


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
(ИПМех РАН)

«Утверждаю»
Директор ИПМех РАН

Д.ф.-м.н.
С.Е. Якуш

« 28 » сентября 2018 г.

Рабочая программа учебной дисциплины (РПУД)
«Геомеханика нефтяных и газовых скважин»

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика
Специальность 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Форма подготовки (очная)
Отдел аспирантуры ИПМех РАН

Всего часов – 144, всего зачетных единиц – 4
Аудиторных часов – 68, в том числе:
лекции – 32 часа
семинары – 36 часов
Самостоятельная работа – 46 часов
Подготовка к экзамену – 30 часов

Формы аттестации:

Семестр	Форма контроля	Часы
1	<i>Нет</i>	-
2	<i>Экзамен</i>	30

Рабочая программа составлена в соответствии с Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 30 июля 2014 г. № 866 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)".

Составитель: д.т.н. Карев В.И.

Заведующий отделом аспирантуры: к.ф.-м.н. Щелчкова И.Н.

1. Аннотация

Дисциплина «Геомеханика нефтяных и газовых скважин» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по профилю 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

2. Цели и задачи

Цель дисциплины: изучение основных геомеханических и геофизических характеристик месторождений нефти и газа, анализ напряженно-деформированного состояния в нефтегазовых пластах. Изучение процесса фильтрации пластового флюида в скважину и влияние действующих в пласте напряжений, изучение основных методов исследования скважин, методов математического и физического моделирования механических и фильтрационных процессов в нефтегазовых пластах, методов повышения нефтеотдачи пласта и геомеханического подхода к проблемам разработки месторождений.

Задачи дисциплины:

- получение знаний о системе разработки месторождений углеводородного сырья, процессах деформирования, разрушения и фильтрации, происходящих в пласте при техногенном воздействии, их взаимосвязи;
- освоение основных методов измерения, моделирования и расчетов этих процессов;
- изучение научных основ создания новых технологий добычи.

3. Место дисциплины

3.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы аспирантуры

Дисциплина «Геомеханика нефтяных и газовых скважин» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативным частям программы подготовки аспирантов по направлению 01.06.01, в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

3.2. Дисциплина базируется на дисциплинах:

1. Теория упругости для горных пород
2. Пластичность, ползучесть и разрушение горных пород
3. Теория фильтрации

4. Результаты обучения

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить основные представления системе разработки месторождений углеводородного сырья, изучить процессы деформирования, разрушения и фильтрации, происходящие в пласте при техногенном воздействии, их взаимосвязь, основные методы измерения, моделирования и расчетов этих процессов, научные основы создания новых технологий добычи.

Знать:

- научные основы создания новых технологий добычи;
- об основных процессах деформирования, разрушения и фильтрации, происходящих в пласте при техногенном воздействии, и их взаимосвязи
- основные геомеханические и геофизические характеристики месторождений нефти и газа, залегающих в различных геологических условиях, способы их разработки и проблемы, возникающие в процессе бурения, освоения и эксплуатации скважин.

Уметь:

- определять оптимальные параметры строительства и эксплуатации скважины с точки зрения повышения продуктивности и нефтегазоотдачи пласта на основе предварительных испытаний породы;
- проводить математическое моделирование механических процессов в продуктивном пласте при техногенном воздействии;
- проводить эксперименты с помощью испытательной системы трехосного независимого нагружения (ИСТНН).

Владеть:

- основными методами измерения, моделирования и расчетов процессов деформирования, разрушения и фильтрации, происходящих в пласте при техногенном воздействии;
- методами математического моделирования механических и фильтрационных процессов в нефтегазовых пластах;
- методами определения деформационных, прочностных и емкостно-фильтрационных свойств горных пород.

Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций аспиранта:

Универсальные компетенции:

- УК–1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
- УК–3. Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
- УК–5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК–1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК–2. Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования

Профессиональные компетенции:

- ПК–7. Умение использовать системный подход к исследованию технических систем и выработке стратегии научной деятельности в процессе реализации научных и технологических инноваций;
- ПК–8. Способность использовать знания в области математики и механики для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки;
- ПК–9. Способность применять аналитические, вычислительные и системно-аналитические методы для решения прикладных задач моделирования процессов добычи нефти и газа;
- ПК–10. Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению прикладных задач геомеханики нефтяных и газовых скважин.

