

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №11 от «14» июня 2018 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА

*(наименование дисциплины)*

Б1.В.ДВ.03.01 вариативная часть, дисциплина по выбору

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика,

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки


Моделирование нефтегазовых процессов

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

Магистр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель) <u>к.ф.-м.н.</u> , (должность, ученая степень, ученое звание)	 <hr/> / Аксаков А.В. (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема 2018 г

Уфа 2018 г.

Составитель / составители: Аксаков А.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «14» июня 2018 г.  
№11

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  / Ковалева Л.А.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

**ОК-1** - способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

**ОПК-5** - способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки

**ПК-1** - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные положения следующих разделов механики сплошных сред: ○ теория упругости, ○ гидродинамика суспензий и неньютоновских жидкостей	ОК-1	
	2. Знать основные физ.-мат. модели применяемые при моделировании гидравлического разрыва пласта	ОПК-5	
	3. Знать иерархию подмоделей, применяемую для моделирования гидравлического разрыва пласта	ПК-1	
Умения	1. Уметь объяснять сущность физических явлений и процессов при операциях гидравлического разрыва пласта, производить анализ и делать количественные оценки параметров физических процессов	ОК-1	
	2. Уметь анализировать лабораторные и промысловые данные операций гидравлического разрыва пласта	ОПК-5	
	3. Уметь строить дизайны гидравлического разрыва пласта.	ПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками работы в специализированных программных комплексах по анализу данных и моделированию гидравлического разрыва пласта	ОК-1 ОПК-5 ПК-1	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина *«гидравлический разрыв пласта»* относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Цель дисциплины: данный курс предназначен для студентов направления 03.04.02 «Физика». Курс «Гидравлический разрыв пласта» позволяет на основе изучения явлений, происходящих при гидравлическом разрыве пласта (ГРП), научиться самостоятельно анализировать данные сопутствующих технологических процессов и рассчитывать трещины гидроразрыва в прикладном программном обеспечении.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к проектированию и анализу операций гидроразрыва пласта.

Дисциплина «Гидравлический разрыв пласта» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы в области моделирования нефтегазовых процессов.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОК-1- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	зачтено
Первый этап	Знать основные положения теории упругости и гидродинамики суспензий и неньютоновских жидкостей	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь проводить анализ научно-технической информации, отечественной и зарубежной литературы по заданной тематике; уметь объяснять сущность физических явлений, наблюдаемых при гидравлическом разрыве пласта; составлять и готовить отчеты, научные публикации, презентации.	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть навыками выполнения работ по анализу исходных данных для моделирования гидравлического разрыва пласта и полученных результатов в специализированных программных комплексах.	Не способен работать с различными источниками информации; применять специализированные программные комплексы для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения специализированных программных комплексов для решения поставленных задач; анализа и корректировки полученных результатов

ОПК-5- способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	зачтено
Первый этап	Знать математический аппарат для анализа и расчета гидравлического разрыва пласта.	Не знает математический аппарат для анализа и расчета гидравлического разрыва пласта.	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения,

			принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь анализировать промысловые и лабораторные данные и строить модели гидроразрыва пласта	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть навыками работы в специализированных программных комплексах по анализу данных и моделированию гидравлического разрыва пласта.	Не способен работать с различными источниками информации; применения специализированными программными комплексами для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных специализированных программных комплексов; проведения анализа получаемых при решении поставленных задач результатов

ПК-5- способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	зачтено
Первый этап	Знать иерархию подмоделей, применяемую для моделирования гидравлического разрыва пласта	Не знает иерархию подмоделей, применяемую для моделирования гидравлического разрыва пласта	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь строить дизайны гидравлического разрыва пласта.	Умеет фрагментарно строить дизайны гидравлического разрыва пласта	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть навыками работы в специализированных программных комплексах по анализу данных и моделированию гидравлического разрыва пласта	Не способен работать с различными источниками информации; применения специализированными программными комплексами для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных специализированных программных комплексов; проведения анализа получаемых при решении поставленных задач результатов

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	компетенция	Оценочные средства
----------------	---------------------	-------------	--------------------

