

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 20.09.2024 13:49:55  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



## **ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Методические указания по выполнению лабораторной работы по  
курсу «Основы эргономики и дизайна бытовых мехатронных  
приборов» для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и  
робототехника»

Курск 2017

УДК 62.231

Составители Л.Ю. Ворочаева, Е.Н. Политов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я. Мищенко*

**Проведение прочностных расчетов при проектировании:** методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Основы эргономики и дизайна бытовых мехатронных приборов» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Л.Ю. Ворочаева, Е.Н. Политов. Курск, 2017. 28 с.

Методические указания содержат сведения по построению трехмерной модели балки и выполнению расчетов на прочность. Приведены варианты задания, пример проектирования балки и создания основных конструктивных элементов.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением (УМО).

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ.л. 1,6. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 30 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Задание	4
Ход выполнения работы	5
Контрольные вопросы	28
Рекомендательный список литературы	28

Методические указания направлены на формирование следующих компетенций:

ПК-7 – готовность участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок.

### Задание

Построить трехмерную модель балки, показанной на рис. 1, по численным значениям параметров, приведенным в табл.1. Провести расчет балки на прочность.

Выполнить отчет о проведении работы, описать последовательность действий и используемые для построения детали команды.

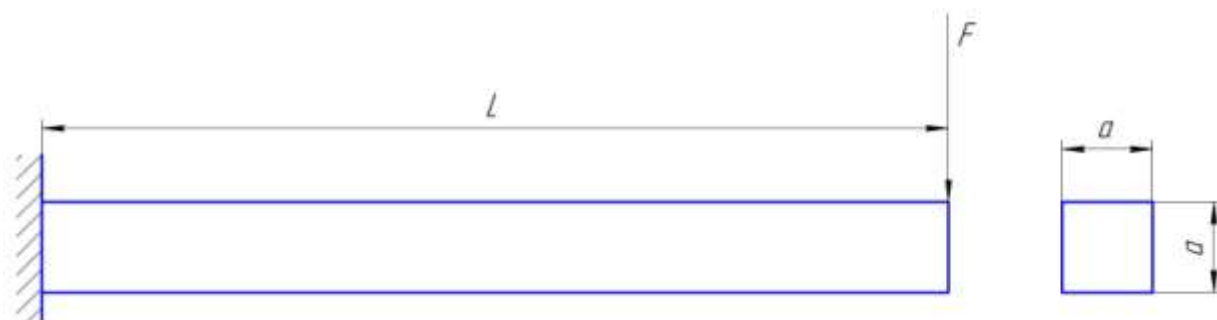


Рис. 1 Геометрические размеры балки

Табл. 1 - Параметры балки

№	a, мм	L, мм	F, Н
1	80	1000	10000
2	90	500	9000
3	60	600	11000
4	100	650	10500
5	120	700	12000
6	110	580	12500
7	150	950	11500
8	180	1500	13000
9	140	1200	13500
10	115	1300	14000
11	90	840	14500

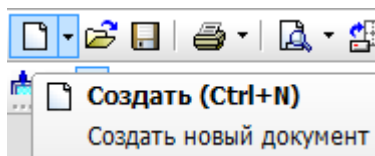
12	70	1200	15000
13	85	750	9500
14	64	860	10000
15	80	1400	10500
16	90	640	11000
17	120	850	8500
18	100	980	9000
19	130	750	10000
20	140	960	12000
21	160	850	14000
22	50	1000	13500
23	40	780	12500
24	60	940	14000

