

## **ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Динамика грунтов**

**Рекомендуется для направления подготовки  
020700 «Геология» по магистерским программам «Инженерная  
геология», «Грунтоведение и искусственный литогенез, «Геология и  
геофизика мегаполисов и крупных городских агломераций»,  
«Малоглубинная геофизика»**

**Квалификация выпускника – магистр**

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Дисциплина «Динамика грунтов» должна обеспечить подготовку магистров геологии в области динамики грунтов для понимания особенностей проектирования сооружений в условиях динамических нагрузок разного происхождения с учетом особенностей для территорий мегаполисов.

Основными задачами курса являются ознакомление магистрантов с теоретическими представлениями о закономерностях возникновения и распространения волн напряжений в массивах грунтов, методами экспериментальной оценки динамических свойств грунтов с целью их учета при проектировании сооружений с в условиях динамических нагрузок от землетрясений, транспорта, работы промышленного и строительного оборудования, ветровых и штормовых воздействиях.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Динамика грунтов» входит в профессиональный цикл подготовки для магистерских программ «Инженерная геология», «Грунтоведение и искусственный литогенез», «Геология и геофизика мегаполисов и крупных городских агломераций», «Малоглубинная геофизика» и опирается на курсы вариативной части профессионального цикла ООП бакалавра геологии, расширяя знания, полученные студентами при освоении содержания и методов других дисциплин: «**Инженерная геология. Часть 1. Грунтоведение**», «**Механика грунтов**», «**Методы исследования грунтов в массиве**», «**Инженерно-геологические расчеты и моделирование**», «**Основы методики инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических исследований**».

Освоение дисциплины «Динамика грунтов» необходимо для подготовки магистров по направлению «Геология», последующей их работе в научно-исследовательских и производственных организациях, связанных с инженерными изысканиями для строительства сооружений.

## **3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по направлению Геология:

### **Универсальные компетенции:**

#### *а) общенаучные:*

– способность анализировать и оценивать философские проблемы при решении социальных и профессиональных задач (М-ОНК-1);

#### *б) инструментальные:*

– владение иностранным языком в устной и письменной форме для осуществления коммуникации в учебной, научной, профессиональной и социально-культурной сферах общения<sup>1</sup>; владение терминологией специальности на иностранном языке; умение готовить публикации, проводить презентации, вести дискуссии и защищать представленную работу на иностранном языке (М-ИК-1);

#### *в) системные:*

– способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижению самостоятельных гипотез (М-СК-1);

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (М-СК-2);

– способность к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности; к инновационной научно-образовательной деятельности (М-СК-3);

### **Профессиональные компетенции:**

---

<sup>1</sup> Не ниже уровня В2 по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками CEFR

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, нефтяной геологии, экологической геологии (в соответствии со специализацией магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (М-ПК-2);

– способность и готовность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (М-ПК-3);

– способность использовать углубленные специализированные профессиональные теоретические и практические знания для проведения геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических исследований (в соответствии со специализацией магистерской программы) (М-ПК-4);

– способность к профессиональной эксплуатации современного геологического, геофизического, геохимического, гидрогеологического, инженерно-геологического, геокриологического, нефтегазового полевого и лабораторного оборудования и приборов (М-ПК-5);

– способность свободно и творчески пользоваться современными методами обработки и интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, нефтегазовой и эколого-геологической информации (в соответствии со специализацией магистерской программы) для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (М-ПК-6);

– готовность к использованию практических навыков организации и управления научно-исследовательскими и научно-производственными работами при решении задач геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, нефтяной геологии, экологической геологии (в соответствии со специализацией магистерской программы) (М-ПК-7);

– готовность к практическому использованию нормативных документов при планировании и организации полевых лабораторных и интерпретационных исследований (М-ПК-8);

– способность самостоятельно составлять и представлять проекты научно-исследовательских и научно-производственных геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ (в соответствии со специализацией магистерской программы) (М-ПК-9);

– готовность к проектированию комплексных научно-исследовательских и научно-производственных работ при решении геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических задач (в соответствии со специализацией магистерской программы) (М-ПК-10).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:** закономерности возникновения распространения волн напряжений в массиве; методы определения показателей динамических свойств грунтов в полевых и лабораторных условиях с применением современных методик и аппаратуры; основные подходы к проектированию оснований сооружений в условиях динамических воздействий; специфику вибрационного поля крупных городов.

