

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Зав. кафедрой строительной механики

 Козлов В.А.

«31» августа 2021 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Методы вычислительной математики в расчетах зданий и сооружений»

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Программа Теория и проектирование зданий и сооружений

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Разработчик



А.Н. Аверин

Процесс изучения дисциплины «Методы вычислительной математики в расчетах зданий и сооружений» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 – Владение знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования

ПК-3 - Способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты

1. Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания сформированности компетенций на этапе промежуточной аттестации

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенций	Тип ОМ	Показатели оценивания
1	ПК-1	знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	Тестовые задания, вопросы к зачету	Полнота знаний
		уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Стандартные задания	Наличие умений
		владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	Прикладные задания	Наличие навыков
2	ПК-3	знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок	Тестовые задания, опросы к зачету	Полнота знаний
		уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты, готовить задания для исполнителей	Стандартные задания	Наличие умений

		владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов	Прикладные задания	Наличие навыков
--	--	--	--------------------	-----------------

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки ¹	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству профессиональных задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных профессиональных задач.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СФОРМИРОВАННОСТЬ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПК-1 - Способен использовать методы проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования

ПК-3 - Способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты

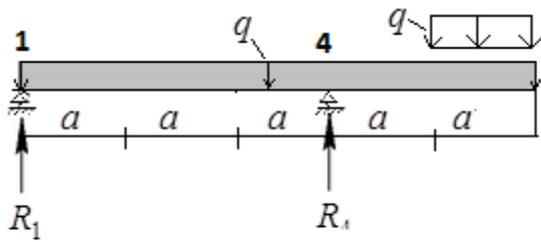
3.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1	<p>Что называется пределом пропорциональности материала?</p> <p>- Максимальное напряжение, до которого материал подчиняется закону Гука.</p>
2	<p>Что называется пределом текучести материала?</p> <p>- Напряжение, при котором материал деформируется без увеличения нагрузки.</p>
3	<p>Какие системы называются геометрически неизменяемыми ?</p> <p>- Системы, перемещения отдельных точек которых возможны только в результате деформации систем.</p>
4	<p>Какие связи называются двухсторонними?</p> <p>- Если условия, налагаемые связями на перемещения (Δ_i) и усилия (X_i) в системе, выражаются уравнениями, то такие связи называются двухсторонними.</p>
5	<p>Какие связи называются односторонними?</p> <p>- Если условия, налагаемые связями на перемещения (Δ_i) и усилия (X_i) в системе, выражаются неравенствами или совокупностью уравнений с неравенствами., то такие связи называются односторонними.</p>
6	<p>Что такое пластический шарнир ?</p> <p>- Состояние сечения, когда во всех его точках развиваются пластические деформации, называют пластическим шарниром. Появление пластического шарнира означает исчерпание несущей способности сечения стержня.</p>
7	<p>Как определяется предельный изгибающий момент в сечении балки из упругопластического материала ?</p> $M_{\text{пред}} = \sigma_T \cdot W_{\text{пл}}, \quad W_{\text{пл}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{р}},$ <p>где σ_T - предел текучести; $S_{\text{сж}}$, $S_{\text{р}}$ - статические моменты растянутой и сжатой частей сечения относительно нулевой линии.</p>
8	<p>Что такое линия влияния усилия? Что показывает ордината линии влияния ?</p> <p>- График изменения усилия в зависимости от положения единичного безразмерного груза ($P=1$).</p> <p>- Величину усилия при расположении единичного груза над данной ординатой.</p>
9	<p>Что такое смешанная линия влияния усилия ? Что показывает ордината смешанной линии влияния?</p> <p>- Смешанными линиями влияния называются кривые, выражающие закон изменения той или иной величины, возникающей в сооружении, в функции от абсциссы движущегося груза P при условии совместного действия этого груза с заданной неподвижной нагрузкой.</p> <p>- Величину усилия в сечении при действии постоянной нагрузки и временной, расположенной над этой ординатой.</p>

10	<p>Запишите точное и приближенное дифференциальное уравнение оси изогнутой балки.</p> <p>-Точное $\frac{\frac{d^2}{dx^2} V(x)}{\left[1 + \left(\frac{d}{dx} V(x)\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = -M(x)$</p> <p>-Приближенное $\frac{d^2}{dx^2} V(x) = -M(x)$</p>
----	---

