

Компонент ОПОП 21.03.21 Нефтегазовое дело,
«Эксплуатация и обслуживание объектов нефтегазового комплекса
Арктического шельфа»
наименование ОПОП

Б1.В.01.07
шифр дисциплины

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля) Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин
на Арктическом шельфе

Разработчик (и):

Коротаев Б.А.

ФИО

ДОЦЕНТ

должность

ученая степень,
звание

Утверждено на заседании кафедры

морского нефтегазового дела

наименование кафедры

протокол № 06 от 16.04.2024г.

Заведующий кафедрой



Васëха М.В.
ФИО

Мурманск
2024

Пояснительная записка

Объем дисциплины 16 з.е.

- 1. Результаты обучения по дисциплине (модулю),** соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой для второго курса, третьего и четвертого

| Компетенции | Индикаторы достижения компетенций | Результаты обучения по дисциплине (модулю) |
|--|-----------------------------------|---|
| ПК-2. Способен осуществлять организационно-техническое сопровождение добычи углеводородного сырья. | ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-3ПК-2 | Знать: - технологические процессы в области нефтегазового дела для организации работы коллектива исполнителей, - назначение, правила эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования, принципы организации и технологии ремонтных работ, методы монтажа, регулировки и наладки оборудования. Уметь: - принимать исполнительские решения при разбросе мнений и конфликте интересов, определить порядок выполнения работ. - анализировать параметры работы технологического оборудования, разрабатывать и планировать внедрение нового оборудования. Владеть: - навыками оперативного сопровождения технологических процессов в области нефтегазового дела. - методами диагностики и технического обслуживания технологического оборудования (наружный и внутренний осмотр) в соответствии с требованиями промышленной безопасности. |
| ПК-3. Способен осуществлять технологический контроль и управление процессом бурения скважины | ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3 | |

- 2. Содержание дисциплины (модуля)**

Курс 2, 4 семестр

Тема 1. Введение. Цели и задачи курса.

Бурение на суше и на море. Буровые установки: СПБУ, ППБУ и буровые суда. Глубина моря и выбор буровой установки

Тема 2. Состав БК, КНБК, параметры процесса бурения.

Состав БК, свечи. Что входит в состав КНБК. Режимно-технологические параметры процесса бурения. WOB, RPM, ROP, SPP, MW, KMW. Модуль Юнга, момент инерции сечения трубы. календарный план строительства скважины

Тема 3. Конструкция морской скважины.

Конструкция сухопутной скважины. Газовая и нефтяная скважина – различие в длине кондуктора. Направление, кондуктор, 1 или 2 промежуточных колонн и эксплуатационная колонна.

Тема 4. Расчет КНБК.

Состав ИРБК. Расчет КНБК по ИРБК. Особенности бурения на Арктическом шельфе где есть выходы скальных грунтов на дно моря. Опыт с посадкой БК в интервале пластичных глин.

Тема 5. Выбор долот под разрез и ОК.

Породоразрушающий инструмент. Выбор долота под интервал бурения. Абразивность и твердость породы. Палетка выбора долота под разрез. Номенклатура долот. Типы долот.

Тема 6. Обсадные колонны.

Назначение ОК. Назначение райзера. Его функции. Отличие райзера от водоотделяющей колонны. Башмак ОК и выбор интервала его установки. Допустимый предел прочности ОК.

Тема 7. Проектирование конструкции морской скважины

Исходные данные для проектирования. Проектирование снизу – вверх. Проверка ОК на разрыв и смятие. Возможные проблемы при спуске ОК. Оснастка ОК и цементирование ОК.

Тема 8. Теории прочности

Обзор теорий (гипотез) прочности применительно к БК. Основные гипотезы прочности применяемые в бурении. - третья и четвертая гипотезы прочности. Прочность по А.Е. Сарояну.

Тема 9. Растягивающие нагрузки БК, кзп и функции Эрмита.

Бурение под кондуктор. Оценка растягивающих усилий и оценка коэффициента запаса прочности при растяжении БК. Изгиб БК в стволе скважины. Функция Эрмита. Получение функции $y(x)$ прогиба полуволны изгиба БК в стволе скважины.