**уметь:** определять возможные проблемы возведения тех или иных типов инженерных сооружений в заданных инженерно-геологических условиях при действии дополнительных и полезных динамических нагрузок, экспериментально определять характеристики динамических свойств грунтов с использованием современной аппаратуры.

**владеть:** информацией о динамических характеристиках волн напряжений разного типа, формах проявления динамической неустойчивости разными грунтами и

возможностях применения адекватных методов изменения динамической чувствительности грунтов оснований.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Динамика грунтов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

##### Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (трудоемкость в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек-ции	семи-нары	практ. занятия	самост. работа	
1	Понятие о динамической неустойчивости грунтов	3	1	2			1	
2	Основные виды динамических нагрузок и особенности их распространения. Динамические нагрузки природного происхождения		2	2			3	
3	Техногенные динамические нагрузки. Вибрационное поле городов.		3	2			3	
4	Лабораторные методы динамических испытаний грунтов и физических моделей.		4	2			3	
5	Полевые методы динамических испытаний грунтов		5	2			3	
6	Энергетический подход к оценке динамической неустойчивости грунтов		6	2			3	тестовый опрос
7	Динамическая дилатансия несвязных грунтов		7	2			3	
8	Тиксотропия и квазитиксотропия связных грунтов		8	2			3	
9	Дилатантно-тиксотропные явления в слабосвязных грунтах		9	2			3	
10	Усталость грунтов с жесткими структурными связями. Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости		10	2			3	

11	Динамика фундаментов мелкого заложения		11	2			5	тестовый опрос
12	Динамика заглубленных и свайных фундаментов		12	2			3	
13	Фундаменты машин на грунтовых основаниях.		13	2			4	
14	Виброизоляция фундаментов и гашение колебаний		14	2			4	
		3	14	28			44	Зачет

### Содержание дисциплины

#### Раздел I. Динамическая неустойчивость грунтов как актуальная проблема современной инженерной геологии

##### Тема 1. Понятие о динамической неустойчивости грунтов.

Определение понятия «динамическая неустойчивость грунта». Динамическая неустойчивость грунтов как проблема инженерной геологии, охватывающая все задачи, связанные со снижением прочности и жесткости грунтов при динамических нагрузках разного происхождения.

Зарождение и развитие современной динамики грунтов – как области знаний, находящихся на стыке инженерной геологии, геотехники и строительного дела. Важнейшие этапы прогресса в изучении закономерностей поведения грунтов и в расчетах колебания сооружений в условиях динамических нагрузок.

Основные работы, рассматривающие теоретические основы расчета фундаментов сооружений в условиях динамических нагрузок и устойчивости грунтов как среды распространения волн напряжений.

Причины актуальности и остроты проблемы динамической неустойчивости грунтов в условиях увеличения интенсивности и спектра динамических воздействий на геологическую среду территорий мегаполисов.

##### Тема 2. Основные виды динамических нагрузок и особенности их распространения. Динамические нагрузки природного происхождения

Понятие динамической нагрузки. Виды динамических нагрузок. Виды затухания сейсмических волн напряжений в грунтах. Типы сейсмических волн. Основные динамические характеристики сейсмических волн. Влияние грунта на динамические характеристики распространяющихся в нём волн.

Типы динамических нагрузок природного происхождения. Основные параметры сейсмичности территории. Используемые в настоящее время шкалы магнитуд. Современные подходы при инженерной оценке параметров сейсмической нагрузки. Эффекты резонансного усиления сейсмических колебаний. Выбор «расчетного землетрясения» – важнейший этап проектирования сейсмоустойчивых сооружений.

Ветровые нагрузки. Вихри Кармана как основная причина колебаний сооружений при ветровом воздействии, число Струхала. Понятие галопирования линий электропередач. Методы определения реакции сооружения на возможные ветровые нагрузки.

Действие волновых нагрузок на инженерные сооружения, основные характеристики.

##### Тема 3. Техногенные динамические нагрузки. Вибрационное поле крупных городов

Основные источники техногенных воздействий на территориях мегаполисов и городских агломераций. Характеристика транспортных источников динамических нагрузок (доминирующие частоты, виброскорость и виброускорение частиц грунта, зона влияния).

