

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы специалитета
по специальности
08.05.01 Строительство уникальных зданий и
сооружений,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Нелинейные задачи строительной механики

Специальность: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство подземных сооружений

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи:
Подписал:
Дата: 29.05.2023

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Изучение дисциплины предполагает знакомство с наиболее употребительными в настоящий момент численными методами анализа поведения систем, проявляющих нелинейные свойства при статическом и динамическом нагружении. Предполагается также рассмотрение вопросов устойчивости с рассмотрением физической нелинейности материала.

Знания, которые приобретают учащиеся в процессе изучения дисциплины будут востребованы при проектировании висячих и вантовых мостов, и других вантовых конструкций при разнообразных воздействиях: статическое нагружение, динамическое воздействие подвижной нагрузки, сейсмическое воздействие, воздействие ветровой нагрузки, воздействие распространяющейся волны деформаций на подземное сооружение.

Задачей изучения дисциплины является знакомство как с теоретическими положениями моделирования движения в нелинейных системах, так и с практическим использованием некоторых существующих программных комплексов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-1 - Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

методы решения нелинейных задач строительной механики применительно к случаям статического нагружения, динамического нагружения и случая анализа устойчивости равновесия.

Уметь:

уметь пользоваться существующими численными методами анализа нелинейного поведения строительных конструкций.

Владеть:

навыками практического использования нескольких программных продуктов с анализом точности получаемых результатов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр 1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	96
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	64	64

