

# РАСЧЕТЫ КОНСТРУКЦИЙ В КОМПАС-3D С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКИ ARM FEM

Автор – студент 4 курса гр. М-19 *Руселик А.Н.*

Научный руководитель – ст.преподаватель *Голубев А.Н.*

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»*

## 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКЕ ARM FEM

Метод конечных элементов (МКЭ, или FEM– Finite Element Method) в настоящее время широко используется для решения различных задач механики деформируемого твердого тела, в частности, для выполнения экспресс-расчетов на прочность на этапе 3D-проектирования конструкций.

Суть метода заключается в разбиении твердотельной модели на конечное число подобластей (элементов), составлении и последующем решении системы линейных алгебраических уравнений. Большинство современных САD-систем имеет специальные инструменты, предназначенные для автоматизации подобных расчетов.

Прикладная библиотека ARM FEM предназначена для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов в системе КОМПАС-3D и визуализации результатов этих расчетов.

В состав ARM FEM входят инструменты подготовки деталей и сборок к расчёту, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной (КЭ) сетки (как с постоянным, так и с переменным шагом) и постпроцессор. Этот функциональный набор позволяет смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчётной модели при различных воздействиях с точки зрения статики, собственных частот, устойчивости и теплового нагружения.

Для создания конечно-элементного представления объекта в ARM FEM предусмотрена функция генерации КЭ-сетки, при вызове которой происходит соответствующее разбиение объекта с заданным шагом. Если созданная расчетная модель имеет сложные неравномерные геометрические переходы, то может быть проведено так называемое адаптивное разбиение. Для того, чтобы результат процесса был более качественным, генератор КЭ-сетки автоматически (с учетом заданного пользователем максимального коэффициента сгущения) варьирует величину шага разбиения.

Работа заключается в определении максимального прогиба балки в ARM FEM и сравнении полученной величины с результатом расчёта, выполненного в соответствии с классической методикой сопротивления материалов.

## 2 ВЫПОЛНЕНИЕ ПОСТРОЕНИЙ

Найдем максимальное перемещение балки в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 1. Сечение балки показано на рисунке 2.

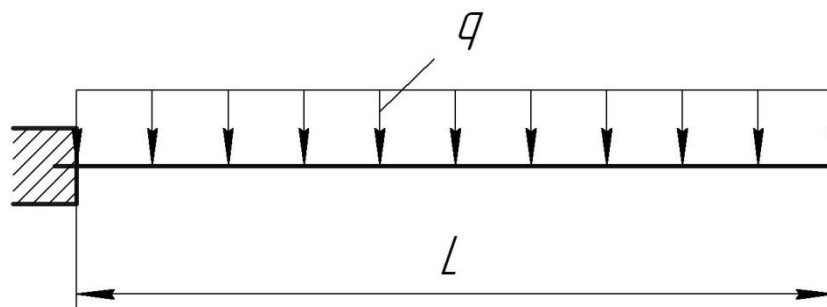


Рисунок 1 - Расчетная схема балки

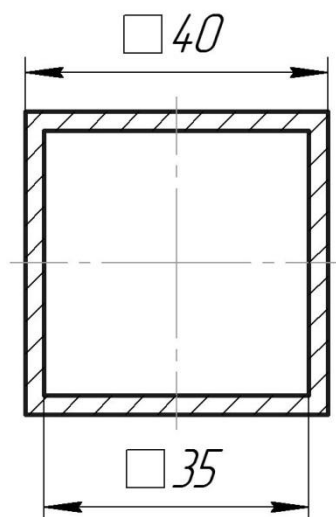


Рисунок 2 - Сечение балки

Числовые значения:  $q = 1200 \text{ Н}$  ,  $l = 400 \text{ мм}$ .

Для выполнения расчета построим в КОМПАС-3D модель балки в натуральную величину (рисунок 3).