Основные характеристики динамических нагрузок от машин разного типа. Виброизоляционный и дорезонансный режимы работы фундаментов машин. Группы динамических нагрузок по частоте генерируемых возмущаемых сил.

Взрыв как источник динамических нагрузок, его основные характеристики. Параметры взрывных волн напряжений в грунтах. Описание поведения грунтов при взрывных динамических нагрузках моделями сплошных идеальных и неидеальных баротропных сред.

Особенности вибрационного поля крупных городов. Вклад в вибрационное поле города различных источников. Спектр и изменчивость во времени динамических характеристик сейсмических волн территорий городов. Ограничения в выборе аппаратурных средств измерения динамических характеристик сейсмических волн городских территорий.

#### Тема 4. Лабораторные методы динамических испытаний грунтов и физических моделей

Основные показатели, определяемые при динамических испытаниях грунтов.

Определение динамических свойств грунтов методом трехосного сжатия. Типы стабилометров по измеряемым показателям и системам нагружения, их преимущества и недостатки. Факторы, связанные с особенностями процедуры подготовки и проведения эксперимента, влияющие на величину прочности грунта в трехосных испытаниях, их основные характеристики.

Аппаратура и концепция динамических испытаний по схеме простого сдвига. Принципы действия, преимущества и недостатки существующих приборов динамического простого сдвига.

Определение динамических свойств грунтов испытаниями на резонансных колонках. Типы резонансных колонок, определяемые показатели.

Метод динамических испытаний в режиме крутильных сдвиговых колебаний. Преимущества и недостатки существующих модификаций аппаратов крутильного сдвига.

Динамический кольцевой сдвиг, технология эксперимента, существующие типы аппаратов.

Динамические испытания грунтов на вибростендах, определяемые показатели. Отличительные особенности испытания грунтов на вибростендах различных модификаций.

Современные приборы для ударных испытаний грунтов, их назначение, принципиальные отличия.

Динамические характеристики грунтов, определяемые лабораторными акустическими методами. Сложности при подготовке образцов, подборе датчиков, интерпретации результатов при акустических испытаниях грунтов.

Группы методов усталостных испытаний грунтов. Кривая Вёлера.

Лабораторные испытания физических моделей на вибростолах и геотехнических центрифугах, спектр решаемых задач.

#### Тема 5. Полевые методы динамических испытаний грунтов

Сейсмические методы исследования динамических свойств грунтов (метод преломленных волн, сеймопросвечивание, сеймокаротаж, метод поверхностных волн), назначение, определяемые показатели, преимущества и недостатки.

Методы изучения динамического взаимодействия «грунт-сооружение»: метод резонансного фундамента, метод «водяная пушка», метод «цилиндра в массиве», метод исследования свободных и вынужденных колебаний фундаментов, их назначение и определяемые показатели.

Принципы испытаний, назначение, достоинства и недостатки геотехнических методов: динамическое зондирование, виброзондирование, стандартная пенетрация, беккер-пенетрация, сейсмо- и пьезоконусная пенетрация, вибропенетрация, динамические

испытания свай, динамические прессиометры, динамические штамповые испытания, определение динамического модуля сдвига аппаратом Хенке.

## **Раздел II. Природа и закономерности динамической реакции грунтов на динамические воздействия**

### Тема 6. Энергетический подход к оценке динамической неустойчивости грунтов

Энергетическая природа динамической неустойчивости грунтов. Преимущества и практические критерии оценки динамической неустойчивости грунтов с позиции энергетики процесса. Рассеянная энергия и удельная энергия активации структурных связей как критерии динамической неустойчивости грунтов.

Феноменология динамической неустойчивости грунтов.

### Тема 7. Динамическая дилатансия несвязных грунтов

Характерные формы реакции несвязных грунтов на динамические нагрузки. Разжижение и циклическая подвижность несвязных грунтов. Отрицательная и положительная динамическая дилатансия, условия проявления. Динамические испытания в условиях полной или частичной инверсии знака напряжений. Динамическая реакция сухих и водонасыщенных песков разной плотности сложения. Плотность сложения песков и условия динамического нагружения – как основные критерии динамической неустойчивости несвязных грунтов. Энергетика динамической дилатансии песков.

