

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Современные проблемы механики

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. (доцент) Бережной Д.В. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), Dmitri.Berezhnoi@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики
ПК-2	Способен публично представлять собственные научные результаты

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные понятия и модели количественной сейсмологии (понятие микросейсмического момента; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение;; тензоры деформаций, скоростей деформаций, функция Грина; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; типичные начальные и краевые условия; волны растяжения-сжатия, волны сдвига, волны Релея.

Должен уметь:

адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках количественной сейсмологии, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Должен владеть:

методами количественной сейсмологии.

Должен демонстрировать способность и готовность:

1) Знать: основные понятия и модели количественной сейсмологии (понятие микросейсмического момента; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение;; тензоры деформаций, скоростей деформаций, функция Грина; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; типичные начальные и краевые условия; волны растяжения-сжатия, волны сдвига, волны Релея.

Студенты должны знать логические связи между ними.

2) Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках количественной сейсмологии, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

3) Владеть: методами количественной сейсмологии.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика нефтяного и газового пласта)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 44 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 26 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 136 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

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

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Деформирования двухфазной среды в произвольной Лагранжево-Эйлеровой постановке.	3	2	0	2	0	0	0	16
2.	Тема 2. Балансовые уравнения двухфазной среды в произвольной Лагранжево-Эйлеровой постановке.	3	4	0	4	0	0	0	17
3.	Тема 3. Термодинамика двухфазных сред.	3	2	0	4	0	0	0	16
4.	Тема 4. Построение определяющих соотношений в случае малых деформаций.	3	2	0	4	0	0	0	16
5.	Тема 5. Система разрешающих уравнений и основные неизвестные.	3	2	0	4	0	0	0	16
6.	Тема 6. Динамическая пороупругость и наведенные деформации массивов.	3	2	0	4	0	0	0	17
7.	Тема 7. Дилатансионная упруго-пластичность геоматериалов.	3	2	0	2	0	0	0	17
8.	Тема 8. Структура и реология литосферы.	3	2	0	2	0	0	0	21
	Итого		18	0	26	0	0	0	136

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Деформирования двухфазной среды в произвольной Лагранжево-Эйлеровой постановке.**

Описание движения среды в подвижной области.

Кинематика движения многофазного грунта.

Условия термодинамического равновесия.

Внутренняя диссипация.

Уравнение теплопроводности.

**Тема 2. Балансовые уравнения двухфазной среды в произвольной Лагранжево-Эйлеровой постановке.**

Закон сохранения массы для фаз.

Закон сохранения количества движения для фаз.

Взаимодействие фаз.

Закон сохранения момента количества движения для фаз.

Анизотропия фильтрационного взаимодействия.

Закон Дарси и его нарушения.

Проницаемость и пористость.

Уравнение пьезопроводности.

Условия на границах и подвижных разрывах.

**Тема 3. Термодинамика двухфазных сред.**

Понятие работы и энергии.

Теорема живых сил.  
Первый принцип термодинамики.  
Закон сохранения энергии.  
Понятие энтропии.  
Второй принцип термодинамики.  
Термодинамические потенциалы.

**Тема 4. Построение определяющих соотношений в случае малых деформаций.**

Начальные предположения.  
Параметры внутреннего состояния.  
Уравнения эволюции параметров внутреннего состояния.  
Первая группа определяющих соотношений.  
Случай линейного термоупругого материала.

**Тема 5. Система разрешающих уравнений и основные неизвестные.**

Уравнения геометрии.  
Уравнения, следующие из законов сохранения.  
Первая группа определяющих соотношений.  
Вторая группа определяющих соотношений.  
Неравенство Клаузиуса-Дюгема.  
Случай малых скоростей.

**Тема 6. Динамическая пороупругость и наведенные деформации массивов.**

Линейная волновая динамика.  
Волновая динамика вязких массивов.  
Слабые нелинейные волны.  
Деформации насыщенных массивов.  
Деформации насыщенных массивов.  
Деформации насыщенного слоя.  
Пьезопроводность насыщенных пластов.  
Необратимое деформирование насыщенных массивов.  
Гидро разрыв пласта.

**Тема 7. Дилатансионная упруго-пластичность геоматериалов.**

Понятия трения и дилатансии.  
Законы пластического течения.  
Данные трехосных испытаний.  
Плоские пластические состояния.  
Условия на поверхностях скольжения.  
Дилатансия внутри полосы локализации.

**Тема 8. Структура и реология литосферы.**

Прочность геоматериалов на глубине.  
Строение земной коры.  
Граница Мохоровича.  
Флюидодинамика земной коры.  
Сверхглубокое бурение и устойчивость скважин.

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Электронная библиотека - <https://elibrary.ru>

Электронная библиотека - <http://apps.webofknowledge.com>

Электронная библиотека - <https://www.scopus.com/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе практических занятий вести конспектирование практического материала. Обращать внимание на приемы, методы, анализ, получаемых результатов. Желательно оставить поля в конспектах по практическим занятиям, на которых делать необходимые пометки, дополняющие материал практического занятия. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения практических навыков, разрешения спорных ситуаций.
самостоятельная работа	В ходе самостоятельной работы изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем со-ответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
экзамен	При подготовке к экзамену рекомендуется повторить пройденный теоретический и практический материал по конспектам. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью и профессиональными компетенциями. При необходимости обращаться за методической помощью к преподавателю. Студент может при подготовке к экзамену использовать дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика нефтяного и газового пласта".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - ISBN 978-5-9765-0870-5 - URL: <http://znanium.com/catalog/product/462982>
2. Белостоцкий А.М., Вычислительная аэродинамика в задачах строительства [Электронный ресурс] Учебное пособие./ А.М. Белостоцкий, П.А. Акимов, И.Н. Афанасьева - М. : Издательство АСВ, 2017. - 720 с. - ISBN 978-5-4323-0217-5 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302175.html>
3. Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии): учебник / Б.И. Далматов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-8114-1307-2.- Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/90861>

#### Дополнительная литература:

1. Учайкин, В.В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами: учебное пособие / В.В. Учайкин. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-2803-8. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101845>
2. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль; под редакцией Г. М. Кобелькова; перевод И. О. Арушаняна. - 3-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-494-2. - Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94110>

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.