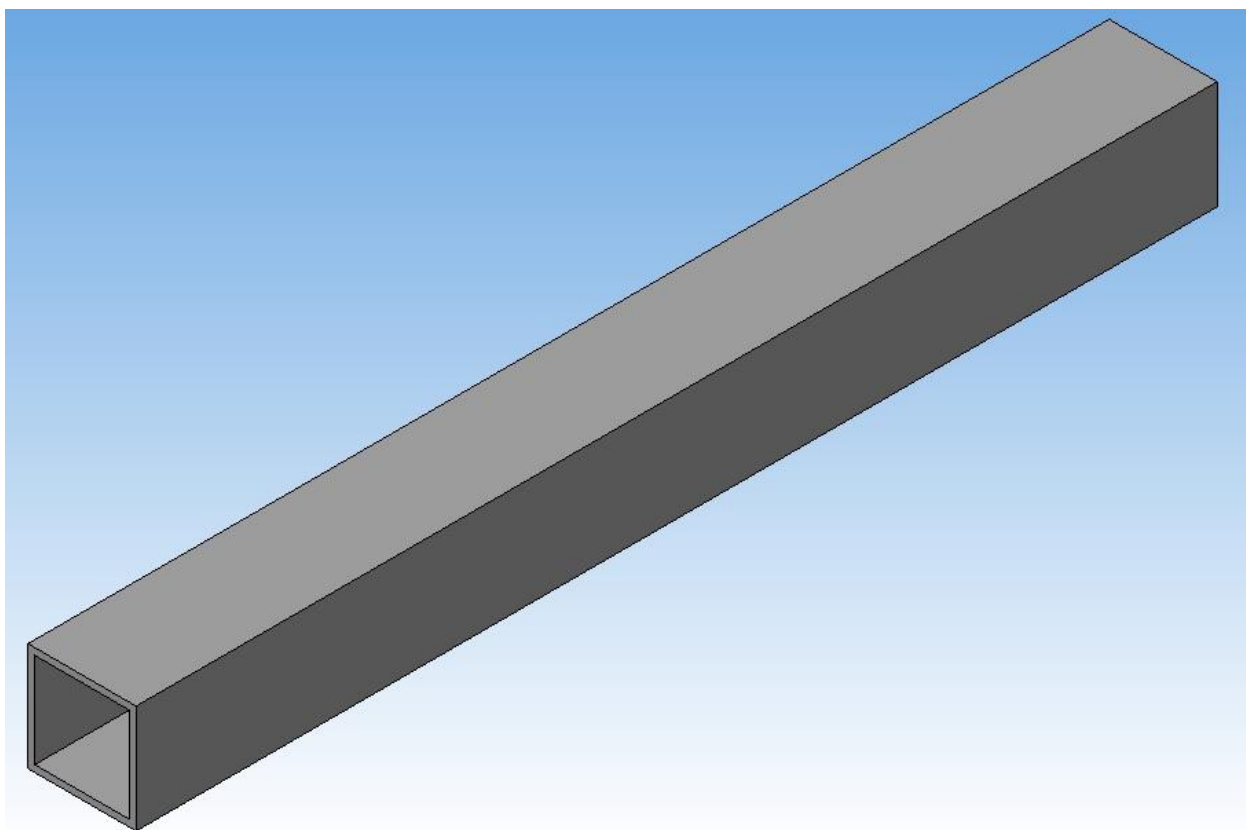


Рисунок 3 - Модель балки в КОМПАС-3D

Затем запускаем прикладную библиотеку APM FEM, которая находится в разделе «Расчет и построение» Менеджера библиотек. На следующем этапе установим закрепление балки (жесткая заделка), показанное на рисунке 4, в соответствии с расчетной схемой, показанной на рисунке 1.