5. Темы и Разделы

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам и разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий:

№	Темы дисциплины	Семестр	Лекции	Семинары	Самостоятельн ая работа
		(№ семестра)	(часы)	(часы)	(часы)
1	Основные геомеханические и геофизические характеристики месторождений нефти и газа	1	2	2	2
2	Напряженно-деформированное состояние в окрестности скважины	1	2	2	4
3	Процесс фильтрации	1	2	2	4
4	Основные методы исследования скважин	1	4	4	4
5	Моделирование механических и фильтрационных процессов	1	4	4	4
6	Истинно трехосные испытания горных пород	1	2	4	4
7	Определение оптимальных параметров строительства и эксплуатации скважины	2	2	4	4
8	Исследование устойчивости стволов наклонных и горизонтальных скважин	2	2	2	4
9	Физическое моделирование разрушения призабойной зоны скважины	2	2	2	4
10	Методы повышения нефтеотдачи пласта	2	4	4	4
11	Особенности сланцевых месторождений	2	2	2	4
12	Геомеханический подход к проблемам разработки месторождений	2	2	2	2
13	Перспективы геомеханики и геофизики в решении нефтегазовых проблем	2	2	2	2
	ИТОГО		32	36	46

Разделы:

1) Основные геомеханические и геофизические характеристики месторождений нефти и газа.

1. Основные геомеханические и геофизические характеристики месторождений нефти и газа, залегающих в различных геологических условиях, способы их разработки и проблемы, возникающие в процессе бурения, освоения и эксплуатации скважин.

2) Напряженно-деформированное состояние в окрестности скважины.

2. Начальные напряжения в массиве горных пород.
3. Понятие эффективных напряжений.
4. Напряженно-деформированное состояние в окрестности скважины, его изменения, связанные с проведением различных технологических операций на скважинах.
5. Задача Ламе.
6. Задача Кирша.

3) Процесс фильтрации.

7. Закон Дарси.
8. Закон Форхгеймера.
9. Закономерности изменения проницаемости горных пород при фильтрационных течениях.
10. Уравнение фильтрации.
11. Влияние действующих в породе напряжений на процесс фильтрации.

4) Основные методы исследования скважин.

11. Основные геофизические методы исследования скважин и используемое для этих целей оборудование.
12. Электрический каротаж.
13. Волновые методы исследования от сейсмики до ультракороткого диапазона.
14. Продольные и поперечные волны.
15. Классические граничные задачи и формулировка вариационных граничных задач.
16. Ядерно-магнитный каротаж.
17. Гамма-каротаж.
18. Гидродинамические методы исследования скважин.
19. Кривая восстановления давления в скважине, кривая восстановления уровня.
20. Интерпретация данных КВД, КВУ.
21. Скин-слой.

5) Моделирование механических и фильтрационных процессов.

22. Методы математического моделирования механических и фильтрационных процессов в нефтегазовых пластах.
23. Геомеханическая модель месторождения.
24. Физическое моделирование механических и фильтрационных процессов в нефтегазовых пластах.
25. Методы определения деформационных, прочностных и емкостно-фильтрационных свойств горных пород.

6) Истинно трехосные испытания горных пород.

26. Истинно трехосные испытания горных пород.
27. Принципы создания экспериментальных установок, реализующих истинно трехосное нагружение.
28. Испытательная система трехосного независимого нагружения (ИСТНН).

7) Определение оптимальных параметров строительства и эксплуатации скважины.

1. Определение оптимальных параметров строительства и эксплуатации скважины с точки зрения повышения продуктивности и нефтегазоотдачи пласта на основе предварительных испытаний породы на ИСТНН и проведения математического моделирования механических процессов в продуктивном пласте при техногенном воздействии.

8) Исследование устойчивости стволов наклонных и горизонтальных скважин.

2. Исследование устойчивости стволов наклонных и горизонтальных скважин.
3. Критические углы наклона скважин, критические точки на контуре скважины.

9) Физическое моделирование разрушения призабойной зоны скважины.

4. Физическое моделирование разрушения призабойной зоны скважины при депрессионном воздействии.
5. Влияние градиента давления на напряженно-деформированное состояние породы в околоскважинной области.

10) Методы повышения нефтеотдачи пласта.

6. Методы повышения нефтеотдачи пласта и продуктивности скважин, основанные на использовании различных способов воздействия на пласт.
7. Кислотная обработка, волновые, гидроимпульсные воздействия.
8. Гидроразрыв пласта.
9. Метод направленной разгрузки пласта
10. Его преимущества перед другими технологиями и перспективы применения.

11) Особенности сланцевых месторождений.