3.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

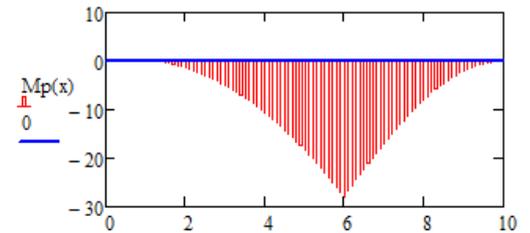
1	<p>Выполнить задания с использованием ручного счета и в системе инженерных расчетов Mathcad.</p> <p>Записать систему уравнений в матричной форме</p> $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 2 \\ 2x_1 - x_2 - 6x_3 = -1 \\ 3x_1 - 2x_2 = 8 \end{cases}$ <p>Ответ : $Ax = b$ $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & -6 \\ 3 & -2 & 0 \end{pmatrix}$ $b = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 8 \end{pmatrix}$</p>
2	<p>Вычислить ранг и определитель матрицы A</p> <p>Ответ : $\text{rank}(A) = 3$ $A = -29$</p>
3	<p>Вычислить матрицу обратную к матрице A методом Гаусса-Жордана</p> <p>Ответ : $A^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{12}{29} & \frac{2}{29} & \frac{5}{29} \\ \frac{18}{29} & \frac{3}{29} & -\frac{7}{29} \\ -\frac{1}{29} & -\frac{5}{29} & \frac{2}{29} \end{pmatrix}$</p>
4	<p>Решить систему уравнений $Ax=b$ методом обратной матрицы и методом Гаусса, сделать проверку</p> <p>Ответ : $X := A^{-1} \cdot b = \begin{pmatrix} 2.138 \\ -0.793 \\ 0.655 \end{pmatrix}$ $X := \text{lsolve}(A, b) = \begin{pmatrix} 2.138 \\ -0.793 \\ 0.655 \end{pmatrix}$ $A \cdot X = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 8 \end{pmatrix}$</p>
5	<p>Для балки, представленной на рис.5.1, построить эпюру изгибающих моментов на основе программы Mathcad.</p>



$a=2\text{м}; q=2\text{кН/м. } R_1 = \frac{4}{3} \quad R_4 = \frac{68}{3}$

Рис.5.1

Ответ $M_p(x) = \begin{cases} R_1 \cdot x - q \frac{x^2}{2} & \text{if } 0 \leq x \leq 3 \cdot a \\ R_1 \cdot x - q \frac{x^2}{2} + R_4 \cdot (x - a \cdot 3) & \text{if } a \cdot 3 \leq x \leq 4a \\ R_1 \cdot x - q \frac{x^2}{2} + R_4 \cdot (x - a \cdot 3) - q \cdot (x - 4 \cdot a) \cdot \frac{(x - 4 \cdot a)}{2} & \text{if } a \cdot 4 \leq x \leq 5a \end{cases}$



6 Выполнить расчет неразрезной балки (рис.6. 1)

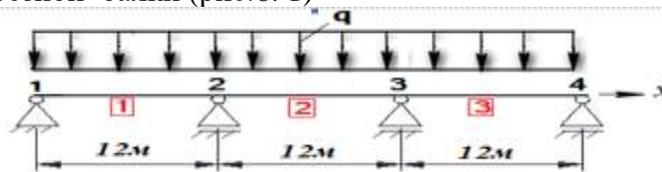
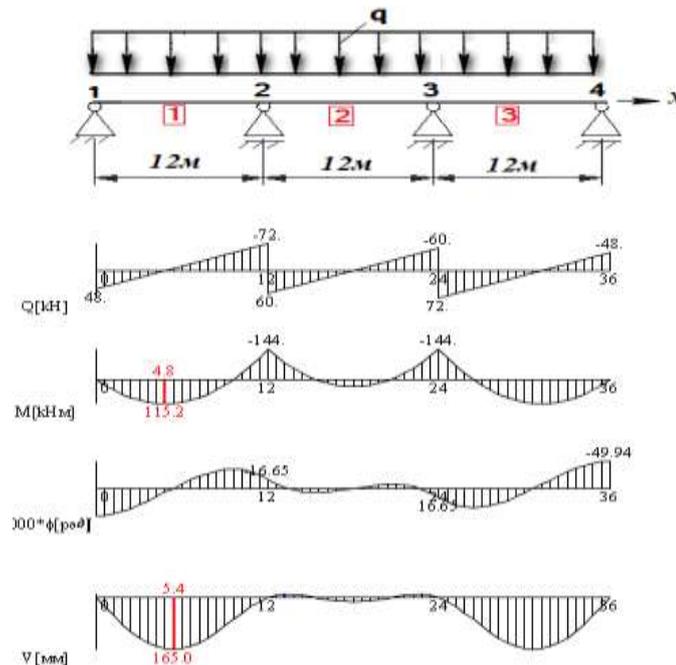


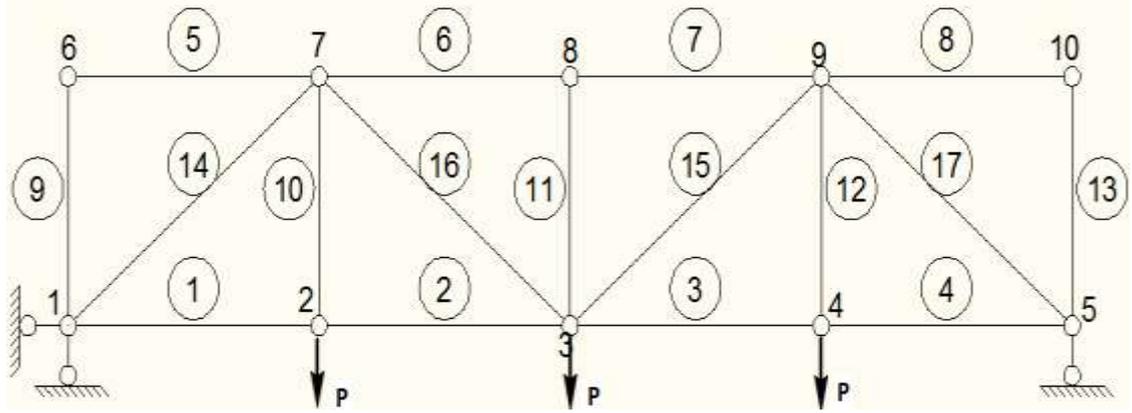
Рис.6.1

с помощью уравнений 3-х моментов и проверить результаты расчетов в ПК Лира ($q=10\text{кН/м}; EJ=6920\text{кНм}^2$)