### Ход выполнения работы

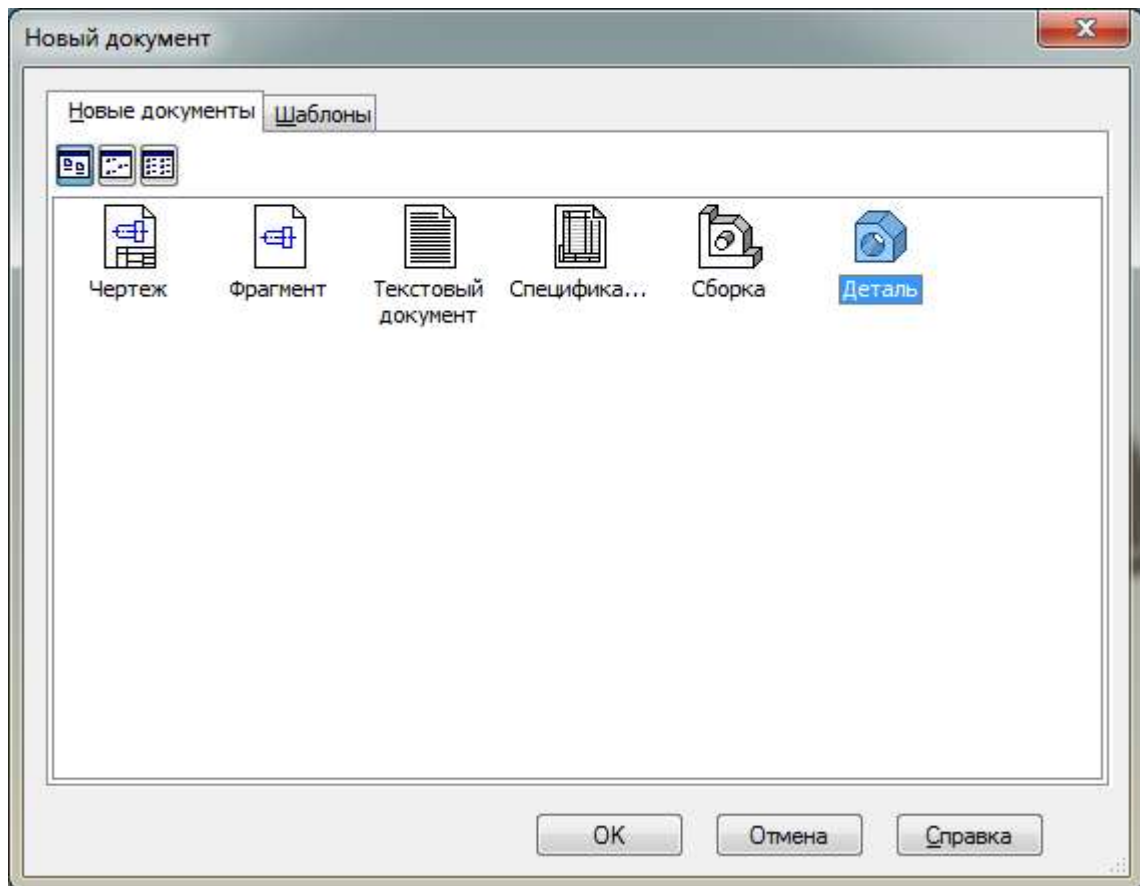
Рассмотрим пример построения трехмерной модели балки со следующими геометрическими размерами.

а, мм	L, мм	F, Н
100	1000	10000

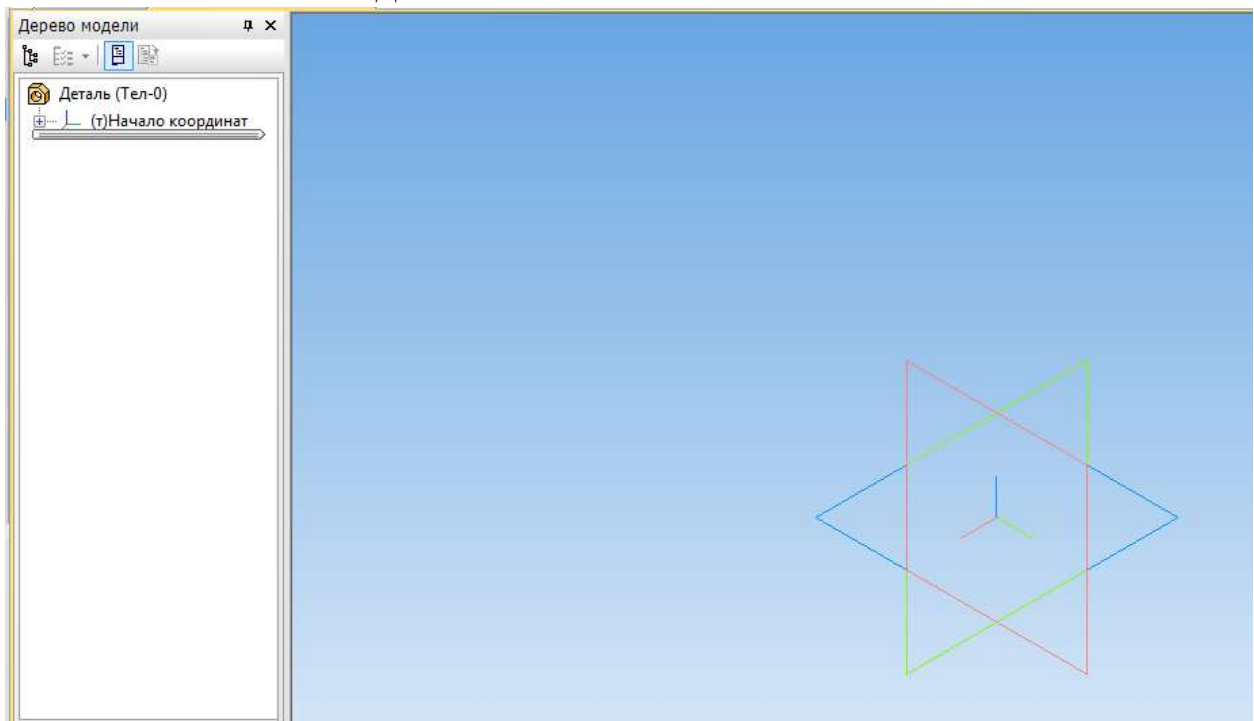
Для создания файла детали нажмите *Создать* на *Панели инструментов*.



