

МПС РОССИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

24/35/1

Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»

Утверждено
деканом факультета
«Транспортные сооружения
и здания»

МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАБОТЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рабочая программа
и задание на контрольную и курсовую работы
для студентов IV курса

специальности
291100. МОСТЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ (МТ)



Москва – 2003

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель преподавания дисциплины

В учебном плане подготовки инженеров по специальности «Мосты и транспортные тоннели» дисциплина «Моделирование работы несущих конструкций транспортных сооружений» является специальной. В ней изучаются основные принципы составления расчетных схем реальных технических проблем, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации искусственных сооружений.

Цель преподавания дисциплины – изучение и практическое освоение студентами основных приемов моделирования работы реальных объектов, позволяющих из большого числа параметров, влияющих на напряженно-деформированное состояние выделить основные и создать расчетную схему, которую можно было бы рассчитать по выбранному алгоритму и с помощью имеющихся в наличии средств.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Изучив дисциплину, студент должен:

1.2.1. Знать:

- параметры, определяющие напряженно-деформированное состояние стержневых систем;
- параметры, определяющие напряженно-деформированное состояние пластин;
- основные методы расчета комбинированных (стержневых и пластинчатых) упругих систем на статические нагрузки;
- основные методы расчета комбинированных (стержневых и пластинчатых) упругих систем на динамические нагрузки;

Составлена в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 291100.

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

Рецензент: доктор техн. наук, доцент Мкртычев О.В.

Курс — IV

Всего часов – 100

Лекционные занятия – 8 ч.

Лабораторные занятия – 8 ч.

Контрольная работа – 1(количество)

Курсовая работа — 1 (количество)

Самостоятельная работа – 39 ч.

Экзамен – 1(количество)

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2003

- основные методы расчета комбинированных (стержневых и пластинчатых) упругих систем на устойчивость;
- принципы моделирования работы континуальных систем с помощью стержневой аппроксимации;
- основные принципы расчета континуальных систем с помощью конечно элементных моделей.

1.2.2. Уметь:

- выбирать необходимую для решения технической задачи расчетную схему, позволяющую получить наиболее полную информацию, используя алгоритм расчета, доступный для имеющихся в наличии средств вычислительной техники;
- самостоятельно работать с документацией информационных технологий;
- рассчитать пространственную комбинированную систему на действие подвижной нагрузки.

1.2.3. Иметь представление:

- о месте дисциплины «Моделирование работы несущих конструкций транспортных сооружений» среди других учебных дисциплин специальности, ее взаимосвязи с ними;
- об основных этапах алгоритма метода конечных элементов;
- о методах оптимизации проектных решений.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Введение

Понятие моделирования конструкций. Расчетная схема. Классификация расчетных схем. Основные условия формирования расчетных схем на различных стадиях расчета.

Моделирование краевых условий. Моделирование реальных нагрузок.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое расчетная схема?
2. Как расчетная модель соотносится с реальной конструкцией?

2.2. Моделирование как способ снижения размерности технической проблемы

Моделирование работы сквозных пролетных строений в статически неопределимых системах искусственных сооружений стержневыми элементами со сплошными сечениями. Принципы выбора геометрических характеристик сечений стержневых элементов модели. Способы пересчета от внутренних усилий в сечениях модели к усилиям в стержнях сквозного пролетного строения.

Моделирование работы частей упругой конструкции стержневой системой со специально подобранными параметрами.

Моделирование работы упругого основания набором стержней. Принципы назначения геометрических характеристик стержней модели. Моделирование контакта упругой обделки тоннеля с грунтом упругими односторонне работающими связями.

Моделирование работы пластины, нагруженной в своей плоскости, стержневой перекрестной системой. Принципы назначения геометрических характеристик поперечных сечений стержней модели.

Моделирование изгиба пластин системой перекрестных изгибаемых балок.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях целесообразно моделирование сквозного пролетного строения стержневой системой со сплошным поперечным сечением?
2. Как моделируется упругий отпор грунта?

2.3. Программные модули расчета стержневых систем

Метод сил в матричной форме. Алгоритм Аргираса. Применение программы SETAPR.

Метод перемещений в матричной форме.

Применение алгоритма Аргироза для расчета стержневых систем, работающих на изгиб и кручение.

Метод конечных элементов для расчета плоских стержневых систем. Программа СОМРМЕН проф. Н.Н. Шапошникова.

Вопросы для самоконтроля

1. *Какие действия предшествуют расчету стержневой системы в матричной форме?*
2. *Какие неизвестные принимаются при расчете стержневой системы методом конечного элемента?*

2.4. Метод конечных элементов для континуальных систем

Метод конечных элементов как способ моделирования континуальной системы системой с конечным числом степеней свободы.

Матричный алгоритм метода.

Метод конечных элементов для моделирования работы пластины, нагруженной в своей плоскости. Применение треугольных конечных элементов. Применение прямоугольных конечных элементов.

Метод конечных элементов для моделирования работы изгибаемых пластин. Применение прямоугольных конечных элементов.