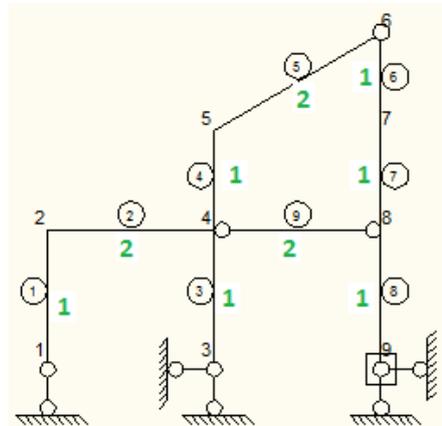
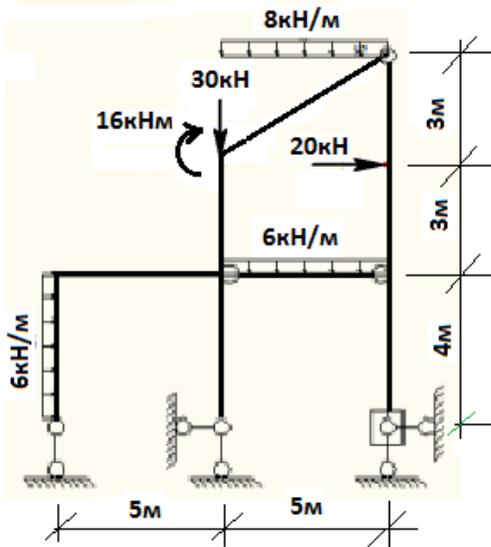
Ответ:



7 Определить усилия в стержнях фермы и проверить результаты расчетов в ПК Лира

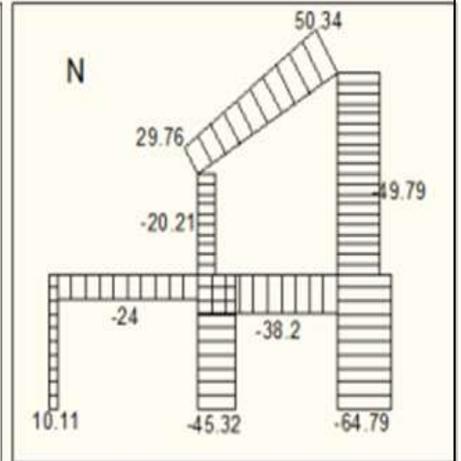
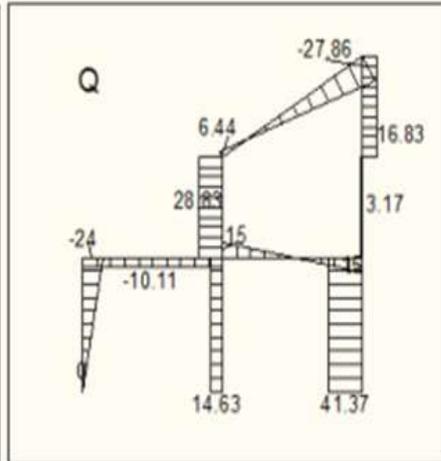
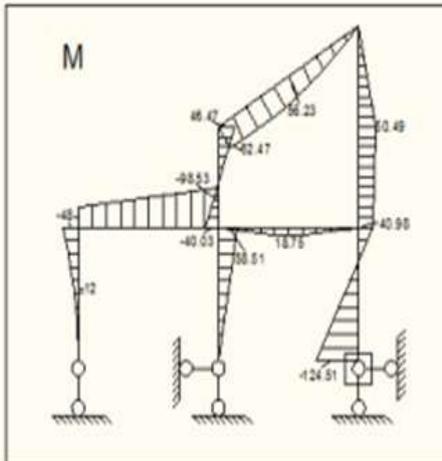


8 Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в ПКВ Лира



Модуль упругости $E=3,0E7$ кН/м²
 Тип 1 $J=1.6E(-03)$ м⁴; $A=1.2E(-01)$ м²
 Тип 2 $J=5.4E(-03)$ м⁴; $A=1.8E(-01)$ м²

Ответ:



9. **Расчет балочных систем с односторонними связями.**
 На рис.9.1а представлена неразрезная балка с пятью двухсторонними опорами, а на рис.9.1 б с пятью односторонними опорами (упорами). В системе Mathcad необходимо выполнить сравнительный расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) двух балочных систем. Расчет системы с односторонними связями выполнить методом итераций на основе метода сил.