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 120 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Некоторые типичные виды нелинейных задач, практически востребованные при расчете конструкций: физически нелинейные задачи, геометрически нелинейные задачи (висячие и вантовые системы, изменяемые системы), системы с выключающимися связями (односторонний отпор грунта), нелинейность в поведении нагрузки, задачи с последовательными разрушениями), задача о подвижной нагрузке с учетом масс экипажа, волновые задачи для среды, не воспринимающей растяжение, устойчивость равновесия при моментном нагружении и др.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
2	Касательная жесткость. Касательная матрица жесткости элемента. Пример стержня с шарнирным присоединением к узлам
3	Статические методы нахождения равновесного состояния нелинейных систем. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений равновесия. Сложности численного анализа при использовании этого метода, связанные с множественностью равновесных форм. Случай расходящегося итерационного процесса вычислений. Метод последовательных догрузений.
4	Примеры численных методик для получения матрицы жесткости. Матрица жесткости пространственного растяжимого нитевого элемента произвольной пологости и степени провисания. Вычислительный алгоритм метода «типа стрельбы»
5	Динамические методы решения задач. . Классификация методов по принципу явных и неявных вычислительных схем.
6	Явная вычислительная схема интегрирования уравнений движения , использующая экстраполяцию по Адамсу Явная вычислительная схема интегрирования уравнений движения , использующая экстраполяцию по Адамсу
7	Учет физической нелинейности. Нелинейная упругость. Внутреннее трение в материале на основе использования обобщенной диаграммы Прандтля.
8	Контактные динамические задачи. Методы моделирования контактных сил в процессе интегрирования уравнений движения. Задача демонтажа отслужившего пролетного строения моста.
9	Динамический метод решения нелинейных статических задач. Решение проблемы отсутствия единственности решения.
10	Нелинейность задачи о подвижной нагрузке, связанная с учетом массы подвижного состава. Ее решение как контактной задачи Нелинейность задачи о подвижной нагрузке, связанная с учетом массы подвижного состава. Ее решение как контактной задачи
11	О неявных вычислительных схемах интегрирования уравнений движения. Их преимущества и недостатки. О неявных вычислительных схемах интегрирования уравнений движения. Их преимущества и недостатки.
12	Решение волновых задач на основе численной шаговой процедуры интегрирования уравнений движения. Решение волновых задач на основе численной шаговой процедуры интегрирования уравнений движения.
13	Волновые задачи в вантово-стержневых системах. Волновые задачи в вантово-стержневых системах.
14	Волновые задачи в сплошной среде, содержащей нерегулярные включения в виде деформируемых элементов и концентраторов. Волновые задачи в сплошной среде, содержащей нерегулярные включения в виде деформируемых элементов и концентраторов.
15	Нелинейные задачи о движении изменяемых систем и механизмов . Нелинейные задачи о движении изменяемых систем и механизмов .
16	Устойчивость равновесия при моментном нагружении и физической нелинейности. Устойчивость равновесия при моментном нагружении и физической нелинейности.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Решение демонстрационных примеров для разнообразных нелинейных динамических задач с использованием компьютерных программ Решение демонстрационных примеров для разнообразных нелинейных динамических задач с использованием компьютерных программ
2	Решение нелинейных задач с одной степенью свободы ручными методами. Решение нелинейных задач с одной степенью свободы ручными методами.
3	Построение касательной матрицы жесткости для стержневого элемента в условиях больших перемещений Построение касательной матрицы жесткости для стержневого элемента в условиях больших перемещений
4	Примеры решения статических нелинейных задач с использованием метода Ньютона. Примеры решения статических нелинейных задач с использованием метода Ньютона.
5	Демонстрация множественности равновесных форм при одном уровне нагрузки. Демонстрация множественности равновесных форм при одном уровне нагрузки.
6	Вычислительные процедуры получения касательной матрицы жесткости для сложных элементов Вычислительные процедуры получения касательной матрицы жесткости для сложных элементов
7	Задачи на метод последовательных догрузений. Задачи на метод последовательных догрузений.
8	Решение нелинейных статических задач с использованием программы NASTRAN Решение нелинейных статических задач с использованием программы NASTRAN
9	Решение нелинейных задач с использованием компьютерной программы, разработанной на кафедре Решение нелинейных задач с использованием компьютерной программы, разработанной на кафедре
10	Явная вычислительная схема интегрирования уравнений движения , использующая экстраполяцию по Адамсу. Явная вычислительная схема интегрирования уравнений движения , использующая экстраполяцию по Адамсу.
11	Задачи с учетом физической нелинейности Нелинейная упругость. Внутреннее трение в материале на основе использования обобщенной диаграммы Прандтля. Нелинейная упругость. Внутреннее трение в материале на основе использования обобщенной диаграммы Прандтля.
12	Динамический метод решения нелинейных статических задач. Решение проблемы отсутствия единственности решения.
13	Самостоятельное решение задач с индивидуальными схемами на компьютере Самостоятельное решение задач с индивидуальными схемами на компьютере
14	Самостоятельное решение задач с индивидуальными схемами на компьютере. Продолжение. Самостоятельное решение задач с индивидуальными схемами на компьютере. Продолжение.
15	Задачи на демонстрацию влияния нелинейности на искомые факторы. Задачи на демонстрацию влияния нелинейности на искомые факторы.
16	Задачи на учет контактного взаимодействия элементов расчетной схемы. Задачи на учет контактного взаимодействия элементов расчетной схемы.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
17	Решение задач на устойчивость для индивидуальных расчетных схем с использованием программы NASTRAN Решение задач на устойчивость для индивидуальных расчетных схем с использованием программы NASTRAN
18	Решение задач на устойчивость для индивидуальных расчетных схем с использованием программы NASTRAN/ Продолжение. Решение задач на устойчивость для индивидуальных расчетных схем с использованием программы NASTRAN/ Продолжение.
19	Задачи на подвижную нагрузку с учетом массы подвижного состава. Задачи на подвижную нагрузку с учетом массы подвижного состава.
20	Нелинейная задача устойчивости при моментном нагружении Нелинейная задача устойчивости при моментном нагружении
21	Нелинейная задача устойчивости при моментном нагружении. Экспериментальная проверка численного решения с использованием лабораторной установки.
22	Решение задачи с частичным разрушением. Решение задачи с частичным разрушением.
23	Расчет на воздействие торнадо. Расчет на воздействие торнадо.
24	Нелинейные волновые задачи в вантово-стержневых системах. Нелинейные волновые задачи в вантово-стержневых системах.
25	Нелинейная модель внутреннего трения, использующая обобщенную диаграмму Прандтля. Нелинейная модель внутреннего трения, использующая обобщенную диаграмму Прандтля.
26	Нелинейные волновые задачи. Решение задач с индивидуальными расчетными схемами.
27	Нелинейные волновые задачи. Решение задач с индивидуальными расчетными схемами. Продолжение
28	Задачи на устойчивость равновесия для физически нелинейных систем. Задачи на устойчивость равновесия для физически нелинейных систем.
29	Динамические задачи для сред с различными материалами Динамические задачи для сред с различными материалами
30	Самостоятельная работа на компьютере. Самостоятельная работа на компьютере.
31	Самостоятельная работа на компьютере. Продолжение Самостоятельная работа на компьютере. Продолжение
32	Задачи на ударное воздействие. Задачи на ударное воздействие.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к промежуточной аттестации
2	Подготовка к текущим контролям
3	Подготовка к практическим занятиям.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
4	Работа с лекционным материалом.
5	Работа с литературой.
6	Подготовка к промежуточной аттестации.
7	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Строительная механика. Статика упругих систем. Книга 1. Потапов В.Д., Александров А.В., Косицын С.Б., Долотказин Д.Б. Высшая школа, 2007. 512 с. ISBN 978-5-06-004891-9 (кн-1), 2007	НТБ-РУТ-МИИТ
2	Строительная механика. Динамика и устойчивость упругих систем. Книга 2., Александров А.В., Потапов В.Д. Зылев В.Б. Высшая школа, 2008. 384 с. ISBN 978-5-06-004891-9 (кн-2), 2008	НТБ-РУТ-МИИТ
3	Соппротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности. Александров А.В., Потапов В.Д. М.: Высшая школа, 2002. 399 с. ISBN 5-06-004280-4., 2002	НТБ-РУТ-МИИТ
4	Вычислительные методы в нелинейной механике конструкций. Зылев В.Б. М.: НИЦ *Инженер*, 1999. 144 с.: , 1999	НТБ-РУТ-МИИТ
5	Статический расчет нелинейных ните-стержневых систем. Методические указания к выполнению индивидуальных домашних заданий по дисциплине «Динамика и устойчивость сооружений». Зылев В.Б., Штейн А.В. Типография МИИТ, 1989, 36 с., 1989	НТБ-РУТ-МИИТ
6	Статический расчет нелинейных ните-стержневых систем. Методические указания к выполнению индивидуальных домашних заданий по дисциплине «Динамика и устойчивость сооружений» Зылев В.Б., Штейн А.В. Типография МИИТ, 1989, 36 с., 1989	НТБ-РУТ-МИИТ
7	Расчет упругой системы на динамические воздействия. Учебно-методическое пособие к выполнению домашнего задания по дисциплине «Строительная механика», «Динамика и устойчивость сооружений». В.Б. Зылев, А.В. Штейн, П.В. Павленко. М.: Типография МИИТ, 2020, 32 с., 2020	НТБ-РУТ-МИИТ