Вопросы для самоконтроля

1. *Какие неизвестные являются основными для треугольных конечных элементов при расчете пластин, нагруженных в своей плоскости?*
2. *Как формируется матрица жесткости системы?*

2.5. Программный комплекс Лира-Windows

Основные части ПК «ЛИРА-Windows».

ЛИР-ВИЗОР — графическая среда пользователя. Синтез

расчетной схемы и анализ результатов расчета в удобном для пользователя виде. Использование изополей и изолиний параметров напряженно-деформационного состояния.

Система документирования на основе которой пользователь может на экране формировать выбранные им формы таблиц, создавать любой вид текстовой и графической информации, формировать чертежи со всей необходимой атрибутикой (штампы, надписи, примечания) и получить твердые копии на любых типах выводящих устройств.

ВХОДНОЙ ЯЗЫК — задание исходных данных в текстовом режиме. Применение графического визуализатора ПК «ЛИРА-Windows» в случае тупиковой ситуации, когда средства **ЛИР-ВИЗОРА** оказываются недостаточными, чтобы смоделировать то или иное свойство рассчитываемого объекта.

ЛИР-ЛИН — линейный процессор.

Расчетные функции: составление и решение системы линейных уравнений, определение усилий и напряжений, определение расчетных сочетаний усилий и расчетных сочетаний нагрузжений. Оперативные протоколы.

ЛИР-СТЕП — нелинейный процессор. Расчет физически и геометрически нелинейных систем на основе шагового метода. Оперативная текстовая, цифровая и графическая информация о нарастании перемещений, появлении трещин, образовании пластических шарниров и т.п.

ЛИР-АРМ — постпроцессор конструктора железобетонных конструкций.

ЛИР-СТК — постпроцессор конструктора стальных конструкций.

ЛИТЕРА — определение эквивалентных напряжений по различным теориям прочности. Теории прочности Мора, Губера-Генки-Мизеса, Ягна-Бужинского, Друккера-Прагера и др. Анализ результатов выданных в табличной форме или в виде изолиний и изополей.

УСТОЙЧИВОСТЬ — определение коэффициентов устойчивости сооружения.

ФУНДАМЕНТ — сбор нагрузок на обрезы фундаментов.

СЕЧЕНИЕ — определение геометрических характеристик для сечений различного профиля.

Вопросы для самоконтроля

1. *Что такое теории прочности?*
2. *Как используются понятия «изополе» и «изолиния» при анализе результатов расчета?*

2.6. Программный комплекс MSC. Nastran

Расчет напряженно-деформированного состояния при статическом нагружении. Моделирование различных типов материалов. Определение собственных частот и форм колебаний. Анализ устойчивости упругих систем.

Оптимизация конструкции с неограниченными изменениями ее геометрической формы при минимизации веса. Технология суперэлементов.

Вопросы для самоконтроля

1. *Перечислите основные модели типов материалов.*
2. *Алгоритм определения собственных форм и частот колебаний.*

3. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Освоение методов подготовки данных для статического расчета пространственной системы с помощью программного комплекса **Лира-Windows – 4ч.**

2. Освоение способов выдачи результатов расчетов сооружений с помощью программного комплекса **Лира-Windows – 4ч.**

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Моделирование работы фасонного листа узла фермы методом конечных элементов.

5. КУРСОВАЯ РАБОТА

Построение поверхности влияния напряжений в плите и в поясах балок жесткости плитно-балочного пролетного строения.

6. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Перечень рекомендуемой литературы

1. Ржаницын А.Р. Строительная механика: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1982.
2. Зенкевич О.К., Ченг Ю.К. Метод конечного элемента в задачах строительной и непрерывной механики. — М.: 1971.
3. Городецкий А.С., Заварицкий В.И., Рассказов А.О., Лантух-Лященко А.И. Метод конечного элемента в проектировании транспортных сооружений. — М.: Транспорт, 1981.

6.2. Компьютерные программы

1. Лира-Windows – программный комплекс для проектирования строительных конструкций (НИИАСС, Киев).
2. MSC. Nastran – программный комплекс компании MSC. Software.
3. INTAB 12 – программа расчета плоских стержневых систем методом конечных элементов (Шапошников Н.Н.).
4. SETAPR – программа, реализующая алгоритм Аргирова (Кузьмин Л.Ю.).

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Построение поверхности влияния напряжений в плите и в поясах балок жесткости плитно-балочного пролетного строения.

Для балочного пролетного строения с поперечным сечением, показанным на рис. 1, требуется:

1. По предпоследней цифре шифра из табл. № 1 выбрать параметры поперечного сечения в мм.
2. По последней цифре шифра выбрать величину пролета балки L в м.
3. С помощью графической среды пользователя **ЛИР-ВИЗОР**

ЛИР-ВИЗОР

ПК «ЛИРА-Windows» составить конечно-элементную модель пролетного строения.

4. Последовательно устанавливая вертикальную единичную силу в узловых точках горизонтальной плоскости проезжей части, для каждого положения силы определить напряжения в окрестности двух точек, указанных преподавателем.