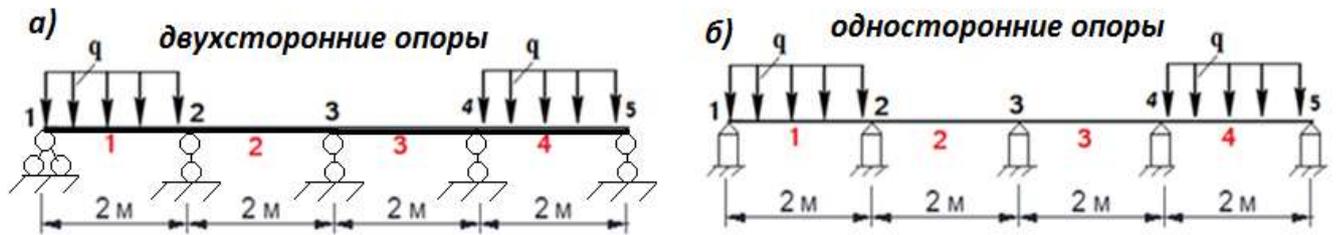
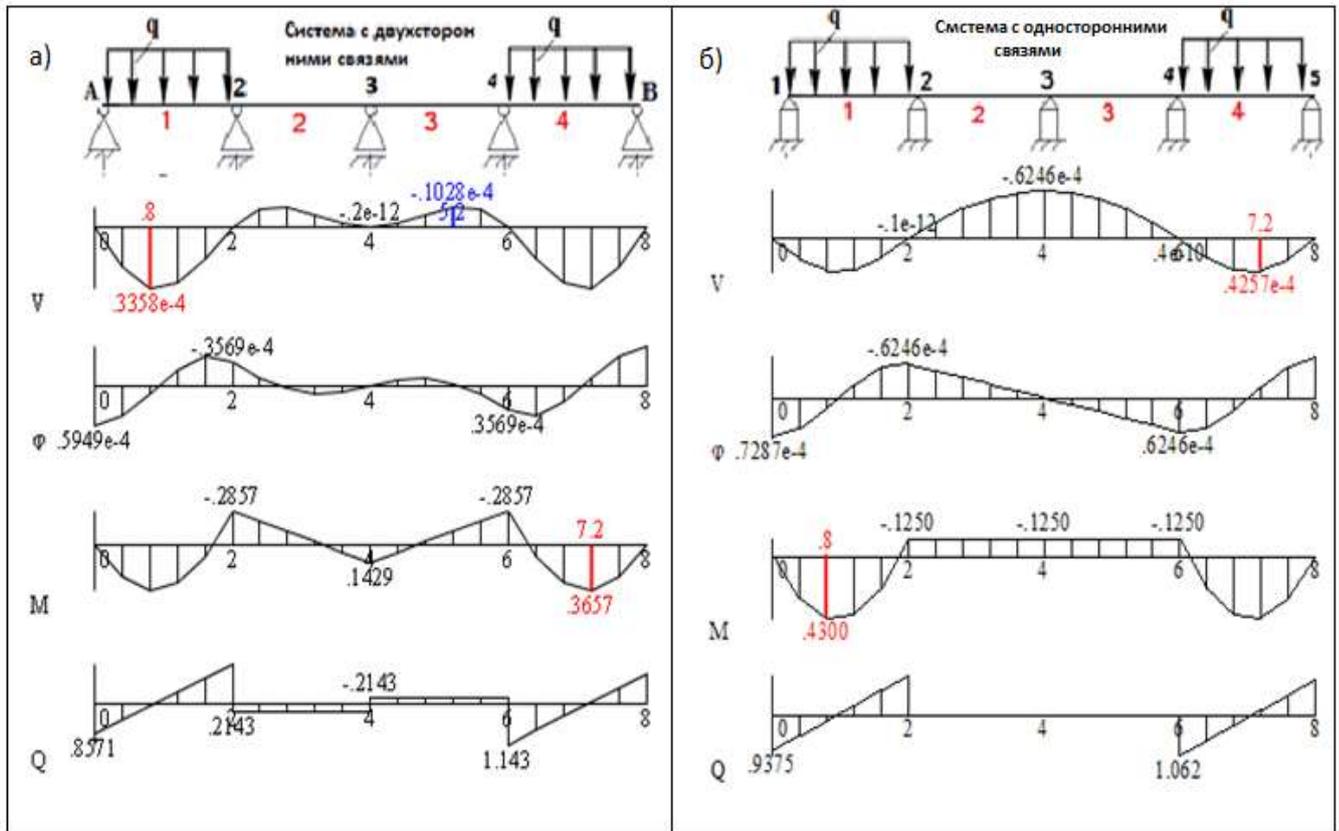


Рис.9.1

Ответ:



- 10 На рис. 10 представлена балка с односторонними шарнирами (угловые упоры). В зависимости от схемы нагрузки на балку, угловые упоры могут сближаться (взаимный угол поворота торцов сечений равен нулю), и между торцами смежных опорных сечений возникает монолитное соединение. При взаимном удалении жестких консолей (угловых упоров) в опорном сечении образуется шарнир.