### Тема 8. Тиксотропия и квазитиксотропия связных грунтов

Феноменология динамической неустойчивости глинистых грунтов.

Понятие тиксотропии и квазитиксотропии. Влажность связных грунтов и физико-химическая активность твердой твёрдой компоненты глинистых грунтов - важнейшие критерии степени квазитиксотропности грунтов. Влияние амплитуды действующих напряжений, частоты и продолжительности воздействия, формы и спектрального состава волны нагружения на динамическую устойчивость связных грунтов. Энергетика тиксотропных превращений в дисперсных системах. Энергетика квазитиксотропных процессов в глинистых грунтах. Основные эффекты, лежащие в основе упрочнения квазитиксотропного грунта.

### Тема 9. Дилатантно-тиксотропные явления в слабосвязных грунтах

Феноменология динамической неустойчивости слабосвязных грунтов.

Основные особенности динамической реакции слабосвязных грунтов. Зависимость динамической реакции слабосвязных грунтов от частоты воздействия, супергармонический резонанс. Дилатантно-тиксотропные эффекты в лессовых грунтах. Зависимость тиксотропного потенциала слабосвязных грунтов от их удельной поверхности. Энергетика дилатантно-тиксотропных явлений.

### Тема 10. Усталость грунтов с жесткими структурными связями. Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости

Общие закономерности усталостного разрушения грунтов и высокопрочных материалов. Кривая Вёлера, предел усталости, усталостная долговечность, эффект Баушингера. Влияние параметров нагрузки (количество циклов нагружения, частоты, бокового напряжения, силовых характеристик) на проявление усталостных свойств.

Разогрев грунтов и материалов при динамических нагрузках. Теории усталости. Особенности механизма усталостного разрушения грунтов.

Усталость как форма динамической неустойчивости грунтов (энергетика процесса). Понятие «порог усталости». Коэффициент интенсивности (концентрации) напряжений как определяющий параметр напряженного состояния концевой зоны неоднородности. Силовой и энергетический критерии проявления усталости низкого энергетического уровня.

Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости.

## **Раздел III. Взаимодействие фундаментов с грунтами оснований в условиях динамических нагрузок**

### Тема 11. Динамика фундаментов мелкого заложения

Основные группы факторов, определяющие работу фундаментов в условиях динамических нагрузок. Механический импеданс грунта. Моды колебания жесткого фундамента на массивном основании. Упруго-линейные модели поведения грунтового основания. Прогнозирование резонансных частот и пиковых амплитуд смещения фундамента с применением различных упруговязких моделей, учитывающих демпфирующие свойства грунтов.

Моделирование различных типов разреза основания по трем основным схемам – полупространство, однородный слой на абсолютно жестком (недеформируемом) основании, слой на полупространстве.

Упруго-инерционные модели основания. Нелинейность колебаний массивных фундаментов.

#### Тема 12. Динамика заглубленных и свайных фундаментов

Влияние глубины заложения фундамента на жесткость и затухание.

Основные принципы подхода к анализу динамики заглубленных фундаментов. Смешанная упруговязко-инерционная модель основания. Анализ динамики заглубленного фундамента методом Баранова-Новака. Различия механических импедансов круглых и ленточных фундаментов при «совершенном» и «несовершенном» контакте их боковых поверхностей с грунтом обратной засыпки.

Анализ динамического взаимодействия между близко расположенными фундаментами (взаимодействие «сооружение – грунт – сооружение»).

Поведение свайных фундаментов при динамических нагрузках. Факторы, влияющие на механический импеданс отдельной сваи. Эффекты взаимодействия «свая» – грунт – свая» на вибрационную реакцию сооружений. Фактор динамического взаимодействия. Относительная групповая эффективность – параметр, отражающий влияние взаимодействия «свая» – грунт – свая» на групповой импеданс.

#### Тема 13. Фундаменты машин на грунтовых основаниях. Виброизоляция фундаментов и гашение колебаний

Режимы работы фундаментов машин на грунтовых основаниях. Наиболее типичные случаи повреждения фундаментов машин. Виброизоляционный и дорезонансный режимы работы фундамента. Понятие динамичности основания и динамического коэффициента. Квазистатический режим работы фундамента. Коэффициент резонансного увеличения, околорезонансный режим работы фундамента. Явление супергармонического резонанса. Общий порядок расчета фундаментов машин.

