

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

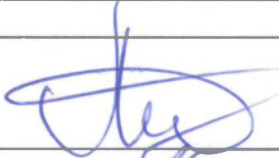
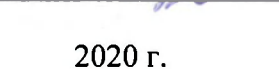
И.о. директора **ИНПР**

Н.В. Гусева

«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| <b>Тенденции модернизации породоразрушающего инструмента</b> |                                           |                |            |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------|
| Направление подготовки/специальность                         | <b>21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b>       |                |            |
| Образовательная программа (направленность (профиль))         | <b>Нефтегазовое дело</b>                  |                |            |
| Специализация                                                | <b>Бурение нефтяных и газовых скважин</b> |                |            |
| Уровень образования                                          | высшее образование – бакалавриат          |                |            |
| Курс                                                         | <b>3</b>                                  | <b>семестр</b> | <b>5</b>   |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)                  | <b>3</b>                                  |                |            |
| Виды учебной деятельности                                    | <b>Временной ресурс</b>                   |                |            |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                            | Лекции                                    |                | <b>16</b>  |
|                                                              | Практические занятия                      |                | <b>16</b>  |
|                                                              | Лабораторные занятия                      |                | <b>16</b>  |
|                                                              | <b>ВСЕГО</b>                              |                | <b>48</b>  |
|                                                              | Самостоятельная работа, ч                 |                | <b>60</b>  |
|                                                              | <b>ИТОГО, ч</b>                           |                | <b>108</b> |

| Вид промежуточной аттестации                                                                                     | <b>экзамен</b>                                                                      | Обеспечивающее подразделение | <b>ОНД</b>          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| И. о. заведующего кафедрой -<br>руководителя отделения на<br>правах кафедры<br>Руководитель ООП<br>Преподаватель |  |                              | <b>Мельник И.А.</b> |
|                                                                                                                  |  |                              | <b>Брусник О.В.</b> |
|                                                                                                                  |  |                              | <b>Евсеев В.Д.</b>  |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                 | Результаты освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                               |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                          |                         | Код                                                         | Наименование                                                                                                                  |
| ПК(У)-1         | Способность применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику                          | Р1                      | ПК(У)-1.В3                                                  | Навыками совершенствования деятельности нефтегазового предприятия на основе процессного подхода                               |
|                 |                                                                                                                          |                         | ПК(У)-1.У3                                                  | Умеет применять процессный подход в практической деятельности                                                                 |
|                 |                                                                                                                          |                         | ПК(У)-1.33                                                  | Знает сущность, цель, принципы, ключевые элементы процессного подхода                                                         |
| ПК(У)-26        | Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов | Р6                      | ПК(У)-26.В2                                                 | Навыками составления сборочных чертежей, спецификаций и технической документации с помощью САД-систем                         |
|                 |                                                                                                                          |                         | ПК(У)-26.У2                                                 | Использовать системы автоматизированного проектирования для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела |
|                 |                                                                                                                          |                         | ПК(У)-26.32                                                 | Инструментарий и основные принципы проектирования объектов и систем                                                           |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                  | Индикатор достижения компетенции |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                     |                                  |
| РД1                                           | Определять твердость и абразивность горных пород.                                                | ПК(У)-1<br>ПК(У)-26              |
| РД2                                           | Осуществлять выбор лопастного бурового долота с резцами PDC для разбуривания пачки горных пород. | ПК(У)-1<br>ПК(У)-26              |
| РД3                                           | Проводить выбор шарошечного бурового долота для разбуривания пачки горных пород.                 | ПК(У)-1<br>ПК(У)-26              |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                                    | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.<br/>Горная порода-сплошная среда</b>                     | РД1<br>РД2                                   | Лекции                    | 2                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 2.<br/>Горная порода-объект разрушения</b>                  | РД1<br>РД2                                   | Лекции                    | 2                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 3.<br/>Разрушение горных пород под давлением</b>            | РД1<br>РД2<br>РД3                            | Лекции                    | 4                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 4.<br/>Породоразрушающий инструмент для бурения скважин</b> | РД1<br>РД2<br>РД3                            | Лекции                    | 2                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 5.<br/>Разрушение горной породы на забое скважины</b>       | РД1<br>РД2<br>РД3                            | Лекции                    | 4                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 6.<br/>Пути повышения буримости горных пород</b>            | РД1<br>РД2<br>РД3                            | Лекции                    | 2                 |
|                                                                       |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Горная порода - сплошная среда**