Тема 10. Основные требования по выбору формирования устья скважины.

Выбор метода и обоснование способа формирования устья скважины. От чего зависит выбор способа. Формирование устья скважины гидроразрывом или бурением. КНБК при забурировании на Арктическом шельфе.

Курс 3, 5 семестр

Темы 1. Выбор долот по интервалам бурения.

Типы долот. Модели проходки. Условия применимости шарошечного долота при бурении пиритовых пропластков. Сохранение вертикальности ствола скважины при бурении глубоких скважин. Абразивность и твердость горных пород.

Темы 2. Строительство вертикальной скважины.

Модели расчетов по ИРБК полуволна, коэффициент запаса прочности по растяжению, изгибу и кручению. Стрела прогиба БК в скважине по ИРБК.

Тема 3. Расчет основной ступени КНБК и формирование КНБК для бурения

Расчет длины основной ступени КНБК. Выходы скальных грунтов на дно моря. Сокращение длины основной ступени для снижения рисков при забурировании в скальных грунтах.

Тема 4. Проектирование выбора плотности БР по интервалам бурения.

Данные для расчетов градиента пластового давления и градиента давления гидроразрыва. Построение совмещенного графика с привязкой к башмакам ОК.

Тема 5. Проектирование конструкции морской скважин.

Постановка задачи на проектирование. Заказчик задает исходные данные. Проектирование конструкции скважины снизу-вверх.. Проверка ОК на внутреннее давление и внешнее. Цементирование ОК.

Тема 6. Проектирование бурильной колонны.

Проектирование БК. Одномерная БК. Проверка БК на растяжение, изгиб и кручение. Оценка коэффициента запаса прочности. Проверка БК по четвертой гипотезе прочности.

Тема 7. Осевой момент инерции сечения БК.

Расчет момента инерции сечения БК. Момент сопротивления изгибу БК и момент сопротивления кручению стержня БК.

Тема 8. Проектирование бурения под кондуктор.

Режимно-технологические параметры заданы. Выбрать БК, проверка БК на прочность. Если требуется сохранность вертикального ствола скважины, то следует препринять.

Тема 9. Проведение проверочного расчета БК на прочность

Проверочный расчет производится по ИРБК. Рассчитываются: растяжение, изгиб и кручение и производится оценка КЗП.

Тема 10. Крутящие моменты от вращения колонны и работы долота

Момент на холостое вращение БК и на момент на долоте. Модель расчета по ИРБК, модель Геотехники. Угол закручивания БК. Момент на устье и на дне моря по ИРБК.

Тема 11. Уравнение А.Е Сарояна при бурении на море

Постановка задачи. Решаемость ДУ А.Е Сарояна. Внешние силы- сход с точки бурения, бортовая качка и действие волн и течений. Применение уравнения при бурении на Арктическом шельфе.

Тема 12. Перемещения, деформации и напряжения в промежуточной обсадной колонне и цементирование

Теория Ламе. Коэффициенты Ламе и их связь с модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Возникающие местные давления при цементировании ОК. Проверка возможного гидроразрыва пород.

Курс 3, 6 семестр

Тема 1. Расчет полуволны по Эрмиту в райзере, кондукторе и в эксплуатационной колонне и оценка НДС

Единичная функция Эрмита. Анализ напряжений в райзере, кондукторе и в эксплуатационной колонне и почему меньше в эксплуатационной колонне.

Тема 2. Прогиб БК и длина полуволны изгиба БК в вертикальной скважине по Г.М. Саркисову

Расчет длины полуволны по 3 методам: по Г.М Саркисову, по ИРБК. Оценка момента и напряжений при изгибе. Точное уравнение изгиба

Тема 3. Горизонтальное смещение судна по А.Е Сарояну.

Модель расчета А.Е Сарояна. Оценка риска при забурировании на Адмиральтейской площади.

Тема 4. Наклонно-направленная скважина. Изгибающий момент от профиля скважины

Профили скважин типовые: S и J. Получение функции $y(x)$. Точное уравнение изгиба. Расчет радиусов резки боковых стволов.