Фундаменты машин с возвратно-поступательным и вращательным движением масс. Причины возникновения колебаний самих машин. Особенности работы машин разных групп. Фундаменты машин ударного действия. Фундаменты машин нерегулярного действия.

Конструкция и вид виброгасящих элементов в зависимости от характера опирания машины на фундамент. Гасители в случае сплошного опирания. Гасители в случае опирания машин в отдельных точках. Метод гашения колебаний методом динамического гасителя.

#### **5. Рекомендуемые образовательные технологии**

Мультимедиа-презентации лекционного материала. Формы промежуточного и итогового контроля: подготовка рефератов и оценка самостоятельной практической работы по предлагаемым темам, тестовые опросы, зачет по курсу.

#### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Примерный перечень вопросов к итоговой аттестации по всему курсу:

1. Динамическая неустойчивость грунтов – понятие и предмет исследований.
2. Основные виды динамических нагрузок и особенности их распространения.
3. Землетрясения как источник динамического воздействия на грунты основания и сооружения.



4. Влияние ветровых нагрузок на инженерные сооружения.
5. Характеристика динамических нагрузок от движущегося транспорта.
6. Вибрационное поле крупных городов.
7. Динамическое трехосное сжатие как наиболее широко используемый метод динамических испытаний грунтов.
8. Малоамплитудные динамические испытания на резонансных колонках.
9. Лабораторные акустические методы.
10. Методы усталостных испытаний грунтов.
11. Динамические испытания на вибростолах.
12. Динамические испытания на геотехнических центрифугах.
13. Сейсмоакустические методы динамических испытаний грунтов.
14. Вибрационные методы динамических испытаний грунтов *in situ*.
15. Динамические пенетрационные испытания.
16. Энергетический подход: преимущества и практические критерии оценки динамической неустойчивости грунтов.
17. Характерные формы реакции песчаных грунтов на динамические нагрузки.
18. Динамическая дилатансия несвязных грунтов и факторы, её определяющие.
19. Тиксотропия и квазитиксотропия связных грунтов, факторы её определяющие.
20. Дилатантно-тиксотропные явления в слабосвязных грунтах.
21. Общие закономерности усталостного разрушения грунтов.
22. Усталость как форма динамической неустойчивости грунтов (энергетика процесса).
23. Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости.
24. Динамика фундаментов мелкого заложения.
25. Динамика заглубленных фундаментов.
26. Динамика свайных фундаментов.
27. Фундаменты машин на грунтовых основаниях.

#### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### ***Литература***

###### *а) основная:*

1. Вознесенский Е.А. Динамические свойства грунтов и их учёт при анализе вибраций фундаментов разного типа // Геозкология. 1993. № 5. С. 37-65.
2. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. М.: УРСС Эдиториал. 1999. 263 с.
3. Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 288 с.
4. Вознесенский Е.А., Коваленко Е.А., Кушнарёва Е.А., Фуникова В.В. Разжижение грунтов при циклических нагрузках. М.: Изд-во МГУ, 2005. 134 с.
5. Грунтоведение. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. / Под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд. переработ и доп. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024 с.
6. Жигалин А.Д., Локшин Г.П. Формирование вибрационного поля в геологической среде // Инженерная геология. 1991. № 6. С. 110-119.
7. Иванов П.Л. Разжижение и уплотнение несвязных грунтов при динамических воздействиях. М.: Стройиздат. 1978. 246 с.
8. Ишихара К. Поведение грунтов при землетрясениях. Пер с англ. / Под ред. А.Б. Фадеева, М.Б. Лисюка / СПб.: НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект». 2006. 384 с.
9. Красников Н.Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат. 1970. 239 с.
10. Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Миндель И.Г. Сейсмические свойства дисперсных пород (сейсмолитологический подход). М.: ИНЖЕКО. 1994. 195 с.