Определение горной породы и массива пород. Отличительные особенности горных пород как объектов разрушения. Горная порода –многокомпонентная система. Взаимодействие компонент породы. Характеристика массивов горных пород: неоднородность, анизотропия, трещиноватость, плотность, пористость и водопроницаемость, водо-, нефте- и газонасыщенность. Гипотеза сплошности твердых тел и возможность распространения ее на горные породы. Силы взаимодействия между молекулами в твердых телах.

Напряженно-деформированное состояние массивов горных пород. Геостатическое давление. Распределение напряжений в окрестностном пространстве.

Разложение тензоров напряжений и деформаций на шаровую и девиаторную части. Физический смысл разложения. Главные нормальные и главные касательные напряжения.

Аксиомы реологии. Три вида идеальной деформации. Тела Гука, Сен-Венана, Ньютона. Реологические диаграммы и структурные модели. Реологические параметры: модуль сдвига, предел текучести, коэффициент динамической вязкости. Условия текучести. Реологические модели сплошных сред. Тела Максвелла и Пойтинга-Томсона. Ползучесть и релаксация напряжений. Типы горных пород по виду кривой ползучести.

Природа пластичности горных пород.

## **Раздел 2. Горная порода – объект разрушения**

Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Трещина нормального отрыва и сдвиговая трещина. Трещина - концентратор напряжений. Прочность образцов горных пород при различных напряженных состояниях. Влияние контактных условий на развитие разрушения при одноосном сжатии образцов горных пород. Геометрическая интерпретация напряженных состояний.

Физические теории прочности. Задача физических теорий прочности. Энергетический теория А. Гриффита, кинетическая теория С.Н. Журкова. Эффекты А.Ф. Иоффе и П.А. Ребиндера. Масштабный фактор и очистка забоя.

Поровое (пластовое) давление в пористых горных породах. Эффективное напряжение скелета горной породы. Влияние порового давления на эффективное напряжение скелета и возникновение сколов. Понятие о коэффициенте аномальности и об аномально высоком и аномально низком пластовых давлениях.

Влияние температуры и давления на механические свойства горных пород. Теплопроводность, теплоёмкость и температуропроводность сухих и влажных горных пород. Тепловое расширение и термические напряжения в породах. Геостатическая температура горных пород в условиях их естественного залегания. Особенности поведения горных пород при их циклическом оттаивании и замерзании.

Абразивность горных пород. Показатели абразивности горных пород. Классификация горных пород по абразивности. Абразивный и усталостный износ.

## **Раздел 3. Разрушение горных пород вдавливанием**

Вдавливание как один из основных видов воздействия вооружения долот на горную породу при бурении скважин. Упругие задачи о вдавливании инденторов в горную породу: действие сосредоточенной силы, вдавливание заостренных наконечников, сферы, жесткого цилиндра с плоским основанием, прямоугольного индентора. Механизмы разрушения горных пород при статическом вдавливании инденторов. Условие реализации объёмного, усталостного и поверхностного разрушения. Порог статической усталости.

Особенности разрушения горных пород при динамическом вдавливании, энергоёмкость разрушения, формы разрушения.

## **Раздел 4. Породоразрушающий инструмент для бурения скважин**

Классификация породоразрушающего инструмента по назначению и по характеру воздействия на породу. Основные типы долот для разрушения пород разной твердости. Параметры режима бурения, показатели работы долот.

Долота режуще-скалывающего и истирающе-режущего действия для сплошного разрушения забоя. Особенности вооружения и область применения этих долот. Разрушение горных пород долотами с резцами PDC. Долота со стальным и матричным корпусом, область применения. Режущие структуры долот: профиль, конус, задний угол резания. Кинематика и энергетика разрушения пород. Форма сечения ствола скважины и форма забоя. Соответствие между твердостью и абразивностью горных пород и числом лопастей. Колебания долота при работе, реактивный момент. Суть понятия «стабильность работы долота».