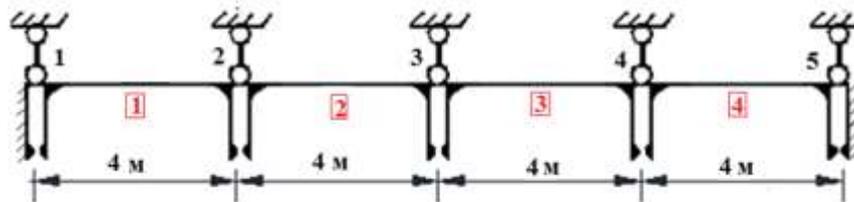
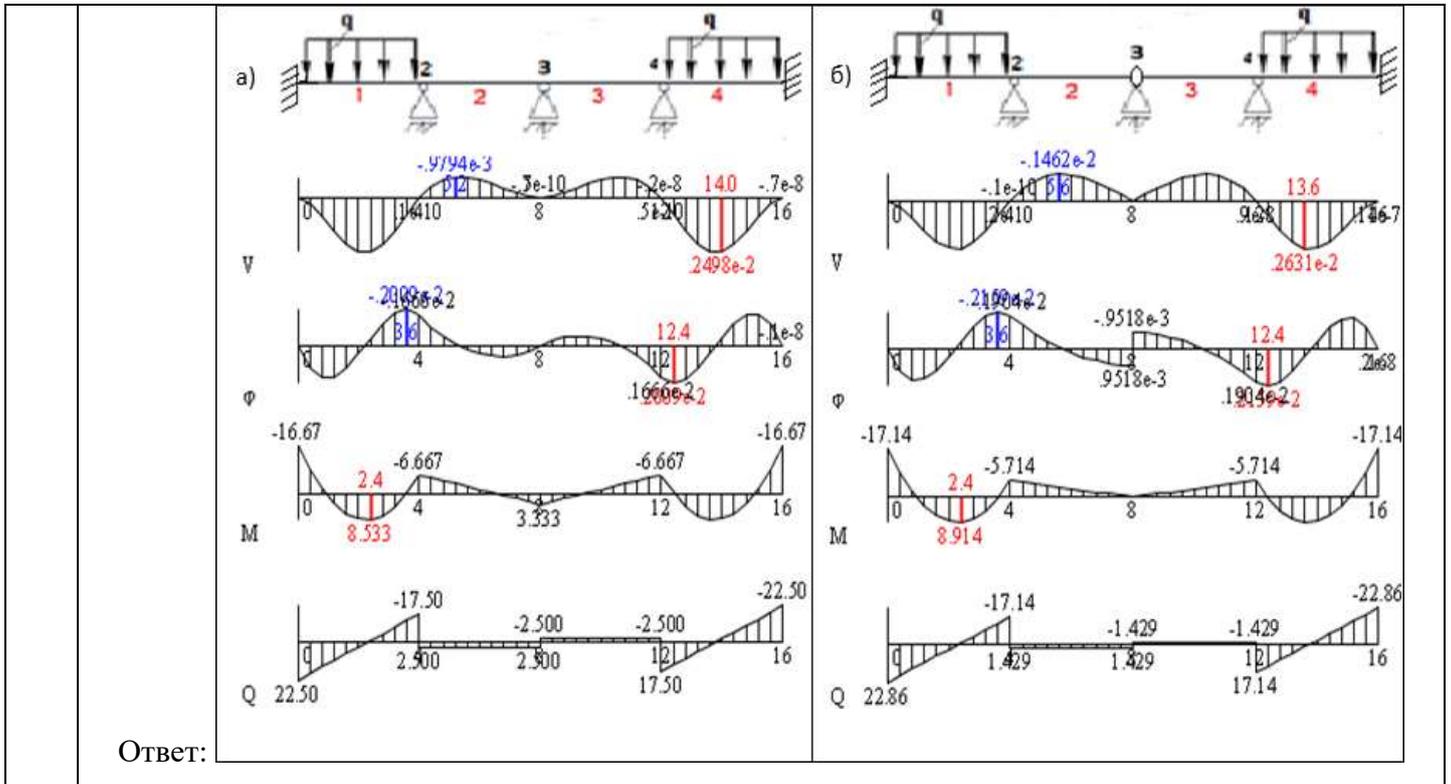


Рис.10 Балка с односторонними шарнирами

В системе Mathcad необходимо выполнить сравнительный расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) двух балочных систем (рис.4): неразрезной балки с двухсторонними связями и неразрезной балки с односторонними шарнирами. Расчет системы с односторонними связями выполнить методом итераций на основе метода перемещений.



3. 3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	<p>Функция напряжений задана формулой</p> $\varphi = -50 \cdot y^3$ <p>найти выражения для нормальных и касательных напряжений</p> <p>А. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 0$.</p> <p>Б. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 300, \tau_{xy} = 0$.</p> <p>В. $\sigma_x = 0, \sigma_y = 300x, \tau_{xy} = 300$.</p> <p>Г. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 150y^2$.</p>
2	<p>Функция напряжений задана формулой</p> $\varphi = -50 \cdot y^3$ <p>найти выражения для линейных и угловых деформаций</p> <p>А. $\varepsilon_x = -\frac{300}{E}, \varepsilon_y = \frac{300\mu y}{E}, \gamma_{xy} = 0$.</p> <p>Б. $\varepsilon_x = -\frac{300y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300\mu y}{E}, \gamma_{xy} = 0$.</p> <p>В. $\varepsilon_x = -\frac{300y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300y}{E}, \gamma_{xy} = 0$.</p> <p>Г. $\varepsilon_x = -\frac{300\mu y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300y}{E}, \gamma_{xy} = 0$.</p>
3	<p>Напряженно-деформированное состояние пластинки, показанной на рис. 3.1 представляет собой</p>