11. Лебедев В.И., Дудлер И.В., Черников А.И., Шевцов К.П. Способ исследования свойств водонасыщенного грунта. А.с. СССР 916649 // Бюлл. изобрет. и открытий. 1982. №12.
12. Локшин Г.П., Лихачева Э.А., Ладика Я., Крайчович Ю. Оценка вибрационного воздействия на территории города (на примере Москвы и Братиславы) // Инженерная геология. 1991. № 4. С. 82-91.
13. Маслов Н.Н. Условия устойчивости водонасыщенных песков. М.: Госэнергоиздат. 1959.
14. Методические рекомендации по применению сейсмоакустических методов для изучения физико-механических свойств связных грунтов. ВНИИ транспортного строительства. 1976. 70 с.
15. Рауш Э. Фундаменты машин. М.: Стройиздат. 1965. 418 с.
16. Рекомендации по комплексному изучению и оценке строительных свойств песчаных грунтов. М.: Стройиздат. 1984. 210 с.
17. Рубинштейн А.Я., Кулачкин Б.И. Динамическое зондирование грунтов. М.: Недра. 1984. 92 с.
18. Трофименков Ю.Г. Статическое зондирование грунтов в строительстве (зарубежный опыт). М.: ВНИИТПИ. 1995. 127 с.
19. Фаччиоли Э., Резендиц Д. Динамика грунтов: поведение грунта при сейсмическом воздействии, включая разжижение // Сейсмический риск и инженерные решения. Пер. с англ. Под ред. Ц.Ломнитца, Э.Роземблота. М.: Недра. 1981. С. 66-128.
20. Andrus R.D., Stokoe K.H., II. Liquefaction resistance based on shear wave velocity. Proceedings of NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, NCEER, State University of New York at Buffalo. 1997. P.89-128.
21. Baldi G., Bruzzi D., Superbo S., Battaglio M., Jamiolkowski M. Seismic cone in Po river sand / Penetration Testing 1988, Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration Testing ISOPT-1, Orlando. 1988. V.2. P.643-650.
22. Casagrande A. Liquefaction and cyclic deformation of sands. A critical review // Lecture at 5th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires. 1975. V.V. P. 80-133.
23. Castro G., Keller T.O., Boynton S.S. Reevaluation of the Lower San Fernando Dam. Report №1, USACE, Waterways Experiment Station. Vicksburg, Missisipi. 1989.
24. Finn W.D.L., Yogendrakumar M., Lo R.C., Ledbetter R.H. Seismic response of tailing dams. State of the art paper. International Symposium on Safety and Rehabilitation of Tailing Dams, International Comission on Large Dams, Sydney. 1990.
25. Harder L.F., Seed H.B. Determination of penetration resistance for coarse-grained soils using the Becker Hammer Drill, Report No. 86/06, University of California, Berkeley. 1986.
26. Miller R.P., Troncosco J.H., Brown F.R., Jr. In situ impulse test for dynamic shear modulus of soils / Procttings: ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Insitu Measurement of Soil Properties, Raleigh, North Carolina. 1975. P. 319 – 335.
27. Mitchell J.K. Fundamentals of soil behavior (2nd ed.). John Wiley & Sons. New York. 1993. 438 pp.
28. Robertson P.K., Fear C.E. Liquefaction of sands and its evaluation. IS TOKYO'95, 1<sup>st</sup> Int. Conf. On Earthquake Geotechnical Engineering. 1995.
29. Seed H.B., Lee K.L. Liquefaction of saturated sands during cyclic loading // Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE. 1966. V.92, № SM6. P.105-134.
30. Seed H.B., Tokimatsu K., Harder L.F., Chung R. Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations. Journal of Geotechnical Engineering. ASCE. 1985. Vol.121. № 12. P.856-869.
31. Vaid Y.P., Sivathayalan S. Fundamental factors affecting liquefaction susceptibility of sands. Canadian Geotechnical Journal. 2000. Vol. 37. No.3. P.592-606.

32. Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Arango I., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn W.D.L., Harder L.F., Jr., Hynes M.E., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F., III, Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B., Stokoe K.H., II. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER

*б) дополнительная:*

1. Абелев Ю.М. Плывуны как основание сооружений и методы их исследования на месте постройки. М.: Изд-во строит. Литературы, 1947. 128 с.
2. Баркан Д.Д. Динамика оснований и фундаментов. М.: Стройвоенмориздат, 1948. 411 с.
3. Баркан Д.Д. Виброметод в строительстве. М.: Госстройиздат, 1959. 316 с.
4. Вознесенский Е.А., Вэйд Й.П., Костомарова В.В. Дилатантно-тиксотропное поведение слабосвязных грунтов при динамическом воздействии // Геозкология. 1996. № 1. С. 62-78.
5. Вознесенский Е.А., Калачев В.Я., Трофимов В.Т., Коваленко В.Г. Квазитиксотропные изменения в глинистых грунтах. М.: Изд-во МГУ. 1990. 143 с
6. Вознесенский Е.А., Фуникова В.В. Оценка динамической устойчивости песчаных грунтов при неполном водонасыщении // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2002. № 5. С. 2- 8.
7. Гольдштейн М.Н. Внезапное разжижение песка // Гидротехническое строительство. 1952. № 8.
8. Гурвич В.И., Жигалин А.Д., Локшин Г.П., Труфманова Е.П. Опыт изучения поля вибрации на территории города с целью оценки состояния геологической среды // Инженерная геология. 1991. № 1. С. 74-81.
9. Зиангиров Р.С., Кутергин В.Н. Факторы, определяющие изменение прочности глинистых грунтов при вибрации // Комплексные инженерно-геологические исследования для промышленного и гражданского строительства. М., 1984. С. 23-32.
10. Иванов П.Л. Уплотнение малосвязных грунтов взрывами. М.: Недра. 1983. 230 с.
11. Иванов П.Л. Уплотнение несвязных грунтов взрывами. М.: Стройиздат. 1967.
12. Осипов В.И. Динамическое разжижение водонасыщенных грунтов: природа и факторы его определяющие (научный обзор) // Инженерная геология. 1988. № 2. С. 3-31.
13. Ambraseys N.N. Engineering seismology. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 1988. Vol.17. P.1-105.
14. Biot M.A. Generalized theory of acoustic propagation in porous dissipative media // The Journal of the Acoustical Society of America. 1962a. V.34, No.9. P.1254-1264.
15. Biot M.A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media // Journal of Applied Physics. 1962b. V. 33. N 4. P.1482-1498.
16. Drnevich V.P. Recent developments in resonant column testing. Richart Commemorative Lectures, Proceedings of a session sponsored by the Geotechnical Engineering Division in conjunction with the ACSE Convention in Detroit. 1985. P. 79-107.
17. Finn W.D.L., Ledbetter R.H., Fleming R.L., Jr., Templeton A.E., Forrest T.W., Stacy S.T. Dam on liquefiable foundation: safety assessment and remediation. 17th Congress on Large Dams, International Commission on Large Dams. Vienna. 1991. 37 p.
18. Hasegawa H.S., Basham P.W., & Berry M.J. Attenuation relations for strong seismic ground motion in Canada. Bull. Seismological Society of America, 1981, **71**, 1943-1962.
19. Idriss I.M. Evaluating seismic risk in engineering practice Proceedings of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. 1985. Vol. 1. P.255-320.
20. Ishihara K., Kokusho T., Silver M.L. Recent developments in evaluating liquefaction characteristics of local soils / Proceedings: 12<sup>th</sup> International Conference on Soils Mechanics and Foundatin Engineering. Rio de Ganeiro. 1989. General state-of-the-art report, A.A.Balkema. Rotterdam/Brookfield. 1992. V. 4. P. 2719-2734.

21. Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S., Sato H. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Conf. On Microzonation. Seattle. 1982. Vol.3. P.1319-1330.
22. Lee F.-H., Schofield A.N. Dynamic behavior of the bumpy road shaking table system // Geotechnical Testing Journal. 1989. V.12, №2. P.126-134.
23. Lee M.K.W., Finn W.D.L. DESRA-2, Dynamic Effective Stress Response Analyses of soil deposits with energy transmitting boundary including assessment of liquefaction potential. Soil Mechanics Series №38. Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver. 1978.
24. Manual for zonation on seismic geotechnical hazards. Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, ISSMFE. 1993. 149 p.
25. Robertson P.K., Wride C.E. Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal. Ottawa, 1998. Vol. 35. № 3. P. 442-459.
26. Roscoe K.H. The influence of strains in soil mechanics. 10th Rankine Lecture // Geotechnique. 1970. V.20. №2. 129-170.
27. Seed H.B., De Alba P. Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands. Proceedings of the ASCE Specialty Conference In Situ'86: Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering. Blacksburg. 1986. P.281-302.
28. Stark T.D., Olson S.M. Liquefaction resistance using CPT and field case histories. Journal of Geotechnical Engineering. ASCE. 1995. Vol.121. № 12. P.856-869.

