

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан Геологического факультета
академик

_____ /Д.Ю.Пушаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика грунтов

Автор-составитель: Вознесенский Е.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура (ИМ)

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Гидрогеология, инженерная геология, геокриология

Магистерская программа

«Инженерная геология»

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель – 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.

Задачи: 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 в условиях динамических нагрузок от землетрясений, транспорта, работы промышленного и строительного оборудования, ветровых и штормовых воздействиях.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательная, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины: «Инженерная геология, часть 1. Грунтоведение», «Инженерные сооружения», «Механика грунтов», «Методы исследования грунтов в массиве», «Инженерно-геологические расчеты и моделирование», «Основы методики инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических исследований».

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-3.М. Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию.

ОПК-8.М. Способность профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки.

ПК-3.М. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.

СПК-3.М. Способность анализировать, обобщать и систематизировать результаты инженерно-геологических исследований и изысканий в соответствии с поставленными задачами и действующими нормативными документами.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

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. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., 72 академических часа, в том числе 28 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – занятия семинарского типа). 44 академических часа на самостоятельную работу обучающихся, из них 10 часов – мероприятия промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – зачет

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

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.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			
		лекции	семинары	всего	
Понятие о динамической неустойчивости грунтов		1	1	2	2
Основные виды динамических нагрузок и особенности их распространения. Динамические нагрузки природного происхождения		1	1	2	2
Техногенные динамические нагрузки. Вибрационное поле городов.		1	1	2	2
Лабораторные методы динамических испытаний грунтов и физических моделей.		1	1	2	2
Полевые методы динамических испытаний грунтов		1	1	2	2
Энергетический подход к оценке динамической неустойчивости грунтов		1	1	2	Подготовка к опросу, 5 часов
Динамическая дилатансия несвязных		1	1	2	2

грунтов					
Тиксотропия и квазитиксотропия связных грунтов		1	1	2	2
Дилатантно-тиксотропные явления в слабосвязных грунтах		1	1	2	2
Усталость грунтов с жесткими структурными связями. Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости		1	1	2	2
Динамика фундаментов мелкого заложения		1	1	2	Подготовка к опросу, 5 часов
Динамика заглубленных и свайных фундаментов		1	1	2	2
Фундаменты машин на грунтовых основаниях		1	1	2	2
Виброизоляция фундаментов и гашение колебаний		1	1	2	2
Промежуточная аттестация – зачет					10
Итого	72		28		44

*Текущий контроль успеваемости (тестовые опросы) проводится в рамках семинарских занятий

Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных занятий

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.

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.

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. Виброизоляция 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.

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.

Тема 5. Полевые методы динамических испытаний грунтов

Сейсмические методы исследования динамических свойств грунтов (метод преломленных волн, сейсмопросвечивание, сейсмокаротаж, 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.

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.

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

Тема 11. Динамика фундаментов мелкозаложенного

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.

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»).

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.

Содержание семинарских занятий

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

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.

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.

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

Принципы испытаний, назначение, достоинства и недостатки геотехнических методов: динамическое зондирование, вибронзондирование, стандартная пенетрация, беккер-пенетрация, сейсмо- и пьезоконусная пенетрация, вибропенетрация, динамические испытания свай, динамические прессиометры, динамические штамповые испытания, определение динамического модуля сдвига аппаратом Хенке.

Классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости.

Упруго-инерционные модели основания. Нелинейность колебаний массивных фундаментов.

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.

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.

Рекомендуемые образовательные технологии

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

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

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.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: 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.	Знания отсутствуют или носят фрагментарный характер	Знания от фрагментарных до систематических

Умения: определять возможные проблемы возведения тех или иных типов инженерных сооружений в заданных инженерно-геологических условиях (ИГУ) при действии дополнительных и полезных динамических нагрузок, экспериментально определять характеристики динамических свойств грунтов с использованием современной аппаратуры	Умения отсутствуют	В целом успешное умение определять возможные проблемы при возведении тех или иных инженерных сооружений в определенных ИГУ при действии различных динамических нагрузок, а также определять характеристики динамических свойств экспериментально
Владение: информацией о динамических характеристиках волн напряжений разного типа, формах проявления динамической неустойчивости разными грунтами и возможностях применения адекватных методов изменения динамической чувствительности грунтов оснований	Не владеет информацией о динамических характеристиках волн, о формах проявления динамической неустойчивости грунтов и т.д.	В целом владеет информацией динамических характеристиках волн, о формах проявления динамической неустойчивости грунтов и т.д.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