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miiit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.

<http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.

Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.

Облачные хранилища информации: Яндекс диск <https://disk.yandex.ru>, облако mail.ru, dropbox.com или другие.

Далее даются ссылки на цикл лекций и практических занятий проф. Зылева В.Б. на канале ЮТУБ. Не все, но многие лекции и занятия этого цикла имеют непосредственное отношение и могут быть эффективно использованы при изучении модуля «Нелинейные задачи строительной механики».

ЛЕКЦИИ ЗАНЯТИЯ

1. <https://youtu.be/xfWH6e3ZAzw>

Основные виды динамических нагрузок и воздействий (гармоническая, ветер, торнадо, подвижная нагрузка, удар, сеймика). Количество динамических степеней свободы. Свободные колебания системы с одной степенью свободы. <https://youtu.be/fm0t3tWxdII>

улучшенный вариант занятия №1 (улучшен демонстрационный эксперимент). Демонстрация модели. Система с одной степенью свободы (балка). Система с одной степенью свободы (ферма).

2 <https://youtu.be/EOXzWНау-F4>

ЛЕКЦ 2 ЧАСТЬ 1 Теория свободных колебаний системы с несколькими степенями свободы

https://youtu.be/uMzpj_kTF-g

ЛЕКЦ 2 ЧАСТЬ 2 Пример определения частот и форм собственных колебаний для системы с двумя степенями свободы. <https://youtu.be/IuAwRg1DhXk>

Определение частоты для системы с одной степенью свободы. Статически определимая схема. Статически неопределимая схема.

3 <https://youtu.be/FRs99iJJ32k> Доказательство свойства ортогональности форм собственных колебаний. Пример. Дискретная система. Континуальная система. Системы с кратными частотами. <https://youtu.be/SRYsPOk0LPY>

Два примера определения частот и форм собственных колебаний для системы с двумя степенями свободы (ферма, симметричная система)

4 <https://youtu.be/VqjYmC7Z3xs>

Определение движения системы по начальным условиям. Пример получения движения системы при заданных начальных смещениях.
https://youtu.be/bYisz_GDX18

Энергетический метод определения частоты. Формула Рэлея (теория). Два примера определения частоты собственных колебаний по формуле Рэлея.
5 <https://youtu.be/E2PoPrRBaQo>

Учет сил внутреннего трения в материале при колебаниях. Гипотеза Фойгта, ее положительные и отрицательные стороны. Использование обобщенной модели Прандтля для получения частотно независимого внутреннего трения. Достоинства и недостатки такого подхода.
<https://youtu.be/23jBpv7NPsU>

Пример получения упрощенной стержневой расчетной схемы с двумя степенями свободы для пластины сложного очертания и определение численного значения частот этой системы. Определение частот и форм собственных колебаний системы на основе использования метода конечных элементов.