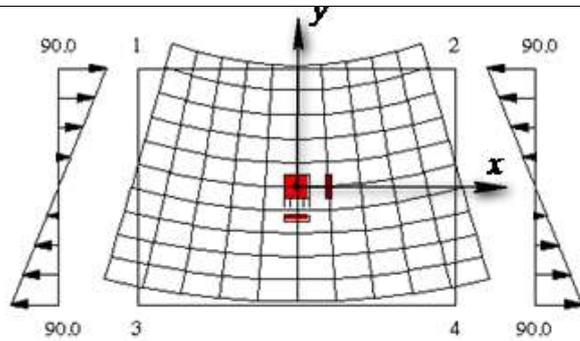


Рис.3.1

- А. чистый сдвиг
- Б. чистый изгиб
- В. чистое растяжение
- Г. растяжение-сжатие

4 Напряженно-деформированное состояние пластинки, показанной на рис. 4.1 представляет собой

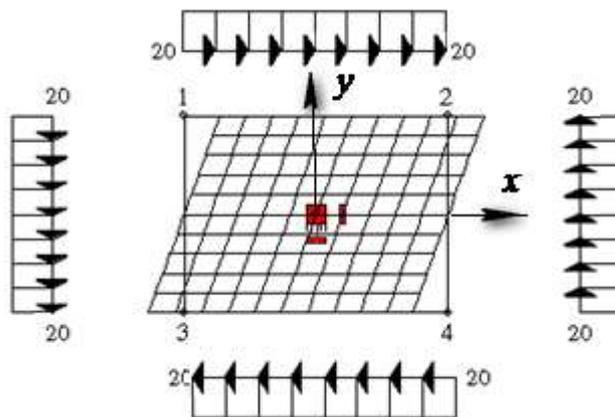


Рис.4.1

- А. чистый сдвиг
- Б. чистый изгиб
- В. чистое растяжение
- Г. Растяжение-сжатие

5 На рис. 5.1 показана балка-стенка, на рис. 5.2 показаны эпюры

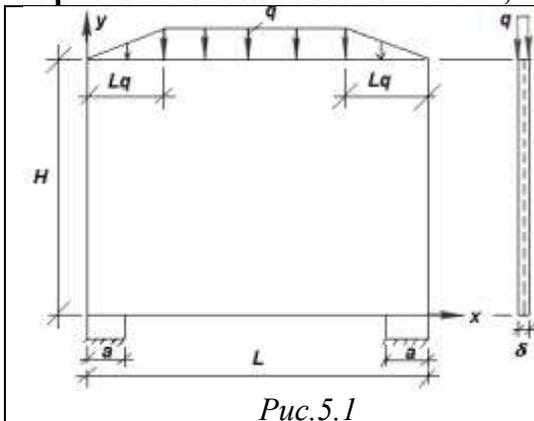


Рис.5.1

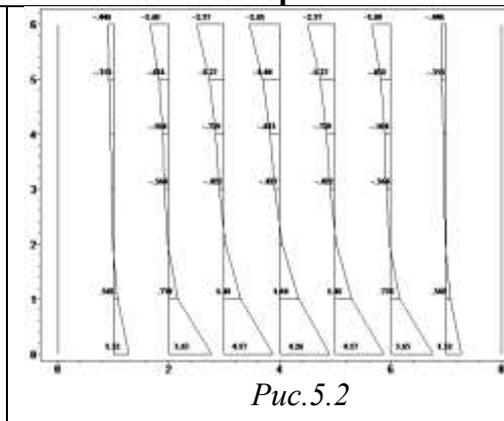


Рис.5.2

- А. нормальных напряжений σ_y
- Б. нормальных напряжений σ_x
- В. касательных напряжений τ_x
- Г. наибольших касательных напряжений τ_i

6

На рис. 5.1 показана балка-стенка, на рис. 5.2 показаны эпюры

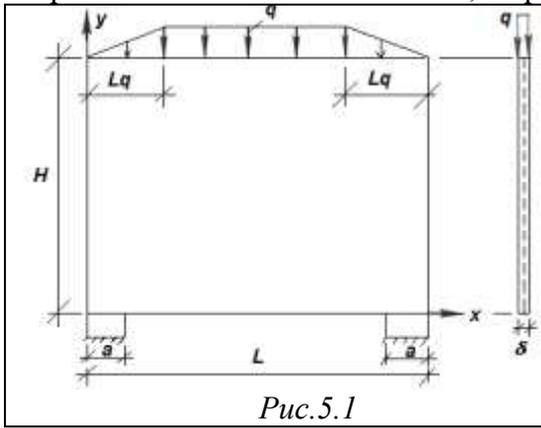


Рис.5.1

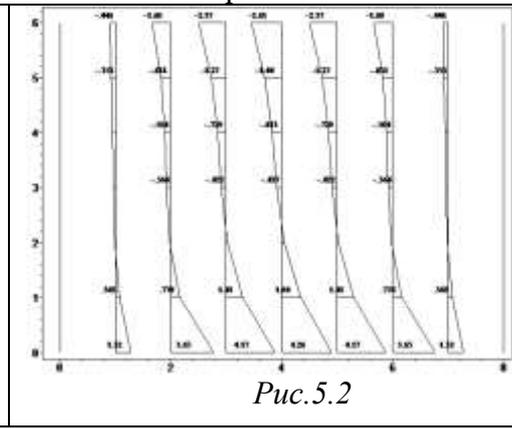


Рис.5.2

- А. нормальных напряжений σ_y
- Б. нормальных напряжений σ_x
- В. касательных напряжений τ_x
- Г. наибольших касательных напряжений τ_i

