



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

 С.Е. Чернышов  
к.т.н., доцент кафедры НГТ

«20» мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Гидроаэромеханика в бурении»**

<b>Научная специальность</b>	2.8.2 Технология бурения и освоения скважин
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Технология бурения и освоения скважин
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Нефтегазовые технологии (НГТ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 3</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен:	Зачет: <b>3</b> Диф.зачет

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Гидроаэромеханика в бурении» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области гидроаэромеханики в бурении.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Гидроаэромеханика в бурении» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- свойства и закономерности поведения дисперсных систем;
- виды течения промывочной жидкости при бурении скважин;
- гидравлический расчёт промывки скважины;
- основы гидродинамики при спуско-подъёмных операциях и особенности движения частиц в потоке промывочной жидкости.

### **Уметь:**

- вести расчёт перепадов давлений в элементах циркуляционной системы буровой;
- осуществлять выбор гидравлического забойного двигателя;
- определять скорости выноса твёрдых частиц;
- определять основные параметры при очистке забоя газом.

### **Владеть:**

- знаниями закономерностей движения вязких и вязкопластичных жидкостей в бурящейся скважине;
- навыками выбора режимов промывки (продувки) бурящихся скважин;
- знаниями для определения местных гидравлических сопротивлений в элементах циркуляционной системы буровой установки.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Технологический расчёт промывки скважин

(ПЗ – 32, КСР-7, СР – 69)

Тема 1. Гидравлический расчет промывки скважины. Бурение скважины с применением газа и газированной жидкости

Последовательность обоснования и выбора основных расчетных параметров: плотности жидкости и расхода. Выбор насосов и установление режима их работы. Выбор гидравлического забойного двигателя.

Расчет перепадов давлений в элементах циркуляционной системы буровой.

Составление программы промывки скважины для бурения.

Основные понятия и определения: степень аэрации, расходное и истинное газосодержание, виды структур вертикальных восходящих газожидкостных потоков. Уравнения течения газожидкостных смесей. Выносная способность аэрированной жидкости.

Тема 2. Виды течения жидкостей. Ламинарное восходящее течение газожидкостных смесей в трубах и кольцевых каналах. Расчет давления в трубах и кольцевом пространствах для турбулентного течения восходящих вертикальных потоков газожидкостных смесей. Перепад давления в насадках долот при течении газожидкостной смеси. Перепад давления в турбобурах при течении газожидкостной смеси. Расчет давления в трубах для нисходящего вертикального турбулентного потока газожидкостной смеси. Влияние растворимости газа в жидкости на давление смеси в скважине.

Области применения продувки скважин. Основные закономерности очистки забоя газом. Вынос шлама. Распределение давлений в восходящем потоке газошламовой смеси в кольцевом канале скважины. Распределение давлений в нисходящем потоке газа в трубе. Потери давления в насадках долот и замках внутри труб при продувке газом. Методика расчета подачи и давления компрессоров при бурении с продувкой.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства

1	1	Расчет перепадов давлений в элементах циркуляционной системы буровой.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Расчёт местных гидравлических сопротивлений в элементах циркуляционной системы буровой установки.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Выбор гидравлического забойного двигателя	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Определение основных закономерностей очистки забоя газом	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Определение максимальной скорости при подъёме внутренней трубы вдоль оси скважины, заполненной ВПЖ и вязкой жидкостью	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Определение максимально допустимой скорости спуска колонны труб в скважине.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Расчёт скорости выноса твёрдых частиц	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
		Расчёт скорости выноса твёрдых частиц	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Физические свойства дисперсных систем,	Собеседование	Вопросы по темам / разделам

		применяемых в бурении: плотность, сжимаемость, упругость, температурное расширение. Влияние концентрации твердой фазы, температуры и давления на реологические свойства промывочных и тампонажных суспензий.		дисциплины
		Вес колонны труб, спущенной в скважину, заполненной вязкопластичной жидкостью. Влияние направления перемещения колонны, перед оставлением ее в покое, на величину нагрузки на крюке.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
		Условия возникновения турбулентного режима течения ВПЖ в каналах круглого и кольцевого сечения. Критерий перехода структурного режима течения в турбулентный.	Творческое задание	Темы творческих заданий
		Виды неустановившихся процессов в циркуляционной системе скважин.	Творческое задание	Темы творческих заданий
		Последовательность обоснования и выбора основных расчетных параметров: плотности жидкости и расхода. Выбор насосов и установление режима их работы.	Творческое задание	Темы творческих заданий
		Выносная способность газированной жидкости.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Расчет гидродинамического давления на дно и стенки скважины при перемещении в ней труб с постоянной и переменной скоростью.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
		Расчет скорости выноса твердых частиц	Творческое задание	Темы творческих заданий

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Гидроаэромеханика в бурении» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;