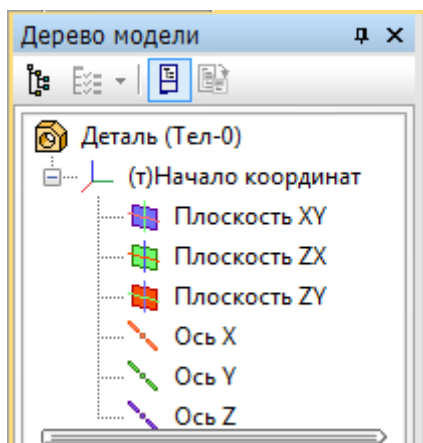
В появившемся окне выберите *Деталь*. Нажмите *ОК*.



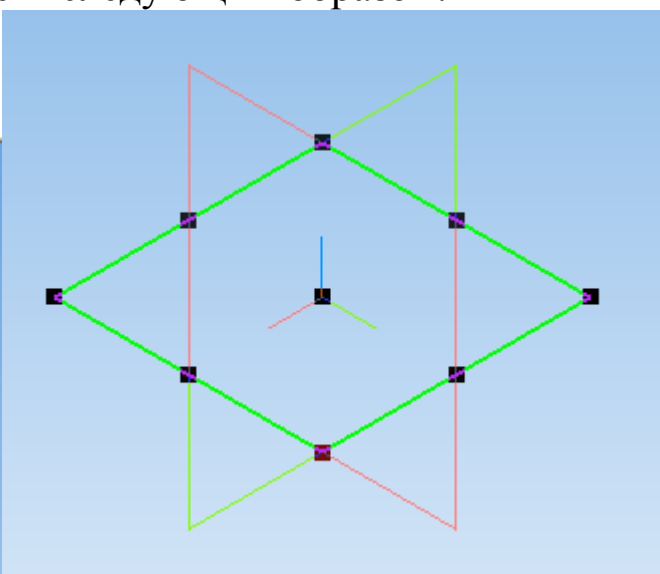
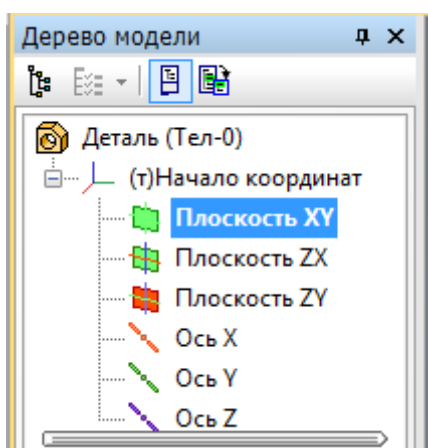
Появляется окно детали.





Выберите плоскость, в которой будем выполнять эскиз. Для этого в *Дерево модели* раскройте список *Начало координат*

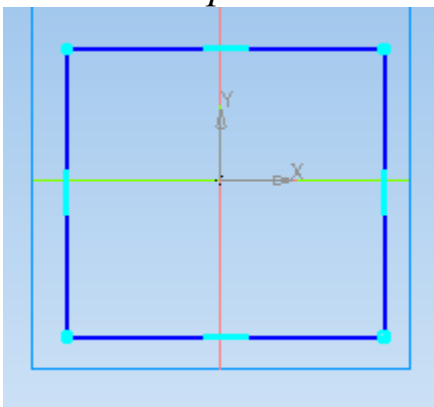



и выберите *Плоскость XY*, нажав по ней левой клавишей мыши. *Плоскость XY* будет выглядеть следующим образом.





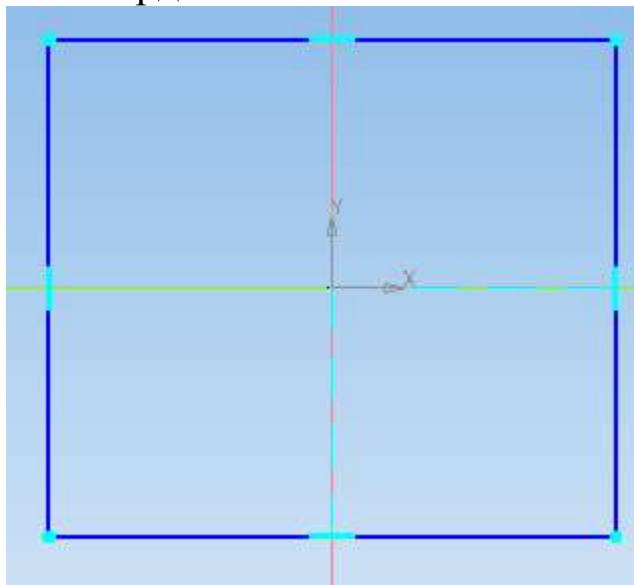
На верхней панели выберите *Эскиз* .



Постройте прямоугольник так, чтобы начало координат располагалось внутри прямоугольника, используя вкладку *Прямоугольник*  панели *Геометрия* .

