

# Расчет на прочность и выбор рациональных параметров фермы/рамы крыши ангара

Производственная практика, каф. Г К-3, 2й курс,  
2022 г.



- Закрепление основ МКЭ, разработка собственной программы
- Знакомство со СНиП
- Знакомство с промышленными КЭ-программами
- Выбор оптимальных параметров конструкции, оценка экономического эффекта

## Вариант топологии конструкции

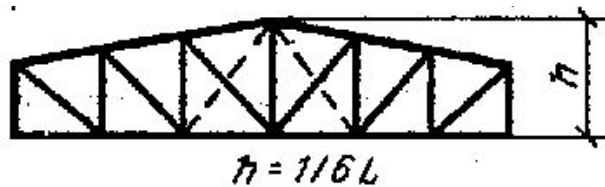
**В  
1**



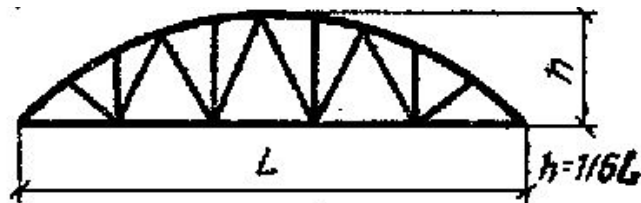
**В  
2**



**В  
3**



**В  
4**



Считать узлы в верхней части рамы лежащими на дуге окружности, узлы соединены прямыми стержнями/балками

## В рамках выполнения задания необходимо:

- 1) Разработать собственную КЭ-программу для статического линейно-упругого расчета на прочность и жесткость плоской фермы/рамы, пригодную для использования по выбору элементов типа «балка» и «стержень»;
- 2) Выполнить верификацию разработанной программы путем сопоставления с аналитическим решением и с решением в промышленной КЭ-программе
- 3) Определить нагрузки, действующие на конструкцию в соответствии с Вашим вариантом задания, используя СНиП (можно выбирать регион расположения ангара произвольно, но не южнее Москвы). В целях упрощения учесть только статические вертикальные нагрузки.
- 4) Выполнить при помощи разработанной программы расчет заданного варианта конструкции в исполнениях, определенных условием задания. Для одного из исполнений – сопоставить с результатами расчета в промышленной КЭ-программе.
- 5) Подобрать для каждого исполнения рациональные типоразмеры металлопроката заданного типа сечения (использовать до 3 типоразмеров с целью повышения эффективности использования материала)
- 6) Сопоставить массу материала конструкции для варианта, подобранного в пп.5, и для варианта,

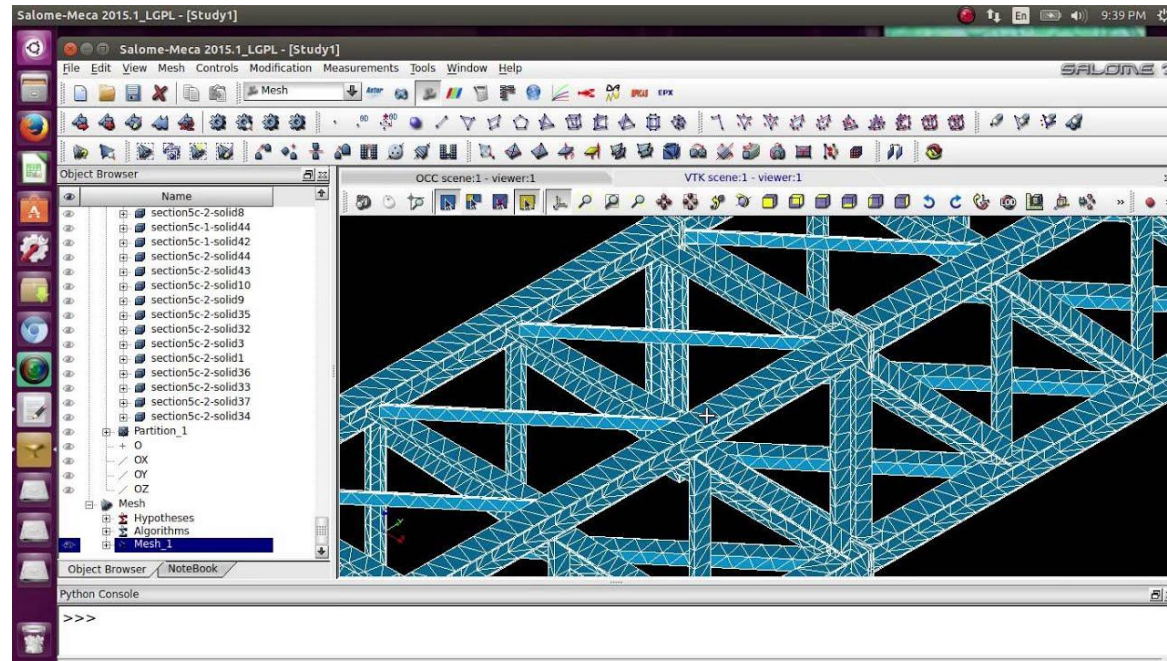
# О разработке КЭ-программы

## 1) Программа должна содержать модули:

- ввода исходных данных;
- расчета матрицы жесткости отдельного КЭ в ЛСК;
- преобразования поворота к ГСК;
- ассемблирования;
- учета кинематических граничных условий;
- приведения нагрузок к узловым обобщенным силам;
- решения СЛАУ равновесия;
- расчета максимальных напряжений (растягивающих, изгибающих, суммарных);
- аналитической оценки устойчивости сжатых стержней;
- графического вывода сетки и результатов

## 2) Программа должна обеспечивать возможность расчета и вывода (графически и в текстовый файл):

- обобщенных перемещений в узлах сетки;
- максимальных напряжений в элементах (растягивающих, изгибающих, суммарных);
- коэффициента запаса



## 3) При выборе среды разработки учитывайте:

- применение MathCAD, Wolfram Mathematica не рекомендуется (не алгоритмический подход)
- средства разработки должны содержать встроенные простые средства визуализации
- средства разработки должны содержать функции считывания/записи файлов
- средства разработки должны обеспечивать подключение библиотек линейной алгебры (в первую очередь решения СЛАУ)

Примеры рациональных вариантов – применение Matlab, Python\*

## Варианты задания

Подгруппа	Топология	Количество секций	Пролет L, м	Тип профиля, материал	Исполнение
PK5-41-1	B1	6, 8	15	Круглая труба, Ст3	1) Ферма, 2) Рама
PK5-41-2	B2	6, 8	25	Круглая труба, Ст10	
PK5-42-1	B3	6, 8	35	Круглая труба, Ст15	
PK5-42-2	B4	5, 7	45	Круглая труба, Ст20	
PK5-42-3	B1	6, 8	10	Квадратная труба, Ст3	
PK5-43-1	B2	6, 8	20	Квадратная труба, Ст10	
PK5-43-2	B3	6, 8	30	Квадратная труба, Ст15	
PK5-43-3	B4	5, 7	40	Квадратная труба, Ст20	

Шаг между фермами принять равным высоте  $h$

Принять следующие коэффициенты запаса по текучести:

- 1) для напряжений при действии только сил растяжения-сжатия: 1,5
- 2) для суммарных напряжений при действии изгибающего момента и сил растяжения-сжатия: 1,1 при условии одновременного выполнения пп.1

Принять коэффициент запаса по устойчивости 3,0