Долота дробяще-скалывающего действия. Особенности вооружения и классификация по назначению. Кинематика взаимодействия шарошек долота с забоем. Типы и классы шарошечных долот. Твердость горной породы и способы обеспечения дробящего и скалывающего действия долот. Разрушение горных пород вооружением шарошечных долот. Выбор типа шарошечного долота.

Виды износа долот. Нормальный и аварийный износ долот. Факторы, влияющие на

изнашивание. Пути снижения изнашиваемости долот. Опции.

#### **Раздел 5. Разрушение горной породы на забое скважины**

Влияние гидростатического, дифференциального и угнетающего давлений на эффективность разрушения породы забоя скважины. Пути управления угнетающим давлением. Влияние свойств промывочной жидкости на изменение механической скорости бурения: плотности, вязкости, содержания твердой фазы в растворе, фильтратоотдачи.

#### **Раздел 6. Пути повышения буримости горных пород**

Буримость горных пород. Факторы, определяющие буримость пород: механические свойства пород, способ разрушения и параметры режима бурения. Классификация пород по буримости. Способы повышения буримости пород: физические и физикохимические, совершенствование породоразрушающего инструмента, оптимизация параметров режима бурения.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **Основная литература:**

1. Нескоромных В.В. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ - Красноярск : СФУ, 2012. — 298 с.
2. Оловянный А.Г. Механика горных пород. Моделирование разрушений - СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2012. — 280 с.
3. Нескоромных В.В. Разрушение горных пород при бурении скважин - Красноярск: Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, 2014. — 335 с.
4. Оника С.Г., Стасевич В.И., Ковалева И.М. Разрушение горных пород взрывом - Электронный учебно-методический комплекс. — Минск: БНТУ, 2016. — 168 с.

##### **Дополнительная литература:**

1. Буримов, Юрий Григорьевич. Инженерный сервис в бурении. Долота, ГЗД, отбор керна, боковые стволы : справочное пособие / Ю. Г. Буримов. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. — 880 с.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C253045>) (Дата обращения: 22.04.2017)
2. Строительство скважин специального назначения: учебно-справочное пособие / А. Г. Калинин [и др.]; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газы) ; Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (РГГРУ) ; под ред. А. Г. Калинина. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз,

2015. — 647 с.

(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C291493>) (Дата обращения: 22.04.2017)

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

- [www.oil-industry.ru](http://www.oil-industry.ru) – журнал «Нефтяное хозяйство»;
- [www.dobi.oglib.ru](http://www.dobi.oglib.ru) – электронная библиотека «Нефть и газ»;
- [www.nglib.ru](http://www.nglib.ru) – портал научно-технической информации электронной библиотеки «Нефть и газ»;
- [www.ngpedia.ru](http://www.ngpedia.ru) – большая энциклопедия нефти и газа;
- [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru) – российская государственная библиотека;
- [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru) – российская национальная библиотека.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

Acrobat Reader DC, AkelPad, Firefox ESR, Flash Player, K-Lite Codec Pack Full, Office 2016 Standard Russian Academic, PDF-XChange Viewer, Visual C++ Redistributable Package , Webex Meetings, WinDjView, Zoom, 7-Zip.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                  | Наименование оборудования                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 9в аудитория 204 | Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |

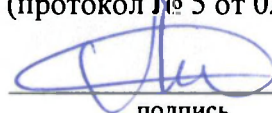
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин», (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность            | Подпись                                                                           | ФИО         |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Профессор кафедры БС |  | В.Д. Евсеев |

Программа одобрена на заседании кафедры БС (протокол № 5 от 02.06.2017 г.).

И. о. заведующего кафедрой -руководителя  
отделения на правах кафедры ОНД,  
д.г-м.н., профессор

  
подпись

/И.А. Мельник/

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                   | Содержание /изменение                                                                            | Обсуждено на заседании<br>ОНД (протокол) |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2018_/ 2019<br>учебный<br>год | Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» | От 25.06.2019 №22                        |
|                               |                                                                                                  |                                          |
|                               |                                                                                                  |                                          |
|                               |                                                                                                  |                                          |
|                               |                                                                                                  |                                          |