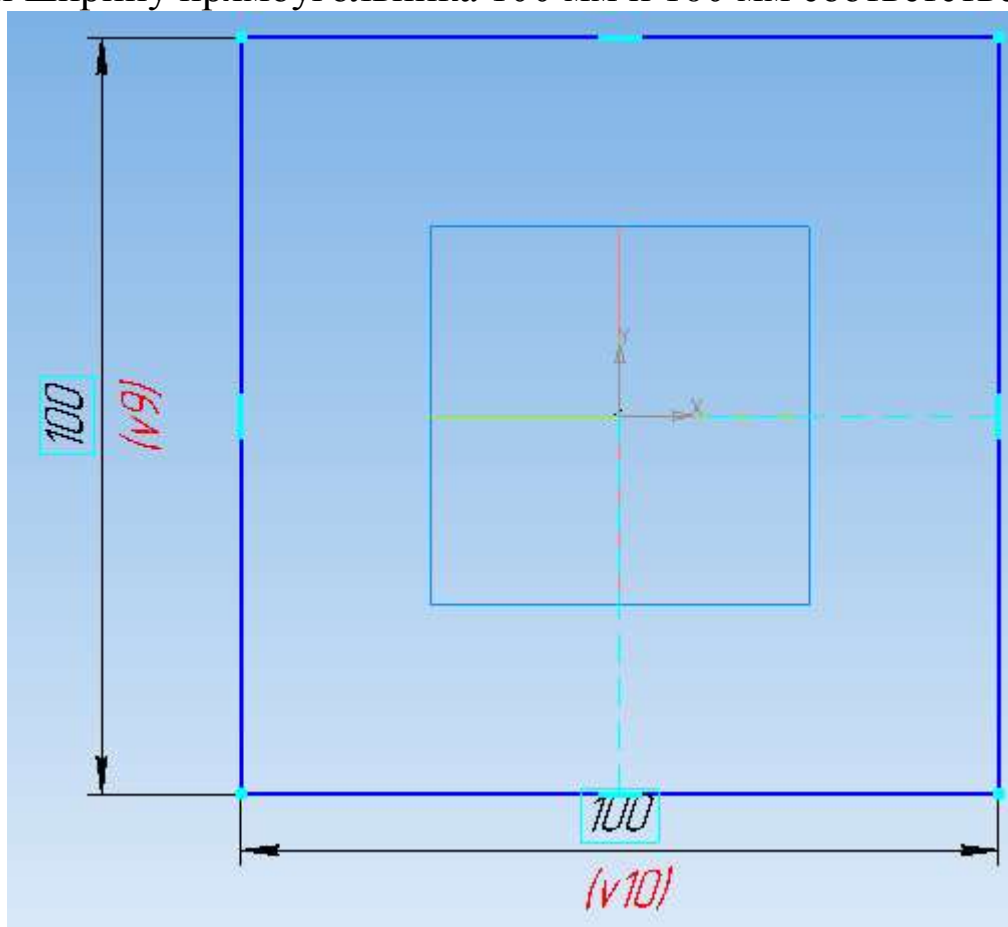


Используя команды *Выровнять точки по горизонтали*  для начала координат и середины вертикальной стороны прямоугольника

и *Выровнять точки по вертикали*  для начала координат и середины горизонтальной стороны прямоугольника (панель *Параметризация* ), расположите прямоугольник симметрично относительно начала координат.

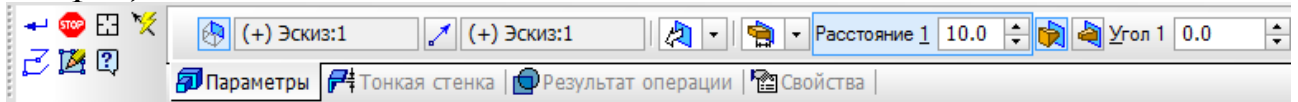


Выберите *Линейный размер*  панели *Размеры*  и укажите длину и ширину прямоугольника 100 мм и 100 мм соответственно.

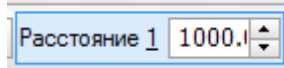




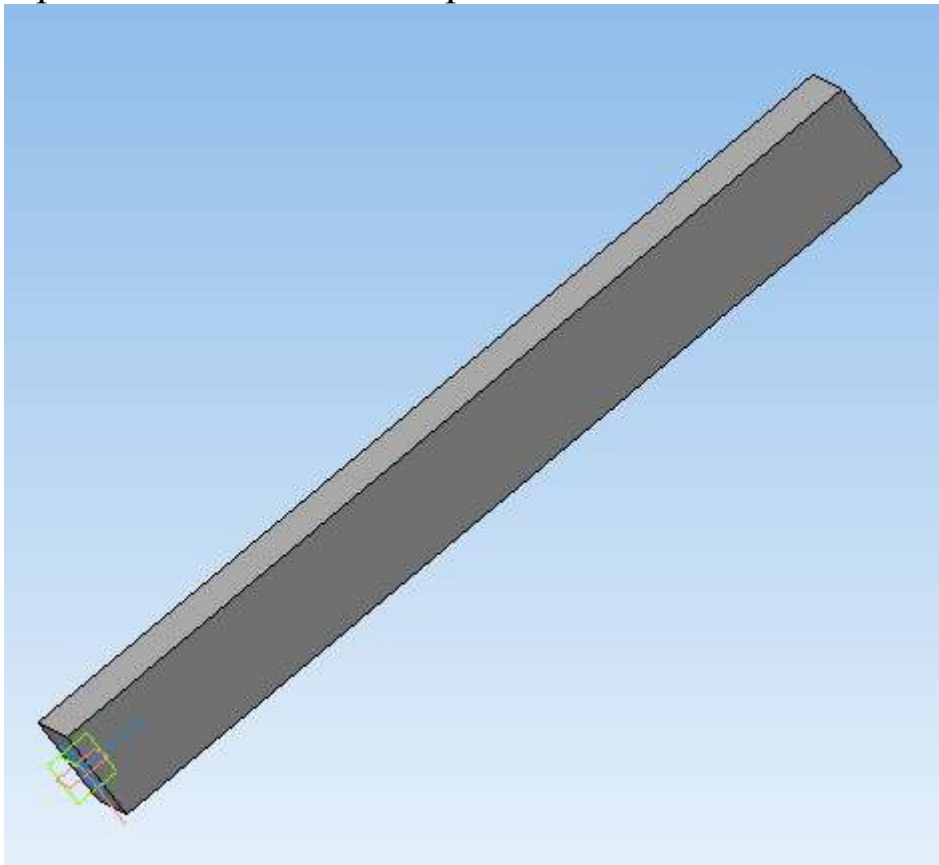
Перейдите на панель *Редактирование детали*  и выберите *Операцию выдавливания* .



