

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Механика грунтов М2.ДВ.2

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бережной Д.В.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Коноплев Ю. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 817219314

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "механика грунтов" являются:

- постановка задачи деформирования грунтов как многофазных сред;
- изучение особенностей деформирования грунтовых сред по сравнению с конструкционными материалами;
- определение прочности, вязкости, пластичности, устойчивости и несущей способности грунтовых массивов;
- изучение основных методов расчета нелинейных грунтовых сред.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла.

Получаемые знания необходимы для понимания и освоения курсов профильных дисциплин направления механики и математического моделирования.

Слушатели должны владеть знаниями по дисциплинам: теоретическая механика, механика сплошных сред, математические модели механики сплошных сред.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|---|--|
| ОК-1<br>(общекультурные компетенции)    | обладать способностью работать в междисциплинарной команде   |
| ОК-10<br>(общекультурные компетенции)   | обладать умением находить, анализировать и контекстно обрабатывать информацию, в том числе относящуюся к новым областям знаний, непосредственно не связанным со сферой профессиональной деятельности |
| ОК-2<br>(общекультурные компетенции)    | обладать способностью общаться со специалистами из других областей   |
| ПК-10<br>(профессиональные компетенции) | обладать способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках  |
| ПК-15<br>(профессиональные компетенции) | обладать способностью различным образом представлять и адаптировать математические знания с учетом уровня аудитории  |
| ПК-4<br>(профессиональные компетенции)  | обладать способностью создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций   |
| ПК-6<br>(профессиональные компетенции)  | обладать способностью к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред   |

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции                                      |
|--|--|
| ПК-8<br>(профессиональные компетенции) | обладать умением публично представить собственные новые научные результаты |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

классификационные признаки широкого круга грунтов, особенности деформирования грунтовых сред по сравнению с конструкционными материалами, основные методы решения задач упругого, упругопластического, вязкоупругого, упруговязкопластического деформирования грунтов, обладать теоретическими знаниями о моделях прочности, вязкости, пластичности, устойчивости и несущей способности грунтовых массивов.

2. должен уметь:

использовать на практике для расчета реальных грунтовых массивов основные меха-нико-математические модели деформирования, применить предложенные методы решения поставленных механико-математических задач, в том числе и с использованием вычисли-тельной техники.

3. должен владеть:

навыками творческого обобщения полученных знаний, конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной форме, постановки задач механики грунтов, работы на персональных ЭВМ.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Обладать теоретическими знаниями о моделях прочности, вязкости, пластичности, устойчивости и несущей способности грунтовых массивов. Ориентироваться в методах расчета нелинейных грунтовых сред.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

особенности деформирования грунтовых сред по сравнению с конструкционными материалами.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре; экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### **4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

##### **Тематический план дисциплины/модуля**

| N   | Раздел Дисциплины/ Модуля  | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|---|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|   |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| N   | Раздел Дисциплины/ Модуля  | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|   |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 1.  | Тема 1. Основные понятия.  | 1       | 1-3             | 2  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 2.  | Тема 2. Основные уравнения теории динамической консолидации грунтов.   | 1       | 4-6             | 2  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 3.  | Тема 3. Прочность грунтов.   | 1       | 7-9             | 2  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 4.  | Тема 4. Теория пластического течения грунтов.  | 1       | 10-12           | 2  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 5.  | Тема 5. Упруговязкость грунтов.  | 2       | 1-4             | 2  | 6                    | 0                   | коллоквиум             |
| 6.  | Тема 6. Математическая модель пластического деформирования грунта.   | 2       | 5-8             | 4  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 7.  | Тема 7. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при статических воздействиях.                | 2       | 9-12            | 4  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
| 8.  | Тема 8. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при циклических и динамических воздействиях. | 2       | 13-15           | 2  | 4                    | 0                   | коллоквиум             |
|   | Тема . Итоговая  | 1       |                 | 0  | 0                    | 0                   | зачет                  |
| <b>4.2 Содержание дисциплины</b>          |  |         |                 |  |                      |                     |                        |
|   | Тема 1. Основные понятия.  | 2       |                 | 0  | 0                    | 0                   | экзамен                |
| <b>лекционное занятие (2 часа(ов)):</b>   |  |         |                 |  |                      |                     |                        |
|   | Параметры многофазного грунта. Классификация грунтов.  | 2       |                 | 0  | 0                    | 0                   |                        |
| <b>практическое занятие (4 часа(ов)):</b> |  |         |                 |  |                      |                     |                        |

Процедуры осреднения в механике грунтов. Системы напряжений в многофазном грунте.