7

На рис. 7.1 показана балка-стенка, на рис. 7.2 показаны эпюры

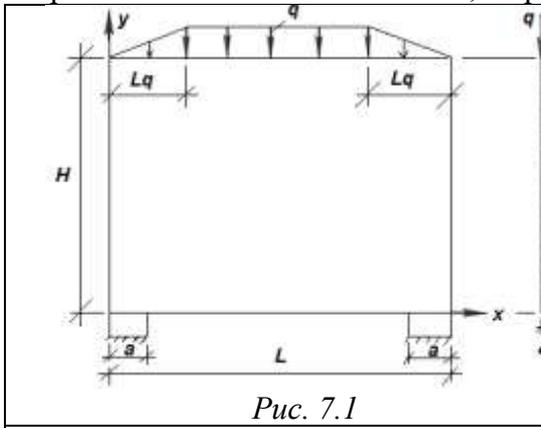


Рис. 7.1

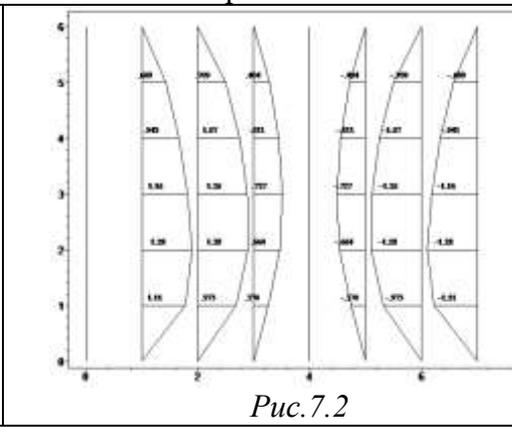


Рис.7.2

- А. нормальных напряжений σ_y
- Б. нормальных напряжений σ_x
- В. касательных напряжений τ_x
- Г. наибольших касательных напряжений τ_i

8

На рис. 8.1 показана пластина с эллиптическим жестко закрепленным контуром, а на рис. 8.2 показана

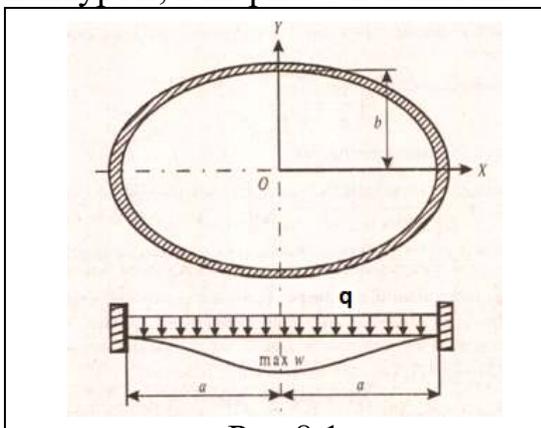


Рис.8.1

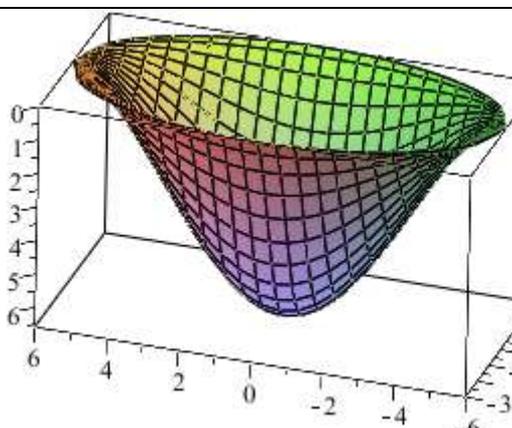


Рис.8.2

- А. поверхность изгибающих моментов M_x

- Б. поверхность крутящих моментов M_{xy}
- В. поверхность изгибающих моментов M_y
- Г. изогнутая срединная поверхность пластины W

9 На рис. 9.1 показана пластина с эллиптическим жестко закрепленным контуром, а на рис. 9.2 показана