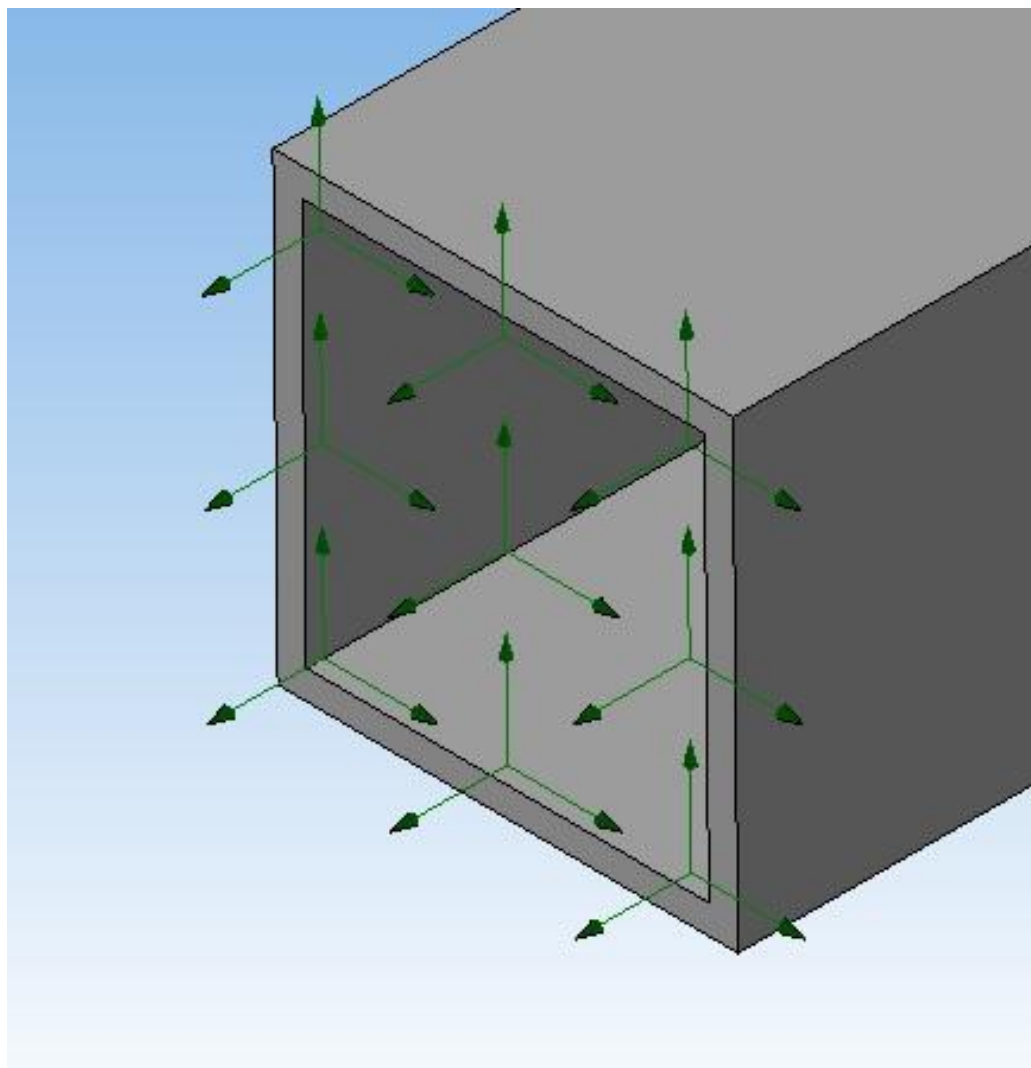


Рисунок 4 - Установка закреплений

Приложим распределенную нагрузку по всей длине балки. Далее для разбивки модели на элементы следует выполнить команду библиотеки «Генерация КЭ сетки». После построения сетки выполним команду библиотеки «Расчет». В меню типа расчета выберем «Статический расчет».

Для визуализации и анализа результатов расчета выполним команду библиотеки «Карта результатов», представленной на рисунке 5.

Согласно расчетам, максимальный прогиб составляет 0,16 мм.