2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;

3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

## 6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Малкин И. Б. Современная техника бурения и заканчивания скважин : интерактивный справочник / И. Б. Малкин. - Химки: Технология буровых работ, 2015.	1
2	Горные породы и буровая техника. - Москва, Минск: ИНФРА-М, Новое знание, 2015. - (Технология и техника бурения : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 1).	2
3	Технология бурения скважин. - Москва, Минск: ИНФРА-М, Новое знание, 2015. - (Технология и техника бурения : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 2).	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Середа Н. Г. Спутник нефтяника и газовика : справочник / Н. Г. Середа, В. А. Сахаров, А. Н. Тимашев. - Москва: Альянс, 2016.	5
2	Леонов Е.Г. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин : учебник для вузов : в 2 ч. / Е. Г. Леонов, В. И. Исаев ; Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина .— 2-е изд., испр. и доп .— Москва : Недра-Бизнесцентр, 2006 .— (Учебник). Ч. 1: Гидроаэромеханика в бурении .— 2006 .— 413 с.	5
3	Предеин А. П. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие / А. П. Предеин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	28 + ЭБ
4	Юнин Е. К. Введение в динамику глубокого бурения / Е. К. Юнин. - Москва: Либроком, 2013.	3
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Нефтяное хозяйство: научно-технический журнал. / Москва: Нефтяное хозяйство. — ISSN 0028-2448.	Научная электронная библиотека (НЭБ)
2	Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: научно-технический журнал / Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	экономики нефтегазовой промышленности.— Москва: ВНИИОЭНГ. — ISSN 0130-3872.	
3	Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений: научно-технический журнал / Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности.— Москва: ВНИИОЭНГ. — ISSN 0234-1581	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	ПБ 08-624-03 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – СПб: ДЕАН, 2005	5
2	Типовые инструкции по безопасности работ при строительстве нефтяных и газовых скважин, РД 08-254-98	Консультант плюс
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Конституция Российской Федерации	КонсультантПлюс
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	КонсультантПлюс
3	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. *Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Лаборатория буровых и тампонажных растворов с комплексом высокотехнологичного оборудования	1	Собственность	3176

2	Тренажер АМТ-221	1	Собственность	300
---	------------------	---	---------------	-----

## 8. Фонд оценочных средств

В таблице 5 приведены контролируемые результаты обучения и виды контроля.

Таблица 5

### Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля	
	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>Усвоенные знания</b>		
<b>З.1</b> знать свойства и закономерности поведения дисперсных систем	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>З.2</b> знать виды течения промывочной жидкости при бурении скважин	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>З.3</b> знать гидравлический расчёт промывки скважины	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>З.4</b> знать основы гидродинамики при спуско-подъёмных операциях и особенности движения частиц в потоке промывочной жидкости	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>Освоенные умения</b>		
<b>У.1</b> вести расчёт перепадов давлений в элементах циркуляционной системы буровой	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>У.2</b> осуществлять выбор гидравлического забойного двигателя	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>У.3</b> определять скорости выноса твёрдых частиц	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>У.4</b> определять основные параметры при очистке забоя газом	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>Приобретенные владения</b>		
<b>В.1</b> знаниями закономерностей движения вязких и вязкопластичных жидкостей в бурящейся скважине	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>В.2</b> навыками выбора режимов промывки (продувки) бурящихся скважин	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре
<b>В.3</b> знаниями для определения местных гидравлических сопротивлений в элементах циркуляционной системы буровой установки	Собеседование, дискуссия	Выступления с научным докладом на семинаре

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

#### Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.



### Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

### 8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Гидроаэрмеханика в бурении» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

#### 10.1 Типовые творческие задания:

1. Последовательность обоснования и выбора основных расчетных параметров: плотности жидкости и расхода
2. Выбор гидравлического забойного двигателя.
3. Ламинарное восходящее течение газожидкостных смесей в трубах и кольцевых каналах.
4. Расчет давления в трубах и кольцевом пространствах для турбулентного течения восходящих вертикальных потоков газожидкостных смесей

**10.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Основные понятия и определения: степень аэрации, расходное и истинное газосодержание,
2. Перепад давления в насадках долот при течении газожидкостной смеси.
3. Расчет давления в трубах для нисходящего вертикального турбулентного потока газожидкостной смеси.
4. Вынос шлама. Распределение давлений в восходящем потоке газошламовой смеси в кольцевом канале скважины.

**10.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:**

1. Потери давления в насадках долот и замках внутри труб при продувке газом.
2. Области применения продувки скважин.
3. Потери давления в насадках долот и замках внутри труб при продувке газом.
4. Перепад давления в турбобурах при течении газожидкостной смеси.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме «Список вопросов к зачету по дисциплине «Гидроаэромеханика в бурении» хранится на кафедре НГТ.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		