**Тема 2. Основные уравнения теории динамической консолидации грунтов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Кинематика движения многофазного грунта. Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон Дарси.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Определяющие уравнения поровой жидкости и газа. Капиллярное давление. Основные уравнения теории динамической консолидации квазидвухфазных грунтов. Граничные и начальные условия.

**Тема 3. Прочность грунтов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Механизм отрыва. Механизм сдвига. Критерий прочности Кулона-Мора. Критерий прочности Треска-Хилла. Критерий прочности Мизеса-Боткина. Инвариантность критерия прочности.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Геометрическая интерпретация критерия прочности. Энергетические критерии прочности. Влияние траектории нагружения на прочность грунтов. Циклическая прочность несвязных грунтов. Длительная прочность грунтов. Влияние скорости деформаций на скорость грунта. Пиковая и остаточная прочность.

**Тема 4. Теория пластического течения грунтов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные факторы, определяющие деформируемость и прочность грунтов. Теория течения неупрочняющихся грунтов. Неассоциированный закон течения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Теория пластического течения с упрочнением. Принцип максимума Мизеса. Принцип максимума Циглера. Термодинамика пластического течения.

**Тема 5. Упруговязкость грунтов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Упруговязкость при статических воздействиях.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Упруговязкость при гармонических воздействиях. Определение упруговязких характеристик грунта. Определение динамических модулей упругости грунта. Методы определения параметров затухания.

**Тема 6. Математическая модель пластического деформирования грунта.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Математическая формулировка модели грунта. Начальная поверхность нагружения. Структурная прочность грунта.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Экспериментальная проверка математической модели грунта. Анизотропное упрочнение грунтовых сред.

**Тема 7. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при статических воздействиях.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Вязкопластические деформации в допредельном состоянии. Мгновенные поверхности нагружения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Определение процессов нагрузки, разгрузки и нейтрального нагружения. Прогрессирующая ползучесть.

**Тема 8. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при циклических и динамических воздействиях.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Первичная пластичность. Вторичная пластичность.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Функция нагружения вторичной вязкопластичности. Формулировка процессов нагрузки и разгрузки.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N  | Раздел Дисциплины  | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Основные понятия.  | 1       | 1-3             | подготовка к коллоквиуму              | 6                      | коллоквиум                            |
| 2. | Тема 2. Основные уравнения теории динамической консолидации грунтов.   | 1       | 4-6             | подготовка к коллоквиуму              | 6                      | коллоквиум                            |
| 3. | Тема 3. Прочность грунтов.   | 1       | 7-9             | подготовка к коллоквиуму              | 6                      | коллоквиум                            |
| 4. | Тема 4. Теория пластического течения грунтов.  | 1       | 10-12           | подготовка к коллоквиуму              | 6                      | коллоквиум                            |
| 5. | Тема 5. Упруговязкость грунтов.  | 2       | 1-4             | подготовка к коллоквиуму              | 8                      | коллоквиум                            |
| 6. | Тема 6. Математическая модель пластического деформирования грунта.   | 2       | 5-8             | подготовка к коллоквиуму              | 8                      | коллоквиум                            |
| 7. | Тема 7. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при статических воздействиях.                | 2       | 9-12            | подготовка к коллоквиуму              | 8                      | коллоквиум                            |
| 8. | Тема 8. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при циклических и динамических воздействиях. | 2       | 13-15           | подготовка к коллоквиуму              | 6                      | коллоквиум                            |
|    | Итого  |         |                 |                                       | 54                     |                                       |

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные занятия, зачёт, экзамен. В течение семестра студенты слушают лекции и выступают на спец. семинарах с докладами. Зачет выставляется по положительным результатам выступления с докладами и активной работе на спец. семинарах в течение семестра. Экзамен выставляется после сдачи теоретического материала по программе.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основные понятия.



коллоквиум , примерные вопросы:

Элемент объема грунта. Траектория нагружения экспериментальных образцов. Обработка результатов трехосных экспериментов.

### **Тема 2. Основные уравнения теории динамической консолидации грунтов.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Порядок расчета модулей деформации. Испытания в условиях плоской деформации. Трехосные испытания при циклических воздействиях. Дилатансия. Разжижение.

### **Тема 3. Прочность грунтов.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Общие соотношения деформационной теории. Зависимость формоизменения от инвариантов тензора напряжений. Зависимость объемной пластической деформации от инвариантов тензора напряжений.