а) основная литература;

1. Вознесенский Е.А. Динамические свойства грунтов и их учёт при анализе вибраций фундаментов разного типа // Геоэкология. 1993. № 5. С. 37-65.
2. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. М.: Ленанд. 2014. 263 с.
Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 288 с.
3. Вознесенский Е.А., Коваленко В.Г., Кушнарева Е.С., Фуникова В.В. Разжижение грунтов при циклических нагрузках. М.: Изд-во МГУ, 2005. 134 с.
4. 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.
5. Жигалин А.Д., Локшин Г.П. Формирование вибрационного поля в геологической среде // Инженерная геология. 1991. № 6. С. 110-119.
6. Иванов П.Л. Разжижение и уплотнение несвязных грунтов при динамических воздействиях. М.: Стройиздат. 1978. 246 с.
7. Ишихара К. Поведение грунтов при землетрясениях. Пер с англ. / Под ред. А.Б. Фадеева, М.Б. Лисюка / СПб.: НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект». 2006. 384 с.
8. Красников Н.Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат. 1970. 239 с.
9. Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Миндель И.Г. Сейсмические свойства дисперсных пород (сейсмолитологический подход). М.: ИНЖЕКО. 1994. 195 с.
10. 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.
11. 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.
12. Маслов Н.Н. Условия устойчивости водонасыщенных песков. М.: Госэнергоиздат. 1959.
13. Методические рекомендации по применению сейсмоакустических методов для

изучения физико-механических свойств связных грунтов. ВНИИ транспортного строительства. 1976. 70 с.

14. Рауш Э. Фундаменты машин. М.: Стройиздат. 1965. 418 с.
 15. Рекомендации по комплексному изучению и оценке строительных свойств песчаных грунтов. М.: Стройиздат. 1984. 210 с.
 16. Рубинштейн А.Я., Кулачкин Б.И. Динамическое зондирование грунтов. М.: Недра. 1984. 92 с.
 17. Трофименков Ю.Г. Статическое зондирование грунтов в строительстве (зарубежный опыт). М.: ВНИИИТПИ. 1995. 127 с.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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.
 21. 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.
 22. Castro G., Keller T.O., Boynton S.S. Reevaluation of the Lower San Fernando Dam. Report №1, USACE, Waterways Experiment Station. Vicksburg, Mississippi. 1989.
 23. 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 Commission on Large Dams, Sydney. 1990.
 24. 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.
 25. Miller R.P., Troncosco J.H., Brown F.R., Jr. In situ impulse test for dynamic shear modulus of soils / Proceedings: ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Insitu Measurement of Soil Properties, Raleigh, North Carolina. 1975. P. 319 – 335.
 26. Mitchell J.K. Fundamentals of soil behavior (2nd ed.). John Wiley & Sons. New York. 1993. 438 pp.
 27. Robertson P.K., Fear C.E. Liquefaction of sands and its evaluation. IS TOKYO'95, 1st Int. Conf. On Earthquake Geotechnical Engineering. 1995.
 28. 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.
 29. 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.
 30. Vaid Y.P., Sivathayalan S. Fundamental factors affecting liquefaction susceptibility of sands. Canadian Geotechnical Journal. 2000. Vol. 37. No.3. P.592-606.
 31. 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 литература;
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 // *Геоэкология*. 1996. № 1. С. 62-78.
5. Вознесенский Е.А., Калачев В.Я., Трофимов В.Т., Коваленко В.Г. Кваситиксотропные 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: 12th International Conference on Soils Mechanics and Foundation Engineering. Rio de Janeiro. 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. 3rd 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.

Д) **Материально-техническое обеспечение:** помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 20-25 учащихся; оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет; иные материалы – при выполнении практических работ студенты обеспечиваются необходимой учебной и научно-технической литературой. При чтении лекций используются современные презентационные технологии.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Вознесенский Е.А.

11. Автор программы – Вознесенский Е.А.