Знания	1.Знать основные положения следующих разделов механики сплошных сред: ○ теория упругости, ○ гидродинамика суспензий и неньютоновских жидкостей	ОК-1	доклад
	2.Знать основные физ.-мат. модели применяемые при моделировании гидравлического разрыва пласта	ОПК-5	
	3.Знать иерархию подмоделей, применяемую для моделирования гидравлического разрыва пласта	ПК-1	
Умения	1. Уметь объяснять сущность физических явлений и процессов при операциях гидравлического разрыва пласта, производить анализ и делать количественные оценки параметров физических процессов	ОК-1	решение практически х задач
	2. Уметь анализировать лабораторные и промысловые данные операций гидравлического разрыва пласта	ОПК-5	
	3. Уметь строить дизайны гидравлического разрыва пласта.	ПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками работы в специализированных программных комплексах по анализу данных и моделированию гидравлического разрыва пласта	ОК-1 ОПК-5 ПК-1	решение практически х задач

#### Примерные вопросы для зачета

1. Для каких целей создаётся трещина гидроразрыва пласта?
2. Что такое предел прочности горной породы?
3. Условие возникновения трещины
4. Направление развития трещины
5. Упругие свойства твёрдого тела в области упругой деформации
6. Что такое модуль Юнга?
7. Что такое коэффициент Пуассона?
8. Что такое минимальное смыкающее напряжение?
9. Зависимость смыкающего напряжения от порового давления
10. Модель ньютоновской жидкости
11. Классическая модель степенной жидкости
12. Коэффициент густоты (консистенции) жидкости
13. Степенной показатель
14. Предельное напряжение сдвига
15. Сдвиговая скорость
16. Фильтрационная корка
17. Коэффициент утечки
18. Коэффициент мгновенной утечки
19. Коэффициент динамической утечки
20. Поведение эффективной вязкости жидкости гидроразрыва с течением времени
21. Поведение эффективной вязкости жидкости гидроразрыва от температуры
22. Что такое проппат и каковы его свойства?
23. Какими характеристиками описывается проппантная пачка в трещине?



24. Как и под действием чего изменяются характеристики пропантной пачки с течением времени?
25. Поведение смеси пропантовразных фракций с размером зерна разной крупности
26. Движение пропанта относительно осреднённой по толщине трещины скорости жидкости
27. Что такое критическая концентрация пропанта?
28. Что такое бриджингпропанта?
29. Что такое концевое экранирование?
30. Оседание пропанта.
31. Мобилизация пропанта.
32. Какие классы моделей используются для описания ГРП?
33. Общие характеристики двумерных моделей.
34. Общие характеристики псевдо-трёхмерных моделей.
35. Общие характеристики планарных моделей.
36. Общие характеристики трёхмерных моделей.
37. Что такое PKN модель?
38. Что такое ячеистая псевдотрёхмерная модель?
39. Что такое планарная модель?

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 2.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## Решение практических задач

### I. Анализ тестов:

1. мини-ГРП;

2. SRT и SDT тестов;
3. КПД по Хорнеру;
4. КПД по Нолти
5. метод Мейерхоффера;
6. метод Нолти-Смита.

II. Моделирование гидроразрыва пласта:

1. геомеханическая модель;
2. гидродинамика и реология;
3. модели утечек;
4. модель переноса проппанта;
5. тепловая модель;
6. кислотно-проппантный ГРП.

**Критерии оценки (в баллах)**

Модель построена правильно, что сопровождается устными исчерпывающими и верными рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	<i>2 балла</i>
Модель построена правильно, и приведено объяснение, но имеются один или несколько недостатков	<i>1 баллов</i>
Модель построена не правильно	<i>0 баллов</i>

**Участие в конференциях, публикация статей**

**1. Публикация статей – 5 баллов**

Критерии	Оценка (в баллах)	
	Тип работы	Реферативная работа
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

**2. Участие в конференции- 5 баллов**

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	<i>1 балл</i>
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	<i>1 балл</i>
Выступление не является простым чтением с экрана	-	<i>1 балл</i>
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	<i>1 балл</i>
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	<i>1 балл</i>

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**Основная литература:**

1. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. Гидромеханика, перемешивание и теплообмен. Под ред. Лыков А.В. М.: Мир, 1964. 216 с.
2. Экономидес М., Олини Р. и Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике. Под ред. Богданчиков С.М. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. 236 с. isbn: 978-5-93972-608-5.
3. Басниев К.С., Кочина И.Н и Максимов В.М. Подземная гидромеханика. М.: Недра, 1993. 416 с. isbn: 5-247-02323-4.