5. По результатам расчетов, проведенных в п.4, построить две поверхности влияния эквивалентных напряжений в районах указанных точек.

Таблица 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	По предпоследней цифре шифра									
a	300	260	280	320	310	270	330	340	315	325
b	1200	1240	1100	1300	1280	1320	1260	1240	1220	1300
c	200	210	220	230	240	210	220	230	250	260
h	1500	1450	1470	1490	1600	1620	1550	1640	1560	1580
δ_1	30	26	28	32	31	27	33	34	32	32
δ_2	40	34	38	36	42	38	34	36	38	42
δ_3	14	16	12	14	16	12	14	16	14	16
δ_4	50	48	40	38	42	44	46	48	50	52
	По последней цифре шифра									
L м	15	14	14	16	16	17	18	20	21	22

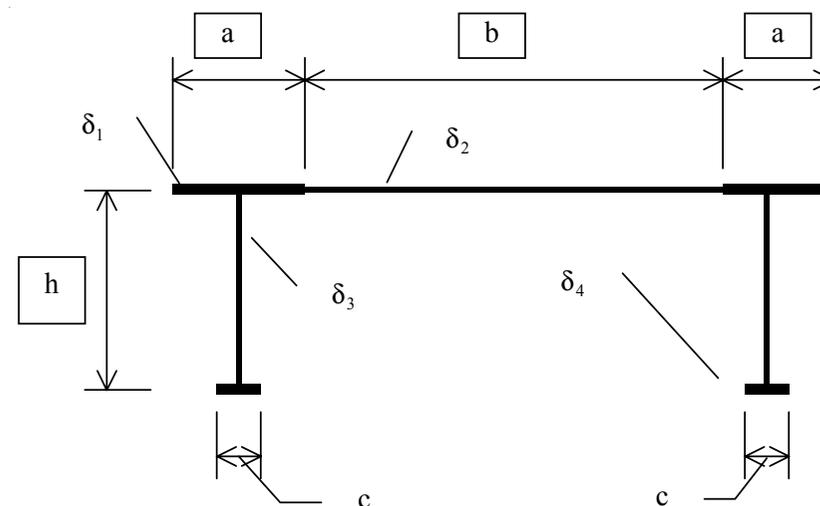


Рис. 1

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Моделирование работы фасонного листа узла фермы методом конечных элементов.

1. Для схемы узла, показанного на рис. 2 выбрать из табл. 2 параметры фасонного листа узла у шарнирно-подвижной опоры сквозного пролетного строения.

2. Определить силу P_3 и реакцию R из условия равновесия узла.

3. Для фасонного листа сформировать с помощью графической среды пользователя **ЛИР-ВИЗОР** ПК «ЛИРА-Windows» конечно-элементную модель.

4. Заданные силы распределить в контурных узлах модели.

5. Определить напряженно-деформированное состояние фасонного листа толщиной δ , нагруженного в своей плоскости.

Таблица 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
мм	По последней цифре шифра									
a	900	920	880	910	890	870	850	920	890	930
b	600	620	580	610	590	570	550	620	590	630
c	400	520	380	410	390	370	350	420	490	530
d	1400	1420	1380	1410	1390	1370	1350	1420	1390	1430
δ	40	44	50	48	42	52	46	48	42	40
кН	По предпоследней цифре шифра									
P_1	7,2	8,4	7,4	7,6	8	8,2	10	11	12	14
P_2	12	11	10	8	9	7	14	12	10	11

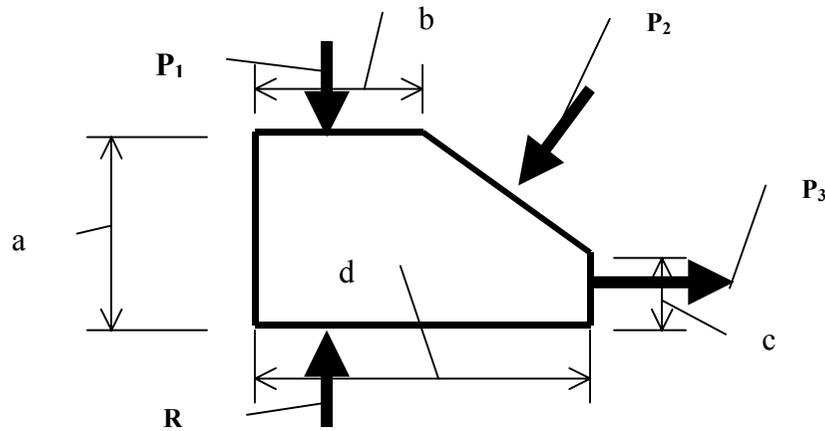


Рис. 2

Л.Ю. Кузьмин

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАБОТЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Рабочая программа
и задание на контрольную и курсовую работы**

Редактор *Е.А. Ямицкова*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

ЛР № 020307 от 28.11.91

Тип. зак.	Изд. зак. 105	Тираж 300 экз.
Подписано в печать 28.02.03	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1		Формат 60×90 ^{1/16}

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

Типография РГОТУПС, 107078, Москва, Басманный пер., 6