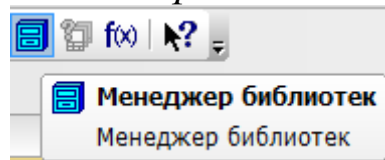
На вкладке *Параметры* панели свойств задайте *Расстояние*, на которое будет выдавливаться эскиз, 1000 мм.



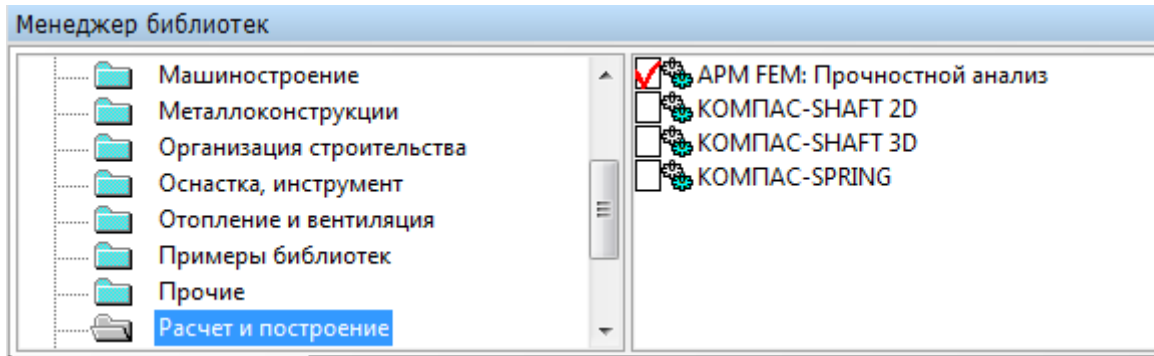
Подтвердите выполнение операции .



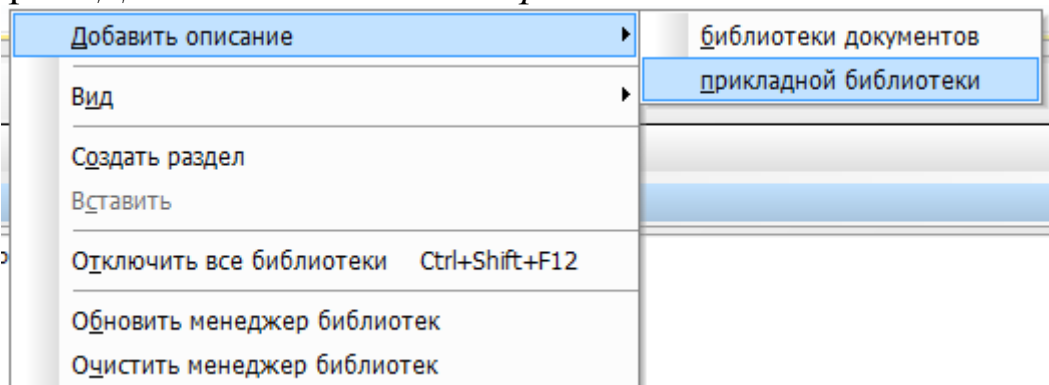
Запустите библиотеку прочностных расчетов. Для этого на верхней панели выберите *Менеджер библиотек*.