Тема 5. Оценка коэффициента запаса прочности при растяжении.

Расчет для оценки кзп производится для трех случаев. Разная глубина скважин. Растяжение бурильной колонны.

Тема 6. Оценка коэффициента запаса прочности при изгибе.

Изгиб полуволны изгиба БК в стволе скважины. В райзере, кондукторе и в эксплуатационной колонне

Тема 7. Оценка коэффициента запаса прочности при кручении.

Три интервала бурения: забурирование, бурение под кондуктор и бурение под эксплуатационную колонну.

Тема 8. Деформации, перемещения и напряжения по Ламе обсадной колонны.

Постановка задачи для расчета. Связь коэффициентов Ламе с модулем упругости, сдвига и коэффициентом Пуассона.

Тема 9. Цементирование обсадных колонн.

Расчет объема пачки. Расположение ее в пространстве эксплуатационной колонны

Тема 10. Деформация ОК при продвижении цементной пачки по ОК.

Расчет времени продвижения цементной пачки по стволу эксплуатационной колонны.

Тема 11. Оценка возможного гидроразрыва пород при движении цементной пачки.

Прогноз возможного осложнения в виде гидроразрыва и снижение риска гидроразрыва.

Тема 12. Сужение ствола скважины в интервале пластичных глин.

Проблемы при спуске обсадных колонн. Уменьшение риска спуска ОК

Курс 4, 7 семестр

Тема 1. Расчет допустимого горизонтального смещения при бурении с судна в зависимости от глубины моря.

Постановка задачи. Глубина моря изменяется с шагом 50 м. Интервал глубин 150-350 м.

Тема 2. Уменьшение риска аварийного инцидента при забурировании на скальных выходах на дно моря.

Геологические выходы скальных грунтов на Арктическом шельфе. Технология уменьшения риска возможного аварийного инцидента. Расчет по двум методикам. По А.Е Сарояну и по аналитическому расчету.

Тема 3. Крен буровой платформы и напряжение в теле БК.

Технология расчета профиля прогиба БК при бортовой качке судна. Произвести математическое исследование о применимости одной из функций Эрмита

Тема 4. S – метод укладки трубопровода и оценка НДС

Методы укладки трубопроводов на дно моря. Методы S и J. Получение функции прогиба трубы. Расчет НДС по формуле момента и по точному уравнению

Тема 5. Напряженно-деформационное состояние в точке.

В теле выбирается малый объем. Нормальные напряжения в точке. Касательные напряжения в точке при вращении БК.

Тема 6. Момент сопротивления

Момент инерции сечения трубы. Момент сопротивления кручению. Момент сопротивления изгибу БК

Тема 7. Сравнение технологических вариантов - экономическое и техническое

Устойчивость ствола скважины при наличии в разрезе неустойчивых пород. Выбор профилей скважины и экономическая оценка профилей и рисков

Тема 8. Определение допустимого крена буровой установки при отсутствии ее горизонтального смещения относительно забоя.

Тема 9. Общая проблема решений уравнений А.Е Сарояна и Г.М. Саркисова при построении желаемого профиля.

Модели расчета изгиба БК по А.Е. Сарояну и Г.М. Саркисова. Уравнение А.Н. Папуши и других авторов.

Тема 10. Проблема расчета изгибающего момента обсадной колонны на устье.

ИРОК-97 не позволяет оценить момент на устье в случае схода БУ с точки бурения. Анализ расчета изгибающего момента при спуске ОК. Точка перегиба решений при изменении глубины моря от 20 до 100 м.

Тема 11. Выбор класса буровой установки и проверка ее на устойчивость.

Ветровая нагрузка на панели обшивки буровой вышки. Нормативные значения ветровой нагрузки.

Тема 12. Допустимая нагрузка на крюке для выбора класса буровой вышки.