6 <https://youtu.be/9BP04A5VdWc>

Теория вынужденных гармонических колебаний для системы с несколькими степенями свободы. <https://youtu.be/dfUuLG15wAY>

Элементарный расчет на удар. Теорема о взаимности перемещений для импульсов. Численное решение задачи удара по пластинке с распространением волн деформаций.

7 <https://youtu.be/ztWty60LP5c>

Расчет системы с несколькими степенями свободы на действие произвольной нагрузки. Метод разложения движения по формам собственным колебаний (метод обобщенных координат).

ИСПРАВЛЕНИЕ ОПЕЧАТОК в лекции 7

<https://youtu.be/Lz9HxY0MQKs> <https://youtu.be/Ti1swbto0iE>

Пример использования разложения движения по собственным формам для системы с двумя степенями свободы. Расчет на внезапное приложение нагрузки.

8 <https://youtu.be/KqpDY-5X7kI>

Расчет на сейсмическое воздействие по нормам. Спектральная теория.
https://youtu.be/6MPy-_1Y66Q

Пример расчета системы с двумя степенями свободы на сейсмическое воздействие по нормам.

9 <https://youtu.be/cOB8sncE2ic> Метод конечных элементов для определения частот и форм собственных колебаний.
<https://youtu.be/XfG8Jj1qWeQ>

Распространение волн деформаций в сплошной среде. Отражение волны сжатия от заделки и свободного торца. Определение положения эпицентра землетрясения.

10 <https://youtu.be/0qG4fOTELy4> Численные шаговые методы решения задач динамики. Подробно: явная вычислительная схема для интегрирования уравнений движения шарнирно-стержневой системы. <https://youtu.be/TRPm46sO8ck>

Примеры, решаемые с использованием явной вычислительной схемы интегрирования уравнений движения.

11 <https://youtu.be/Esb4qreTswW> Устойчивость упругих систем. Типичные виды потери устойчивости. Три вида равновесия и три метода исследования устойчивости. <https://youtu.be/SxTk7z3oyhE>

Устойчивость систем с одной степенью свободы

12 <https://youtu.be/XhIHfQ4x3YE> Пример расчета сжато-изогнутого стержня. Таблицы А.Ф. Смирнова значений реакций стержня с учетом продольного изгиба. Метод перемещений для расчета рам на устойчивость (система с одним неизвестным) <https://youtu.be/RwpfT4NR9CU>

Устойчивость системы с двумя степенями свободы. Статический метод. Энергетический метод.

13 <https://youtu.be/ZJbIQx1PZVM>

Метод перемещений для расчета рам на устойчивость. Система с несколькими неизвестными. Пример расчета. <https://youtu.be/F8R0JM0Vy0o>

Особенности приложения нагрузки при расчете рам на устойчивость.

14 <https://youtu.be/lgkfnjo3kJI>

Приближенные добавки по В В Болотину к реакциям стержня от единичных смещений. Метод конечных элементов для анализа устойчивости равновесия.

ЖЕЛАТЕЛЬНО ПРОСМАТРИВАТЬ ПОСЛЕ ЗАНЯТИЯ 14
https://youtu.be/ZHKcP_Ueo8M

Энергетический метод исследования устойчивости для стержней. Примеры решений.

ЖЕЛАТЕЛЬНО ПРОСМАТРИВАТЬ ДО ЛЕКЦИИ 14

15 <https://youtu.be/4sm1uC2tiY0>

Устойчивость пластин. Устойчивость прямоугольной шарнирно опертой пластины при одноосном сжатии. <https://youtu.be/Fxi4TWZYNOo>

Примеры решений задач устойчивости с применением метода конечных элементов. Устойчивость пластины, подкрепленной ребрами жесткости. Плоская форма изгиба полосы, эксперимент, расчет. Устойчивость плоской формы изгиба двутавровой балки при действии сосредоточенной силы.

16 https://youtu.be/H4OI6U7P_kE

Примеры численной реализации динамического метода исследования устойчивости. Задача Эйлера. Моментное и безмоментное начальное нагружение. Устойчивость преднапряженной арки при действии сосредоточенной силы (эксперимент и расчет). Устойчивость системы с учетом пластических деформаций. Вопросы к зачету по курсу «Динамика и устойчивость конструкций».

