных траншей для укладки трубопровода. Виды инженерно-геологических изысканий, необходимых для составления проекта по укладке трубопровода.

1. Назначение инженерно-геологических изысканий.
2. Виды снарядов для разработки траншей.
3. Порядок проведения дноуглубительных работ.
4. Организация разработки подводных траншей.
5. Что такое земснаряд?
6. Взрывные работы при разработке подводных траншей

#### **2. Технология расчетов подводных трубопроводов.**

Гидравлический поток в трубах. Расчет линии гидравлического уклона. Определение толщины стенки трубы. Отличия расчета для стенки трубы сухопутного и морского трубопровода (подводного перехода).

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Что такое линия гидравлического уклона?
2. Расчет напора в трубопроводе, его изменение.
3. Какой профиль трубопровода наиболее приоритетный – с большим количеством перепадов высот или относительно равнинный?
4. Какие воздействия на трубопровод определяют толщину стенки трубы? Перечислите их.
5. Режимы течения жидкости в трубе. Что такое число Рейнольдса и как оно определяется?

#### **3. Методы сооружения и ремонта подводных трубопроводов.**

Существуют несколько видов сооружения подводного трубопровода. Выбор оптимального метода зависит, в основном, от условий окружающего моря (глубины, рельеф дна) и самого трубопровода (диаметр, протяженность и т.д.).

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Варианты укладки трубопровода с помощью судна-трубоукладчика.
2. Что такое стрингер? Для чего его применяют.
3. Чем отличается S-образная укладка трубопровода от J-образной.
4. Виды плавучести трубопровода.
5. Для чего используются Чугунные полукольца на трубопроводах?

#### **4. Технология сооружения подводных трубопроводов.**

Технология укладки трубопровода во многом определяется составом оборудования, а также батиметрическими особенностями. В целом, под технологией сооружения трубопровода определяются методы его укладки, соединения труб между собой, определение метода достижения отрицательной плавучести, изоляция трубопровода, методы защиты трубопровода.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Назначение инженерно-геологических изысканий.
2. Технология укладки подводного трубопровода с применением поддерживающего троса
3. Последовательность наращивания трубопровода с размещенным внутри него тросом, удерживающим элементы, регулирующие плавучесть.
4. Последовательность укладки трубопровода.
5. Укладка трубопроводов при положительной плавучести.
6. Что такое понтон? Для чего он применяется?
7. Укладка трубопроводов с применением понтонов.

#### **5. Технология ремонта подводных трубопроводов.**

Морская среда является достаточно агрессивной средой. Кроме этого, в толщах воды происходят процессы, которые могут оказать воздействие на трубопровод (волнения в верхних толщах воды, подводные течения по всей глубине и т.д.). В конечном итоге, периодически необходимо осуществлять ремонт частей трубопровода. Существуют различные технологии и методы как защиты трубопровода, так и его ремонта. Кроме этого, существует определения методика подъема трубопровода на поверхность для ремонта.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Подъем и последующий спуск трубопровода.
2. Подъем трубопровода с больших глубин.
3. Подъем соединенных плетей трубопровода на поверхность моря.
4. Определение устойчивости трубопроводов против всплытия.
5. Проекторная защита трубопровода.
6. Порядок замены секции трубопровода.
7. Виды изоляции трубопроводов.

#### **6. Технология сооружения и ремонта методом наклонно-направленного бурения подводных трубопроводов.**

В настоящее время разрабатываются новые технологии укладки трубопроводов. Один из них – укладка подводного перехода трубопровода в пробуренную наклонно-направленную скважину. Бурение осуществляется с суши и затем трубопровод укладывается в полученную скважину.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Как выглядит профиль наклонно-направленной скважин?

2. Какие установки используются при наклонно-направленном бурении?
3. Каким методом укладывается в скважину секция трубопровода?
4. В чем преимущества данного метода относительно традиционной схемы создания подводного перехода трубопровода?

#### **7. Методы неразрушающего контроля и технического диагностирования.**

Все магистральные и местные трубопроводы сооружаются на срок разработки месторождения. Как правило, срок разработки составляет в среднем 20-25 лет. За это время трубопроводы, подвергаются самым различным воздействиям. Чтобы обеспечить нормальное функционирование трубопровода, необходим постоянный контроль за его состоянием. Существуют различные средства контроля и диагностирования состояния трубопровода.

*Вопросы и задания для самопроверки:*

1. Методы визуального диагностирования подводного трубопровода?
2. Что такое робот ROV?
3. Какие существуют методы определения состояния внешней поверхности стенки трубы?
4. Как осуществляется очистка трубопровода от парафинистых отложений на внешней стенке?