Допустимая глубина бурения. Грузоподъемность буровой вышки. Верхний силовой

привод. Роторное бурение и верхним силовым приводом

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины для курса 2/4

Курс 2, 4 семестр

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению практических работ по курсу «Техника и технология бурения скважин на Арктическом шельфе» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к контрольной работе «Анализ существующих технологий бурения» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

Курс 3, 5 семестр

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению практических работ по курсу «Техника и технология бурения скважин на Арктическом шельфе» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению расчетно-графической работы РГР «Модели крутящего момента и мощности ротора» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

Курс 3, 6 семестр

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению практических работ по курсу «Техника и технология бурения скважин на Арктическом шельфе» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению курсового проекта «Техническое проектирование бурения скважин» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

Курс 4, 7 семестр

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению практических работ по курсу «Техника и технология бурения скважин на Арктическом шельфе» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению расчетно-графической работы РГР представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) для курса

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме

отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Булатов, А.И. Спутник буровика: справ. пособие: в 2 кн. / А.И. Булатов, С.В. Долгов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – Кн. 1. – 379 с.: ил.
2. Серeda, Н.Г. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник для вузов / Н.Г. Серeda, Е.М. Соловьев. – М.: Недра, 1974. – 456 с.: ил.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», 2013.
4. Справочник бурового мастера. Том 1. / Под общей редакцией Овчинникова В.П., Грачёва С.И., Фролова А.А.: учебно-практическое пособие в 2 томах. – М.: «Инфра-Инженерия», 2006. – 608 с.
5. «Advanced connection systems for offshore tubulars» <http://oilstates.com/wp-content/uploads/Advanced-Connection-Systems.pdf>
6. https://www.controlglobal.com/assets/00_images/2012/1209/CG1208-LL-Fig1-1.jpg
7. <http://ok-t.ru/studopedia/baza5/460387196881.files/image002.jpg>
8. Инструкция по расчёту обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин (ИРОК - 97)
9. Элияшевский, И.В. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие для техникумов / И.В. Элияшевский, М.Н. Стронский, Я.М. Орсуляк. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 296 с.
10. Инструкция по расчёту бурильных колонн (ИРБК - 97)

Дополнительная литература:

1. Муше, Ж.-П. Аномальные пластовые давления в процессе бурения: Происхождение - прогнозирование - выявление - оценка: техн. руководство : [пер. с англ.] / Ж.-П. Муше, А. Митчелл. – М.: Недра, 1991. – 287 с.: ил.
2. Серeda, Н.Г. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник для вузов / Н.Г. Серeda, Е.М. Соловьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 360 с.: ил.
3. Котов А.А. Расчеты на прочность в сфере морского нефтегазового дела, учеб. пособие / А.А. Котов, Б.А Коротаев. . – М: Вологда: Инфра-Инженерия

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»_- URL: <http://window.edu.ru>

2) Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007, 2010*

2) *Wolfram Mathematica Professional (Network Server, Network Increment) 8.x/9.x/10.x*

3) *Математический пакет PTC MathCAD V14-V15 University Department Perpetual Floating*

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;

- Компьютерный класс

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности для курса 2/4

Таблица 1 – Распределение трудоемкости

| Вид учебной деятельности | Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения | | | | | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|------------|------------|
| | Очная | | | | | Очно-заочная | | | |
| | Семестр | | | | Всего часов | Семестр/Курс | | | |
| | 4 | 5 | 6 | 7 | | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Лекции | 20 | 24 | 24 | 24 | 92 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Практические занятия | 22 | 28 | 28 | 34 | 112 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | | | | | | | | | |
| Самостоятельная работа | 66 | 92 | 92 | 86 | 336 | 78 | 114 | 150 | 78 |
| Подготовка к промежуточной аттестации | | | | 36 | 36 | | | | 36 |
| Всего часов по дисциплине | 108 | 144 | 144 | 180 | 576 | 108 | 144 | 180 | 144 |
| / из них в форме практической подготовки | 11 | 14 | 14 | 17 | 56 | 16 | 16 | 16 | 52 |
| Формы промежуточной аттестации и текущего контроля | | | | | | | | | |
| Экзамен | | | | + | | | | | + |
| Зачет/зачет с оценкой | +/- | -/+ | +/- | | | +/- | -/+ | +/- | |
| Количество контрольных работ | 1 | | | | | 1 | | | |
| Количество РГР | | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 |
| Количество КП | | | 1 | | | | | 1 | |