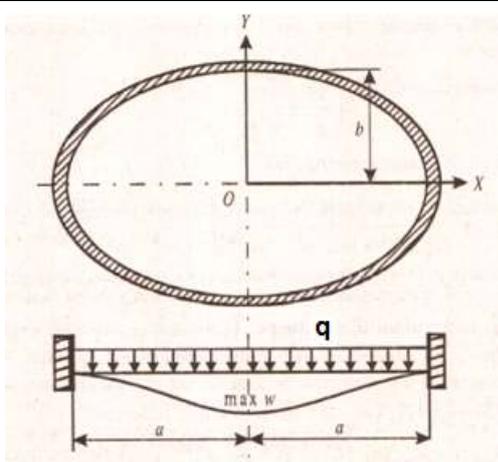


Рис. 9.1

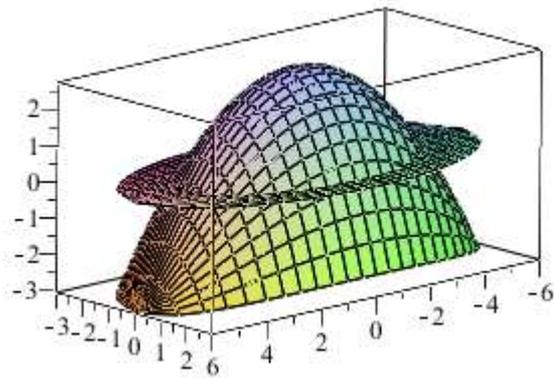


Рис.9.2

- А. поверхность изгибающих моментов M_x
- Б. поверхность крутящих моментов M_{xy}
- В. поверхность изгибающих моментов M_y
- Г. изогнутая срединная поверхность пластины W

10 На рис. 10.1 показана пластина с эллиптическим жестко закрепленным контуром, а на рис. 10.2 показана

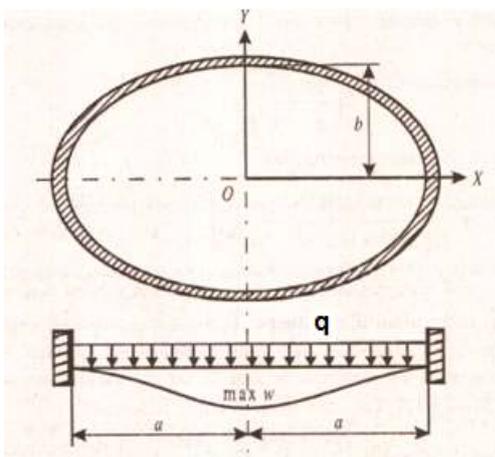


Рис. 10.1

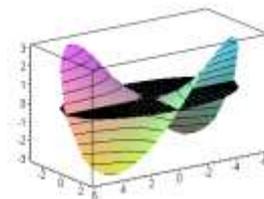


Рис. 10.2

- А. поверхность изгибающих моментов M_x
- Б. поверхность крутящих моментов M_{xy}
- В. поверхность изгибающих моментов M_y
- Г. изогнутая срединная поверхность пластины W

3.4. Вопросы к зачету

1. Система Maple, введение. Команды Maple, стандартные библиотеки команд. Объекты Maple: последовательности, списки, множества. Структура и типы объектов. Конвертирование объектов. Графика в Maple.
2. Действия над матрицами. Численное и **символьное** решение систем линейных алгебраических уравнений. Собственные числа и собственные векторы матрицы. Решение системы нелинейных алгебраических уравнений.
3. Команды дифференцирования и интегрирования прямого и отложенного исполнения. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений (краевая задача).
4. Изгиб стержня. Система дифференциальных уравнений относительно усилий и перемещений. Статические и кинематические краевые условия. Способы задания нагрузки на стержень с помощью обобщенных функций Хевисайда (Heaviside) и Дирака (Dirac). Определение реакций по концам стержня от смещения опор и действия нагрузки.
5. Построение матрицы жесткости и вектора реакций конечного элемента стержня в локальных осях. Формирование матрицы жесткости и вектора реакций стержневой системы. Формулы перехода от локальных осей к глобальным осям для матрицы жесткости и вектора реакций.
6. Введение в **Mahtcad**. Графический интерфейс. Панели инструментов. Построение арифметических выражений и их вычисления. Действия над матрицами и векторами. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Построение плоских и пространственных графических объектов. Работа с файлами данных.
7. Структура и организация файлов исходных данных метода конечных элементов для плоских стержневых систем. Программная генерация файлов для регулярных стержневых систем. Формирование матриц жесткости и векторов реакций для КЭ различных типов. Формирования разрешающих уравнений глобального ансамбля, способы их решений. Вычисление перемещений и усилий. Построение эпюр. Вычисление опорных реакций. Проверка равновесия узлов и стержней
8. Расчет прочности и жесткости балки -стенки методом конечного элемента в ПК Лира.
9. Балка-стенка, анализ сходимости и оценка порядка точности конечно-элементных решений по перемещениям и усилиям на последовательности вложенных сеток.
10. Балка-стенка, повышение точности решений балки -стенки на последовательности вложенных сеток, экстраполяция Ричардсона.
11. Расчет прочности и жесткости плиты с жестко закрепленным эллиптически контуром на действие равномерно распределенной нагрузки методом конечного элемента в ПК Лира.
12. Плита с жестко закрепленным эллиптически контуром, анализ сходимости и оценка порядка точности конечно-элементных решений плиты по перемещениям и усилиям на последовательности вложенных сеток.

13. Плита с жестко закрепленным эллиптически контуром, повышение точности решений на последовательности вложенных сеток, экстраполяция Ричардсона.
14. Расчет прочности и жесткости пологой оболочки с шарнирным опиранием по контуру на действие равномерно распределенной нагрузки методом конечного элемента в ПВК Лира.
15. Пологая оболочка, анализ сходимости и оценка порядка точности конечно-элементных решений по перемещениям и усилиям на последовательности вложенных сеток.
16. Пологая оболочка, повышение точности решений на последовательности вложенных сеток, экстраполяция Ричардсона.