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При выполнении практических работ студенты обеспечиваются необходимой учебной и научно-технической литературой. При чтении лекций используются современные презентационные технологии.

#### **9. Краткое содержание дисциплины (аннотация)**

Курс направлен на углубленное изучение вопросов, касающихся поведения грунтов в условиях динамических воздействий и его учета при проектировании сооружений. Первый тематический блок дисциплины рассматривает динамические нагрузки природного и промышленного происхождения и особенности их распространения в массивах грунтов. Вторая часть посвящена полевым и лабораторным методам динамических испытаний грунтов, моделированию их поведения при динамических нагрузках разного типа. Третий блок рассматривает закономерности проявления динамической неустойчивости разных грунтов. В четвертой части анализируются особенности работы фундаментов сооружений в условиях динамических нагрузок и способы учета динамической неустойчивости грунтов при проектировании.

#### **10. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

##### Примерная тематика заданий для самостоятельной работы студентов

1. Виды динамических нагрузок.
2. Спектральное разложение Фурье и другие методы анализа негармонических нагрузок.
3. Землетрясения как источник динамических нерегулярных нагрузок.
4. Поглощение волн напряжений в грунтах.
5. Виды волн напряжений в грунтах.
6. Динамические характеристики сейсмических волн.
7. Магнитуда землетрясения и существующие магнитудные шкалы.
8. Приповерхностное резонансное усиление колебаний при землетрясении.
9. Потенциал разжижения грунта при землетрясении и методы его оценки.
10. Параметры сейсмических волн от проходящего транспорта.
11. Параметры сейсмических волн от землетрясений.
12. Динамические испытания методом простого сдвига
13. Динамические испытания методом трехосного сжатия.
14. Малоамплитудные динамические испытания методом резонансной колонки.
15. Динамические испытания методом крутильного сдвига.

16. Определение потенциала сейсмического разжижения песков в массиве.
17. Циклическая подвижность в грунтах.
18. Понятие о параметре состояния песков.
19. Тиксотропные свойства связных грунтов.
20. Плывунность грунтов.
21. Усталость грунтов и методы ее оценки.

Примерная тематика рефератов для самостоятельной работы

1. Современные полевые методы динамических испытаний грунтов.
2. Виды, параметры и особенности распространения техногенных динамических нагрузок на территории города.
3. Фундаменты и подземные сооружения при динамических воздействиях.
4. Современные методы исследования динамических свойств водонасыщенных грунтов
5. Динамические свойства грунтов и их учет при анализе вибраций фундаментов разного типа.
6. Осадки зданий и сооружений при динамическом воздействии рельсового и автомобильного транспорта.
7. Актуальность и острота проблемы динамической устойчивости грунтов территорий мегаполисов.
8. Плывуны как основание сооружений и методы их исследования.
9. Вероятностный подход к оценке динамической неустойчивости грунтов.
10. Современные лабораторные методы динамических испытаний грунтов.
11. Методы оценки потенциала разжижения грунтов.
12. Численные методы анализа поведения грунтов в условиях динамического нагружения.

**Разработчик :**

МГУ имени М.В. Ломоносова  
 Геологический факультет  
 Рабочий телефон (8495) 939-12-29, e-mail: [eugene@geol.msu.ru](mailto:eugene@geol.msu.ru)

Профессор

Е.А. Вознесенский

**Эксперты:**

МГУ имени М.В. Ломоносова  
 Геологический факультет

Зав. кафедрой, профессор

М.Л. Владов

Московский автомобильно-  
 дорожный государственный  
 технический университет (МАДИ),  
 кафедра «Аэропорты, инженерная  
 геология и геотехника»

Зам.зав. кафедрой, доктор  
 техн. наук, профессор

Э.М. Добров

Программа одобрена на заседании Ученого совета Геологического факультета МГУ  
 (протокол № от )

Декан геологического факультета  
 академик

Д.Ю. Пушаровский