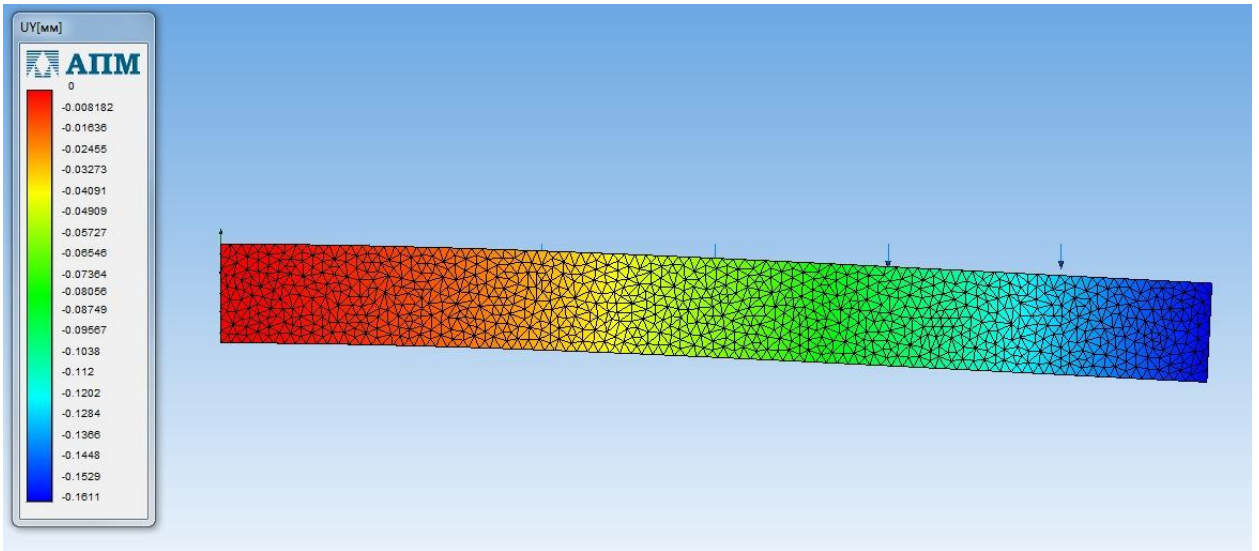


Рисунок 5 - Карта результатов перемещений

### 3 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выполним расчет прогиба данной балки по классической методике сопротивления материалов. Исходя из решения дифференциального уравнения средней линии балки, максимальный прогиб при данной схеме нагружения определяется по формуле [1]

$$y_{max} = -\frac{ql^4}{8 \cdot E \cdot J_y},$$

где  $q$  – сила, Н;  $l$  – длина балки, м;  $E$  – модуль упругости материала балки, Па; для стали 10, принятой по умолчанию для заданной балки,  $E = 210 \cdot 10^9$  Па;  $J_y$  – осевой момент инерции сечения балки,  $m^4$ .

Находим наибольший прогиб  $y_{max}$ , в соответствии с приведенной схемой, показанной на рисунке 6:

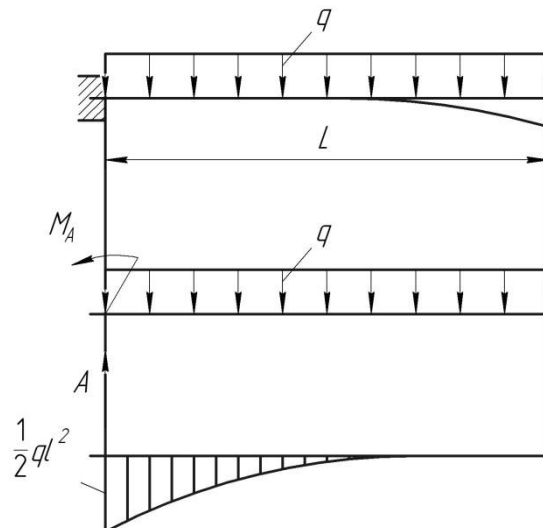


Рисунок 6 – Схема наибольшего прогиба балки

Осевой момент инерции находим по формуле [1]

$$J_y = \frac{2}{3} B^3 s,$$

где  $B$  – длина ребра поперечного разреза балки, м;  $s$  – толщина балки в поперечном разрезе, м. На рисунке 7 представлена схема поперечного разреза балки.

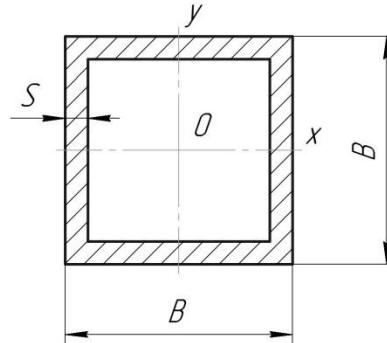


Рисунок 7 – Схема поперечного разреза балки

Следовательно,

$$J_y = \frac{2}{3} \cdot 0,04^3 \cdot 0,025 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$y_{max} = -\frac{1200 \cdot 0,4^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}} = -0,000017 \text{ м} = -0,17 \text{ мм}.$$

Таким образом, разница между двумя полученными результатами составила менее 10%.

Точность расчетов в АРМ FEM можно повысить уменьшением размера элементов сетки, однако, слишком мелкая сетка приводит к значительному повышению времени расчетов.

Применение прочностного анализа методом конечных элементов наиболее эффективно в случае анализа сложных конструкций и схем нагружений, решение которых классическим методом может оказаться весьма трудоемким.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Александров, А. В. Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – Москва : Высшая школа, 2003. – 560 с.