

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

24/45/1

Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения на
транспорте»

Утверждено
деканом факультета
«Транспортные сооружения и
здания»

ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рабочая программа
для студентов V курса

специальности

291100 МОСТЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ (МТ)



Москва – 2004

Программа разработана на основании примерной учебной программы данной дисциплины, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 291100 (МТ).

Составитель: канд. техн. наук, проф. Л.Ю. КУЗЬМИН

Рецензент: доц. А.Б. ЯГУБОВ

ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рабочая программа

Редактор *Е.В. Ляшкевич*
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

Тип. зак.	Изд. зак. 307	Тираж 300 экз.
Подписано в печать .04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 0,5		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПС,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2004

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является овладение студентами знаниями в области: численных методов интегрирования уравнений движения деформируемых систем, методах решения задач определения спектра частот и форм собственных колебаний и критических нагрузок, точных и приближенных методов исследования устойчивости.

Изучаемые в дисциплине вопросы ориентированы на решение основных задач железнодорожного транспорта и транспортного строительства: повышение качества сооружений, техническая реконструкция транспорта, увеличение провозной и пропускной способности, обеспечение безопасной и бесперебойной работы транспорта.

Изучение дисциплины основано на использовании современных методов строительной механики и вычислительной техники.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину, студент должен:

Знать

виды динамических воздействий, основные методы динамического расчета систем с одной и несколькими степенями свободы, методы расчета систем с бесконечным числом степеней свободы, основные методы исследования устойчивости сооружений.

Уметь

выбирать динамическую расчетную схему сооружения, рассматривая ее или как систему с конечным числом степеней свободы, либо как систему с бесконечным числом степеней свободы, определять частоты и формы собственных колебаний и определять напряжения в отдельных сечениях в зависимости от начальных условий движения, составлять дифференциальные уравнения движения системы с движущимися нагрузками, определять критические скорости движения таких нагрузок, составлять характеристические уравнения устойчивости и решать их численными методами с помощью ЭВМ. Выполнять расчеты пролетных строений и опор с использованием ЭВМ, конструировать элементы и узлы мостовых конструкций.

Иметь представление

о методах расчета сооружений на импульсивные и сейсмические нагрузки, об определении критических нагрузок для пластин.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Курс – V
Общая трудоемкость дисциплины	140	140
Аудиторные занятия:		
лекции	8	8
практические занятия	4	4
лабораторный практикум	8	8
Самостоятельная работа:	90	
контрольная работа	30	2
Зачет	1	1
Экзамен	1	1

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел дисциплины	Лекции, ч	Практические занятия, ч	Лабораторный практикум, ч
Устойчивость сооружений	4	2	4
Динамика сооружений	4	2	4

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1

УСТОЙЧИВОСТЬ СООРУЖЕНИЙ

Тема 1. Устойчивость сооружений и методы ее исследования

Основные понятия и определения. Предмет и задачи устойчивости сооружений. Признаки устойчивости равновесия консервативной системы. Методы определения критических нагрузок [1, с. 281–298; 2, с. 207–212].

Вопросы для самоконтроля

1. Какое положение равновесия упругой системы называется устойчивым?
2. В чем суть статического метода исследования?

Тема 2. Устойчивость прямолинейных стержней

Влияние способов закрепления концов стержня. Расчет составных стержней. Численный метод определения критических сил.

Устойчивость стержней переменного сечения при сложной нагрузке. Расчет стержней на продольно-поперечный изгиб [2 с. 233–268].

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается продольный изгиб от продольно-поперечного?
2. Как определяются упругие грузы?

Тема 3. Устойчивость стержневых систем

Основные положения расчета рам на устойчивость. Жесткости сжатых упругих стержней. Расчет рам на устойчивость с помощью метода перемещений. Применение метода перемещений в задачах устойчивости сложных систем [1, с. 355–380; 2, с. 281–294].

Вопросы для самоконтроля

1. В чем особенность ординат эпюр изгибающих моментов в однопролетных сжатых статически неопределимых балках при смещениях опор?
2. Чем отличается система канонических уравнений метода перемещений от системы уравнений устойчивости?

Тема 4. Приближенные методы определения критических нагрузок для стержневых систем и пластин

Энергетический метод. Устойчивость стержней переменной жесткости при переменной продольной силе. Исследование устойчивости стержневых систем энергетическим методом в форме метода конечных элементов. Двусторонние оценки для критических нагрузок. Учет следящих сил. Понятие о задачах устойчивости сжатых пластин и методах их решения. Устойчивость шарнирно опертой прямоугольной пластины [2 с. 294–313].