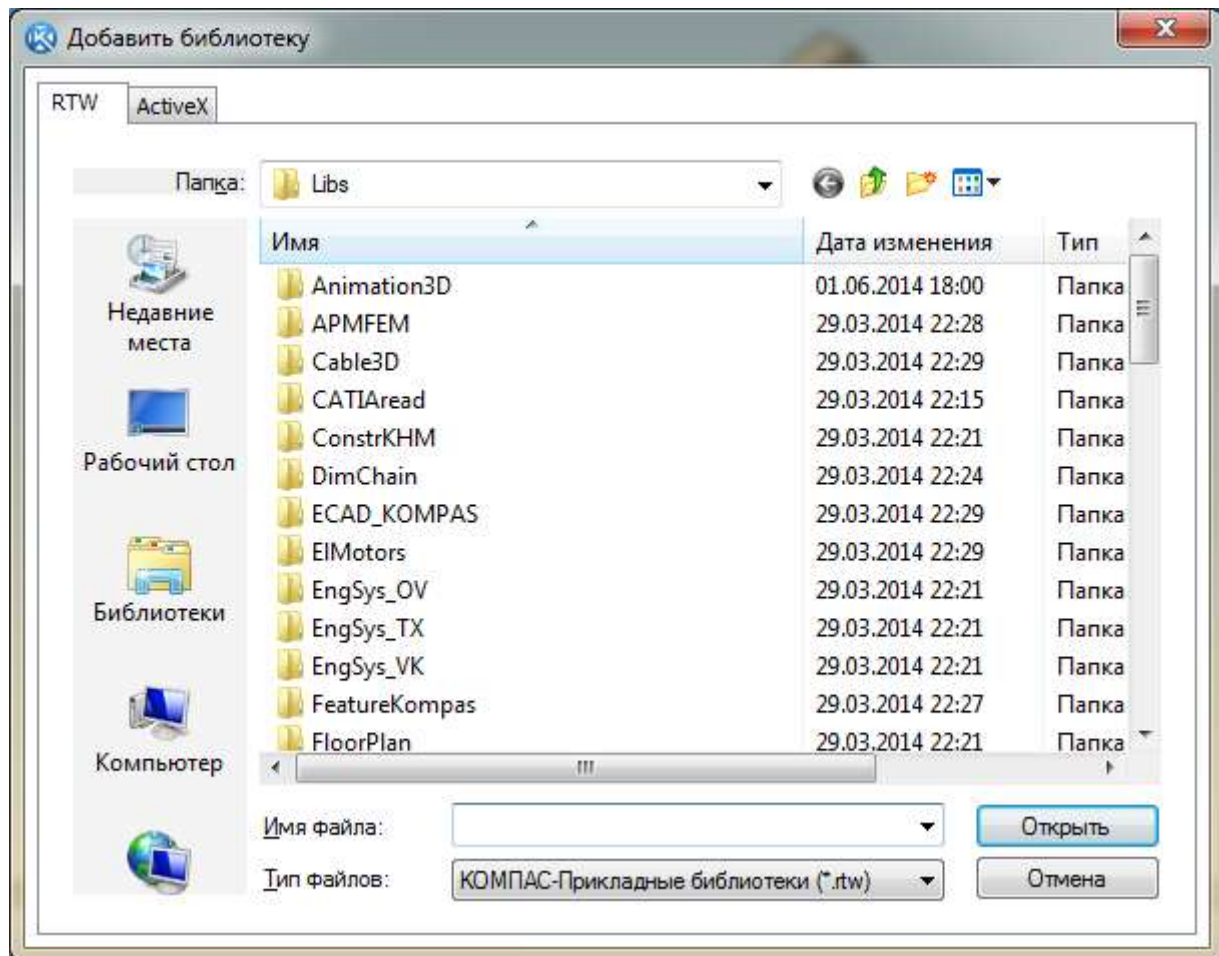
В появившемся внизу окне выберите *Расчет и построение – APM FEM: Прочностной анализ*.



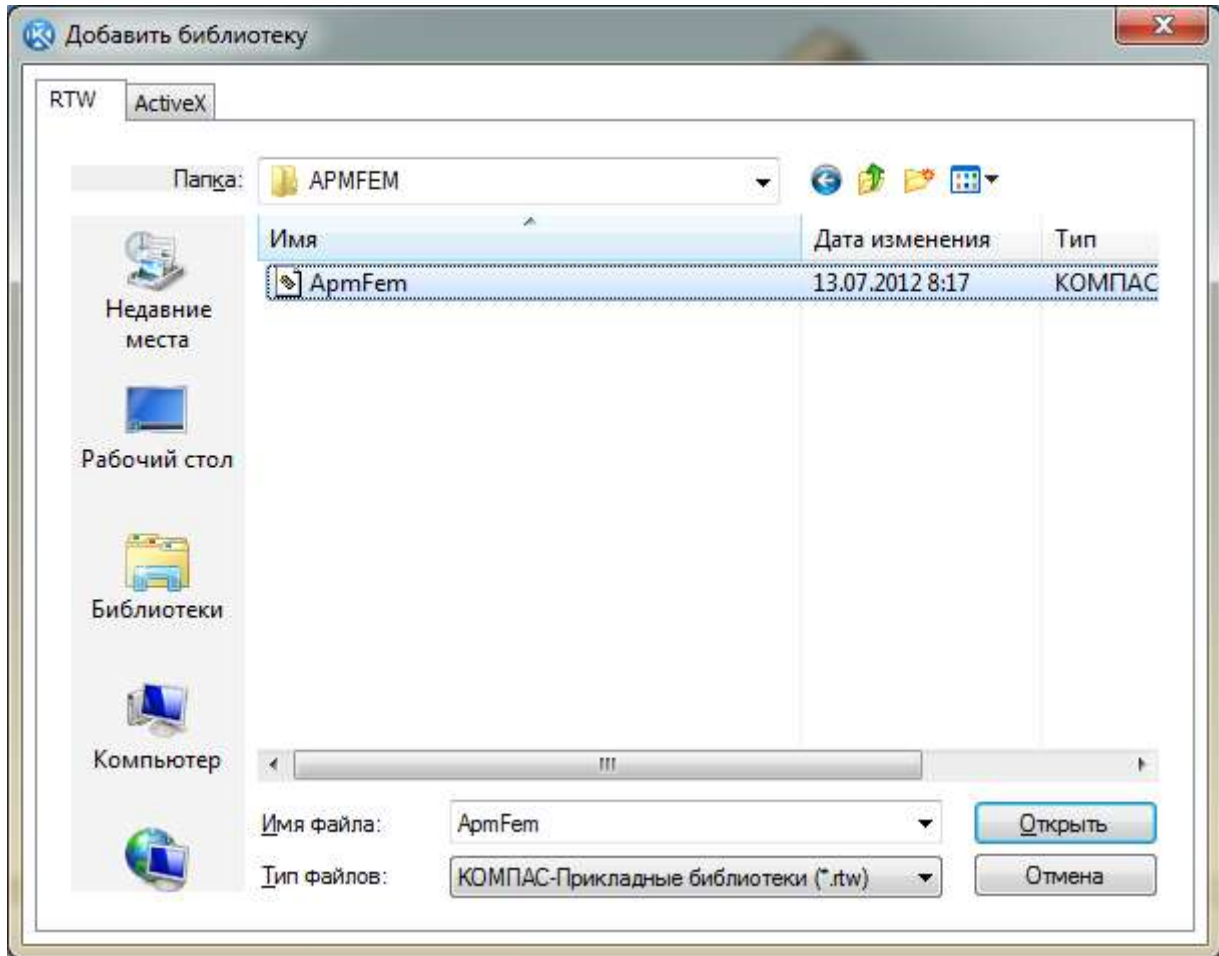
Если библиотеки прочностного анализа нет в списке, то нажмите на правой части окна *Менеджера библиотек* правой клавишей мыши и выберите *Добавить описание – прикладной библиотеки*.