Перечень практических занятий по формам обучения

| № п/п | Темы практических занятий |
|---|--|
| Очная, очно-заочная формы обучения | |
| Курс 2, 4 семестр | |
| 1. | Расчет градиентов пластового и гидроразрыва |
| 2. | Расчет плотности по интервалам разреза |
| 3. | Расчет КНБК |
| 4. | Расчет и выбор КНБК для формирования устья скважины |
| 5. | Расчет Мощности ротора Nдол и N хв |
| 6. | Расчет функции Эрмита. |
| 7. | Расчет мощности на вращение долота и БК |
| 8. | Постановка задачи бурения под кондуктор. |
| 9. | Расчет растягивающих нагрузок на БК и кзп |
| 10. | Расчетная схема при бурении |
| 11. | Сравнение бурения наклонного пласта долотом и бурголовкой |
| Курс 3, 5 семестр | |
| 1. | Расчет градиентов пластового и гидроразрыва |
| 2. | Расчет плотности по интервалам разреза |
| 3. | Расчет КНБК |
| 4. | Расчет и выбор КНБК для формирования устья скважины |
| 5. | Расчет Мощности ротора Nдол и N хв |
| 6. | Расчет функции Эрмита. |
| 7. | Постановка задачи бурения под кондуктор. |
| 8. | Расчет растягивающих нагрузок на БК и КЗП |
| 9. | Расчетная схема при бурении |
| 10. | Сравнение бурения наклонного пласта долотом и бурголовкой |
| Курс 3, 6 семестр | |
| 1. | Расчет по ИРБК и сравнение с Саркисовым длины полуволны и стрелы прогиба |
| 2. | Расчет основной ступени КНБК по ИРБК |
| 3. | Расчет БР по интервалам . глубин |
| 4. | Расчет и выбор ОК по интервалам бурения |
| 5. | Выбор долот и расчет кзп |
| 6. | Расчет длины полуволны по ИРБК и Эрмиту |
| 7. | Бурение под кондуктор |
| 8. | Расчет σ напряжения в теле БК от растяжения БК. |
| 9. | Расчет изгибающего момента от полуволны |
| 10. | Расчет условия статической прочности |
| 11. | Условия фактического запаса прочности |
| 12. | Инерционные нагрузки БК |
| 13. | Расчет перемещения , деформации и напряжения |
| 14. | Процесс цементирования и проверка гидроразрыва |
| Курс 4, 7 семестр | |
| 1. | Расчет полуволны по Эрмиту и ИРБК для ННС |
| 2. | Расчет ННС. Расчет проектного профиля ННС |
| 3. | Расчет момента и напряжения ННС скважины |
| 4. | Расчет крена от бортовой качки |
| 5. | Расчет крена, схода с точки бурения и действие волн и течений |
| 6. | Расчет S - метода укладки трубопровода |

| | |
|-----|--|
| 7. | Расчет напряжения в точке |
| 8. | Расчет вариантов действий при изменении глубины моря |
| 9. | Расчет напряжения на устье по уравнению А.Е Сарону |
| 10. | Расчет напряжения на устье по уравнению Г.М Саркисову |
| 11. | Расчет функции $u(x)$ по алгоритму и оценка напряжения в теле БК |
| 12. | Расчет в случае выхода скальных пород на дно моря, уменьшение риска |
| 13. | Бурение вертикального ствола в случае глубокой скважины |
| 14. | Геологические предпосылки искривления ствола скважины |
| 15. | Расчет силы прижатия полуволны БК в скважине |
| 16. | Сужение ствола скважины и проработка ствола скважины |
| 17. | Осыпи обвалы стенок скважины и выбор способа построения профиля скважины для уменьшения риска осложнений |

Перечень примерных тем курсовой работы /курсового проекта

Курс 3, 6 семестр – курсовой проект по теме «Техническое проектирование бурения скважин», по вариантам для очной формы обучения.

Курс 4, 7 семестр - курсовой проект по теме «Техническое проектирование бурения скважин», по вариантам для очно-заочной формы обучения.