ЛЕКЦИИ:

<https://youtu.be/xfWH6e3ZAzw> -Основные виды динамических нагрузок и воздействий(гармоническая, ветер, торнадо, подвижная нагрузка, удар, сейсмика). Количество динамических степеней свободы. Свободные колебания системы с одной степенью свободы.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

В течение многих лет (более 40 лет) на кафедре используется программа для компьютера, реализующая явную схему интегрирования уравнений движения для пространственной нелинейной вантово-стержневой системы, авторы д.т.н., проф. Зылев В.Б. и к.т.н., доц. Штейн А.В.. Эта программа используется как в учебном процессе, так и в научных исследованиях кафедры.

В течение последних пяти лет создается вариант программы, реализующий явную вычислительную схему для решения плоской динамической задачи упругости и пластичности. Авторский коллектив тот же.

Оба варианта кафедральной программы написаны на основании собственного алгоритма авторов, являются их собственностью и могут быть использованы в учебном процессе сотрудниками кафедры «Строительная механика» РУТ(МИИТ) без каких-либо ограничений.

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

Для проведения лекций и практических занятий требуется аудитория, оснащенная техническими средствами. Для практических занятий дисплейный класс обязателен. Для проведения лекционных занятий

требуется аудитория, оснащенная мультимедиа аппаратурой и ПК с подключением к сети INTERNET.

Меловая доска большого размера требуется как для лекций, так и для практических занятий.

Тяжелая лаборатория "Строительная механика"

Устройство для определения водоудерживающей характеристики грунта SWC-150. Силовая

рама 580 x 310 x 310 мм

Рабочее место лаборанта (N=0,5 кВт, 1/220 в) в составе: - Табурет вращающийся газ-лифт с опорой для ног, металл/кожзам - Стол лабораторный лдсп 1500x900 мм, комплектация: полки, блок розеток на 220В(3 шт.), люминесцентные светильники, тумба подкат. По типу стол лабораторный большой 1500/900 СЛВП-М ЛАМО

Копёр маятниковый РН-450, 450 Дж. Силовая рама: 2180x840x1950мм

Универсальная высокостабильная климатическая камера тепло-влаги-холод с источником освещения КХТВ-МО, 300л. Климатическая камера: 1800x2100x900 м

Электромеханическая испытательная система с нагрузками до 10 кН для испытаний

геосинтетических материалов и других армирующих материалов HLE-10. Силовая рама:

1600x710x760 мм

Универсальная электромеханическая испытательная система HLE-250 с нагрузкой до

250 кН и системой анализа деформированного состояния VDA-3D при испытаниях об-

разцов материалов (для ж/д) и конструкций для определения деформационных ха-

рактеристик. Силовая рама: 4620x1300x1650 мм.

HLE-250

Система для испытаний грунтов на прямой/остаточный сдвиг с сервоуправлением от

персонального компьютера, нагрузка до 20 кН. Габаритные размеры системы:

1980x620x1030 мм.

SDS-100

Твердомеры (твердомер по методу Бржелля; твердомер по методу Роквелла; твер-

домер по методу Виосерса). Твердомер Бринелля габаритные размеры: 000x620x400

мм. Твердомер Вюлерса габаритные размеры: 850x600x450 мм

Твердомер Бринелля - одна розетка 220 В. 50 Гц. 1 фаза 16Д. PLT-2W

Твердомер Роквелла - одна розетка 220 В. 50 Гц. 1 фаза 14А.

Переносная цифровая система для испытаний строительных материалов, скальных

грунтов при точечном нагружении (сосредоточенной нагрузкой).

Габаритные размеры

системы. 410x480x230 мм.

Система для испытаний грунтов, образцов щебня, армированных геотекстилем и георешеткой на прямой'остаток'ый сдвиг, уплотнение, жесткость с сереоуправлением

от персонального компьютера, SDS-300 HLE-250

Система для динамических испытаний с осевой нагрузкой и кручением полых цилиндров в стабилometре с внешним куполом, диаметр образцов до 100 мм. частота до 70

Гц. HCA-150

Резонансная система для испытаний на сдвиг при кручении в условиях трехосного сжатия, образец от 25 до 75 мм в диаметре. Силовая рама 1120 x 590 x 810 мм.

TSH-10D

Независимая полностью автоматизированная система для проведения трехосных испытаний асфальтобетона по программе Supergrave в различных температурных усло-

виях. испытаний с одноосным нагружением. Силовая рама: 1430x710x1080мм.

AMPT-15

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 11 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

заведующий кафедрой, профессор,
д.н. кафедры «Строительная
механика»

В.Б. Зылёв

Согласовано:

Проректор

Т.О. Марканич

Председатель учебно-методической
комиссии

М.Ф. Гуськова