Откройте папку *Libs*.

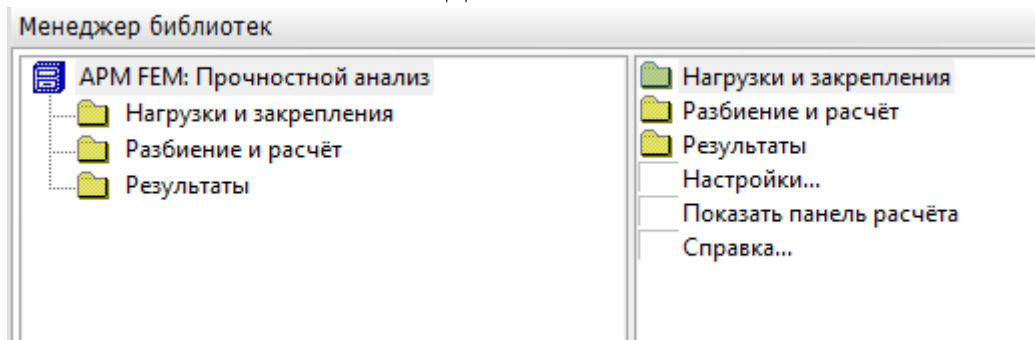


Зайдите в папку АРМFЕМ.

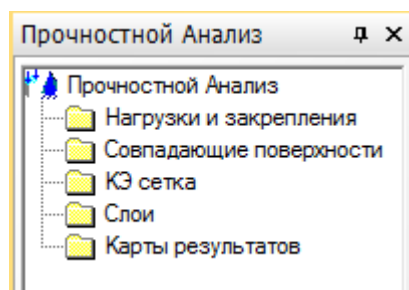


Выберите имеющийся в ней файл и нажмите *Открыть*. Библиотека появится в *Менеджере библиотек*.