**Дополнительная литература:**

1. Худайнатов Э.Ю., ред. Основы испытания пластов. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. 432 с. isbn: 978-5-4344-0078-7.
2. Васильев С.В. и др. Гидродинамические и физико-химические свойства пород. Под ред. Веригин Н.Н. М.: Недра, 1977. 271 с.
3. Тихонов А.Н. и Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977, с. 735.

**5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное)</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. Помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>5. Помещения для хранения и ремонта оборудования:</b> аудитория №605г (физмат корпус-учебное)</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 218</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p align="center"><b>Читальный зал №1</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p align="center"><b>Аудитория №406</b></p> <p>Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Куосега; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p> <p align="center"><b>Аудитория №605г</b></p> <p>Станок токарный ТВ-16; Станок сверлильный НС-Ш; Осциллограф С1-67; Паяльная аппаратура; Весы аналитические Labof; Весы лабораторные; Шкаф с набором вспомогательного материала (резисторов, конденсаторов, предохранителей и т.д), Набор инструментов для ремонта оборудования.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

очно-заочная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	28,2
лекций	28
практических/ семинарских	
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	<u>43,8</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля: зачет

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Модуль 1: Общие сведения о гидравлическом разрыве пласта</b>							
1.	Процессы, происходящие при гидравлическом разрыве пласта	2			2	[2]		Коллоквиум, выполнение практических задач
2.	Приток жидкости к трещине гидроразрыва	1			2	[2, 3] [1]		коллоквиум, выполнение практических задач
3.	Напряжённое состояние горной породы и возникновение трещины	2			3	[2] [2]		коллоквиум, выполнение практических задач
4.	Геомеханическая модель пласта применительно к процессам гидравлического разрыва	1			2	[2]		коллоквиум, выполнение практических задач
5.	Теория упругости применительно к процессам гидравлического разрыва пласта	1			2	[2]		коллоквиум, выполнение практических задач

6.	Реологическая модель жидкости гидроразрыва	1			2	[1]		коллоквиум, выполнение практических задач
7.	Перенос суспензии (жидкость + проппант) в трещине	1			2	[1]		коллоквиум, выполнение практических задач
8.	Проводимость проппантной пачки	1			2			коллоквиум, выполнение практических задач
9.	Процессы кислотно-проппантного ГРП	1			2			коллоквиум, выполнение практических задач
	<b>Модуль2: модели гидравлического разрыва пласта</b>							
10.	Иерархическая структура математической модели гидравлического разрыва пласта	1			2	[2]		коллоквиум, выполнение практических задач
11.	Основные физ-мат. модели, применяемые для описания ГРП и их применимость в исследовательской и инженерной практиках	1			2	[2]: [3]:		коллоквиум, выполнение практических задач
12.	Этапы развития моделей	1			2			коллоквиум, выполнение практических задач
13.	Общие свойства и отличия моделей гидравлического разрыва пласта	1			2			коллоквиум, выполнение практических задач
	<b>Модуль3: Модели: PKN, ячеистая P3D и планарная 3D</b>							



14.	Основные приближения модели PKN. Система уравнений модели PKN. Аппроксимирующее уравнения и их решения.	2			3	[2]		коллоквиум, выполнение практических задач
15.	Основные приближения ячеистой P3Dмодели и её связь с моделью PKN. Основные уравнения ячеистой P3Dмодели.	2			3			коллоквиум, выполнение практических задач
16.	Планарная модель гидравлического разрыва паста. Основные отличия и особенности в сравнении с более простыми моделями. Система уравнений и ограничения.	2			3	[-] [3]		коллоквиум, выполнение практических задач
17.	<b>Модуль4: Перенос пропанта и реагентов по трещине</b>							
18.	Модель переноса пропанта	2			3,8	[-] [3]		коллоквиум, выполнение практических задач
19.	Модель реакции и переноса кислоты по трещине кислотно-пропантного гидравлического разрыва пласта	2			4	[-] [3]		Коллоквиум, выполнение практических задач
	<b>Всего часов:</b>	28	-	-	43,8			