Вопросы для самоконтроля

1. Какие факторы принимаются за неизвестные в методе конечных элементов?
2. В чем суть метода Бубнова – Галеркина при определении критической нагрузки для сжатой пластины?

Раздел 2

ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

Тема 5. Предмет и задачи динамики сооружений

Степени свободы систем. Методы динамики сооружений. Свободные и вынужденные движения системы [1, с. 4–10].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется числом степеней свободы?
2. Что такое свободные колебания?

Тема 6. Колебания систем с одной степенью свободы

Уравнения движения и свободные колебания системы с одной степенью свободы. Реакция системы на различные виды воздействий. Формула Рэлея. Влияние сил сопротивления на свободные колебания. Гипотеза вязкого трения. Гармонические колебания. Интеграл Дюамеля. Численная реализация интеграла Дюамеля. Численные методы для решения уравнений движения. Действие гармонической силы [1, с. 10–50; 2, с. 19–69].

Вопросы для самоконтроля

1. Как определяются постоянные интегрирования?
2. Какой порядок должно иметь дифференциальное уравнение или система дифференциальных уравнений движения для того, чтобы можно было применить метод Рунге - Кутты?

Тема 7. Свободные колебания с конечным числом степеней свободы

Уравнения движения. Спектр частот и форм собственных колебаний. Ортогональность собственных форм. Определение свободных колебаний системы по начальным условиям. Обобщенные координаты и базисные функции в задаче о колебаниях системы с распределенными параметрами [1, с. 51–64, с. 101–104; 2, с. 70–98].

Вопросы для самоконтроля

1. Какое уравнение называется вековым?
2. Какому условию удовлетворяют два ортогональные вектора?

Тема 8. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы

Гармонические колебания системы с несколькими степенями свободы (без демпфирования). Действие сил, произвольно меняющихся во времени. Уравнения движения. Разложение движения по собственным формам. Вынужденные гармонические колебания (с демпфированием). Кинематическое возбуждение колебаний. Основы спектральной теории расчета сооружений на сейсмические воздействия [1, с. 67–78, с. 278–281; 2, с. 104–142].

Вопросы для самоконтроля

1. Какие параметры называются главными координатами вектора решения системы уравнений движения?
2. Как можно создать кинематическое возбуждение колебаний системы?

Тема 9. Расчет балок на подвижную нагрузку

Движение легкого груза по тяжелой балке постоянного поперечного сечения с равномерно распределенной массой. Динамические коэффициенты. Динамические линии влияния. Движение тяжелого груза по легкой балке [1, с. 183–195].

Вопросы для самоконтроля

1. В чем особенность вычисления второй производной перемещения движущейся массы по времени?
2. Как численным методом определить критическую величину скорости?

4.3. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Раздел 1	Расчет рамы на устойчивость
2	Раздел 2	Определение спектра частот и форм собственных колебаний системы с несколькими степенями свободы

4.4. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Раздел 1	Определение критической нагрузки методом конечных элементов для пилона моста.
2	Раздел 2	Исследование свободных колебаний вантового пролетного строения моста. Определение максимального изгибающего момента в консольной балке при движении тяжелого груза с постоянной скоростью

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольные работы	Задачи
1	Расчет на устойчивость четырехпанельной очерченной по квадратной параболе арки при действии равномерно распределенной нагрузки. Задание на контрольную работу и методические указания приведены в [5].
2	Вычисление усилий в сечениях вантового пролетного строения при свободных колебаниях, вызванных заданными начальными условиями. Задание на контрольную работу и методические указания приведены в [5].

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

1. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс (Динамика и устойчивость сооружений). – М.: Издательство литературы по строительству, 1969.
2. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Стройиздат, 1984.
3. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1986.
4. Бондарь Н.Г., Казей И.И., Лесохин Б.Ф., Козьмин Ю.Г. Динамика железнодорожных мостов. – М.: Транспорт, 1965.
5. Кузьмин Л.Ю. Динамика и устойчивость искусственных сооружений. Задание и методические указания на контрольные работы 1, 2 для студентов V курса специальности «Мосты и транспортные тоннели». – М.: РГОТУПС, 2004.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

1. Кузьмин Л. Ю. Программа определения собственных чисел на EXCEL.
2. Кузьмин Л. Ю. Программа решения дифференциального уравнения второго порядка методом Рунге-Кутты.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерный класс.