### **Тема 4. Теория пластического течения грунтов.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Уравнение виртуальных мощностей однофазных и многофазных грунтовых систем. Уравнение виртуальных мощностей двухфазных грунтов. Теоремы о пластическом разрушении грунтовых систем при статических воздействиях.

### **Тема 5. Упруговязкость грунтов.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Критерии разрушения сооружений и коэффициенты запаса. Вязкоупругое деформирование грунтов. Устойчивость грунтовых откосов.

### **Тема 6. Математическая модель пластического деформирования грунта.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Критерии предельного состояния грунтовых сооружений при динамических воздействиях. Алгоритмы определения пластических и упругих деформаций грунта.

### **Тема 7. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при статических воздействиях.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Алгоритмы определения упруговязких деформаций грунта. Алгоритмы определения упруговязких-вязкопластических деформаций грунта.

### **Тема 8. Математическая модель вязкопластического поведения грунта при циклических и динамических воздействиях.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Применение метода конечных элементов к расчету консолидации квазидвухфазных грунтов. Применение метода конечных элементов к расчету динамической консолидации грунтов.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ.

Билеты на экзамене

Билет 1.

Параметры многофазного грунта.

Энергетические критерии прочности.

Билет 2.

Классификации грунтов.

Влияние траектории нагружения на прочность грунтов.

Билет 3.



Процедуры осреднения в механике грунтов.

Циклическая прочность несвязных грунтов.

Билет 4.

Системы напряжений в многофазном грунте.

Длительная прочность грунтов.

Билет 5.

Кинематика движения многофазного грунта.

Влияние скорости деформаций на скорость грунта.

Билет 6.

Закон сохранения количества движения.

Пиковая и остаточная прочность.

Билет 7.

Закон Дарси.

Упруговязкость при статических воздействиях.

Билет 8.

Определяющие уравнения поровой жидкости и газа.

Упруговязкость при гармонических воздействиях.

Билет 9.

Капиллярное давление.

Определение упруговязких характеристик грунта.

Билет 10.

Основные уравнения теории динамической консолидации квазидвухфазных грунтов.

Определение динамических модулей упругости грунта.

Билет 11.

Граничные и начальные условия.

Методы определения параметров затухания.

Билет 12.

Механизм отрыва.

Основные факторы, определяющие деформируемость и прочность грунтов.

Билет 13.

Механизм сдвига.

Теория течения неупрочняющихся грунтов.

Билет 14.

Критерий прочности Кулона-Мора.

Неассоциированный закон течения.

Билет 15.

Критерий прочности Треска-Хилла.

Функция нагружения вторичной вязкопластичности.

Билет 16.

Критерий прочности Мизеса-Боткина.

Структурная прочность грунта.

Билет 17.

Инвариантность критерия прочности.

Анизотропное упрочнение грунтовых сред.

Билет 18.

Геометрическая интерпретация критерия прочности.

Вязкопластические деформации в допредельном состоянии.

Билет 19.

Закон сохранения массы.

Математическая формулировка модели грунта.

Билет 20.

Теория пластического течения с упрочнением.

Вторичная пластичность.

Билет 21.

Принцип максимума Мизеса.

Первичная пластичность.

Билет 22.

Принцип максимума Циглера.

Прогрессирующая ползучесть.

Билет 23.

Термодинамика пластического течения.

Мгновенные и начальная поверхности нагружения.

### **7.1. Основная литература:**

Механика грунтов. Основания и фундаменты, Догадайло, А. И.; Догадайло, В. А., 2011г.

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Николаенко В.Л. Механика - М: ИНФРА- М. - 2011 - 636 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

Абакумов М. В. Гулин А. В. Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=364601>

### **7.2. Дополнительная литература:**

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2012 - 253 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8713>

Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. - Издательство: БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2012. - 634 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/4397>

Андреев В. И, Горшков А. А. Варданян Г. С., Атаров Н. М. Соппротивление материалов с осн. теории упругости и пластич.: Учеб. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=256769>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Интернет-портал систем автоматизации инженерных расчетов - <http://www.cadfem-cis.ru/>

Поисковая система - [www.google.ru](http://www.google.ru)

Форум САПР-2000 - <http://fsapr2000.ru/>

Электронная библиотека - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Электронная библиотека - <http://mech.math.msu.su>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Механика грунтов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, доступ студентов к компьютеру с Microsoft Office и интернетом.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):

Бережной Д.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.