11. Особенности сланцевых месторождений нефти и газа.
12. Технология множественного гидроразрыва на горизонтальных скважинах.

12) Геомеханический подход к проблемам разработки месторождений.

13. Геомеханический подход к проблемам разработки месторождений, заключающийся в построении геомеханической модели месторождения и создании способов управления напряженным состоянием пласта для оптимального низко затратного и экологически чистого воздействия на пласт с целью повышения дебитов скважин и коэффициента извлечения углеводородов.

13) Перспективы геомеханики и геофизики в решении нефтегазовых проблем.

14. Перспективы развития нефтегазовой отрасли и роль геомеханики и геофизики в решении проблем, связанных с истощением ресурсов и экологии.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература:

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
2. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
3. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.Н. Геофизические исследования скважин. М.: Нефть и газ, 2004. 400 с.
4. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. М.: Недра, 1990. 427 с.

Дополнительная литература:

1. Кук Дж. и др. О важности механических свойств горных пород: лабораторная проверка геомеханических данных // Нефтегазовое обозрение. 2007. № 3. С. 44-69.
2. Климов Д.М., Карев В.И., Коваленко Ю.Ф., Устинов К.Б. Механико-математическое и экспериментальное моделирование устойчивости скважин в анизотропных геосредах // Известия РАН. Механика твердого тела. 2013. № 4. С. 4-12.
3. Карев В.И., Устинов К.Б. Фильтрация газоконденсатной смеси при применении метода георыхления // Прикладная математика и механика. 2009. Т. 73. № 5. С. 787-798.
4. Карев В.И., Коваленко Ю.Ф. Управление напряженным состоянием – способ строительства идеальной скважины // Нефть и газ Евразии. 2012. №11. С. 40-43.
5. Карев В.И., Коваленко Ю.Ф. Зависимость проницаемости призабойной зоны пласта от депрессии и конструкции забоя для различных типов горных пород // Технологии ТЭК. 2006. № 6. С. 59-63.

Учебно-методическая литература:

1. В.Н. Николаевский. Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра, 1996. 448 с.
2. Росляк А.Т. Разработка нефтяных и газовых месторождений. Учебно-методическое пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. 66с.

Перечень ресурсов сети интернет:

1. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
2. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
3. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/> – электронная библиотека портала Eqworld.

8. Методические указания

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы аспиранта. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы аспиранта над темой.

Самостоятельная работа, помимо выполнения приведенных выше заданий, включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- решение типовых задач, предлагаемых аспирантам на лекциях в качестве домашнего задания

Руководство и проверка самостоятельной работы аспиранта осуществляется путем проверки выполненных домашних заданий и индивидуальных консультаций.

9. Фонд оценочных средств

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Порядок проведения устного экзамена:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.

Примеры экзаменационных билетов:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Начальные напряжения в массиве горных пород. Методы их определения.
2. Законы Дарси и Форхгеймера.
3. Интерпретация кривых восстановления давления.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Понятие эффективных напряжений. Подходы Био, Щелкачева-Христиановича.
2. Скин-слой.
3. Основные геомеханические и геофизические характеристики месторождений нефти и газа.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Задача об определении напряжений в окрестности скважины: открытый ствол, перфорация.

2. Влияние напряжений на фильтрационные свойства горных пород.
3. Основные проблемы, возникающие в процессе бурения, освоения и эксплуатации скважин.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Применение принципа суперпозиции для решения геомеханических задач.
2. Влияние фильтрационного течения на напряженно-деформированное состояние породы в околоскважинной области.
3. Технология множественного гидроразрыва на горизонтальных скважинах.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Критические углы наклона скважин, критические точки на контуре скважины.
2. Гидродинамические методы исследования скважин на установившихся режимах.
3. Технология направленной разгрузки пласта.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Физическое моделирование разрушения призабойной зоны скважины при депрессионном воздействии.
2. Гидродинамические методы исследования скважин на неустановившихся режимах.
3. Особенности сланцевых месторождений нефти и газа.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Современные волновые методы исследования скважин от сеймики до ультракороткого диапазона.
2. Прямая и обратная задачи подземной гидромеханики.
3. Волновые и гидроимпульсные методы повышения продуктивности скважин.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Устойчивость наклонно направленных скважин в анизотропных пластах.
2. Фильтрация газожидкостной смеси.
3. Установки истинно трехосного нагружения.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Модель механических свойств месторождения.

2. Тензор проницаемости.

3. Экологически чистые методы увеличения нефтеотдачи.

Критерии оценивания:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;
- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.