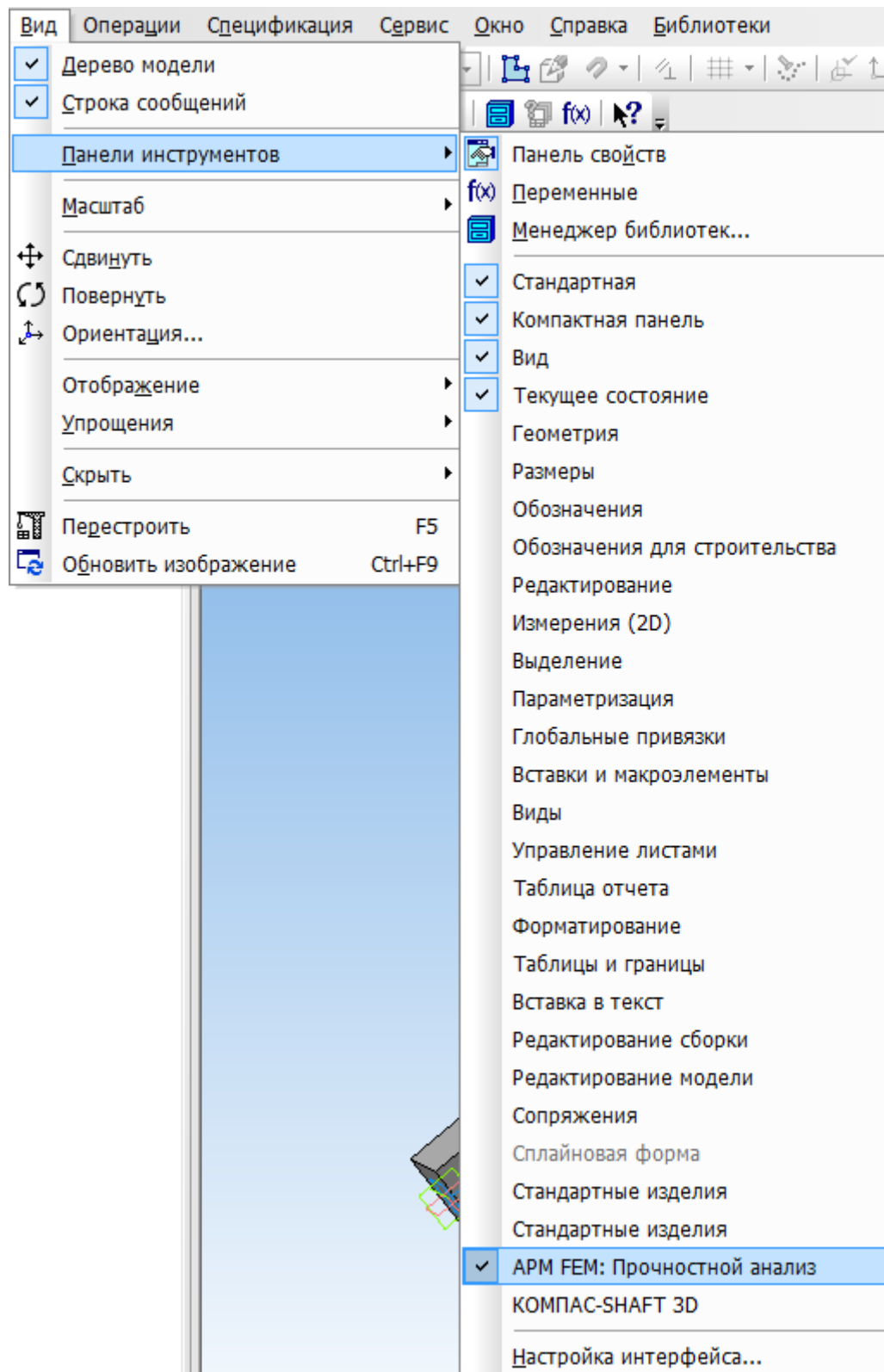
Окно библиотеки имеет вид.



При запуске библиотеки слева в файле детали появляется окно *Прочностной анализ*.



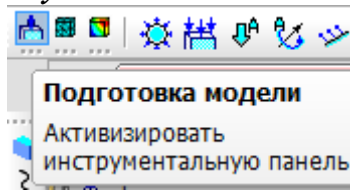
Закройте окно *Менеджера библиотек*. Для работы с панелью библиотеки прочностных расчетов выберите *Вид – Панели – Прочностной анализ*.



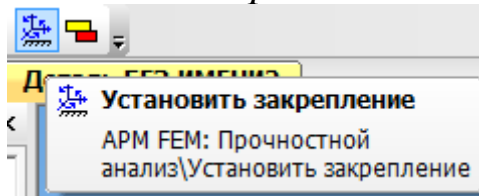
Появится панель библиотеки.



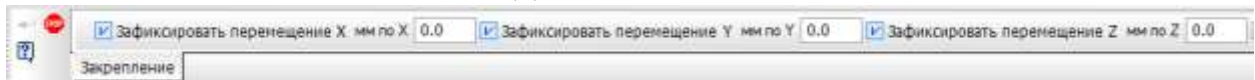
Нажмите на *Подготовку модели*.



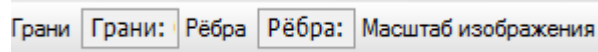
Вначале необходимо указать закрепление балки. Для этого выберите команду *Установить закрепление*.



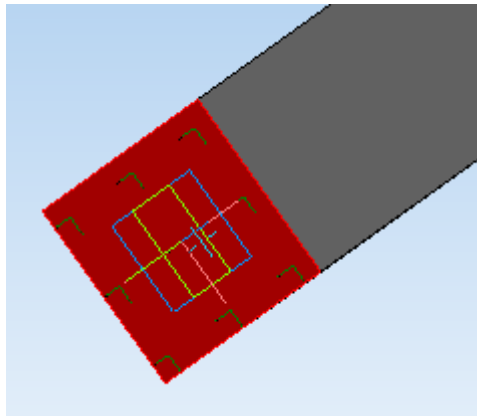
Панель свойств имеет вид.



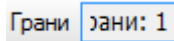
Для передвижения по панели свойств используйте стрелки  и .



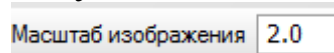
Нажмите на окно *Грани* и укажите грань балки, которая будет зафиксирована – это грань, лежащая в плоскости XY. При этом грань будет выделена красным цветом.

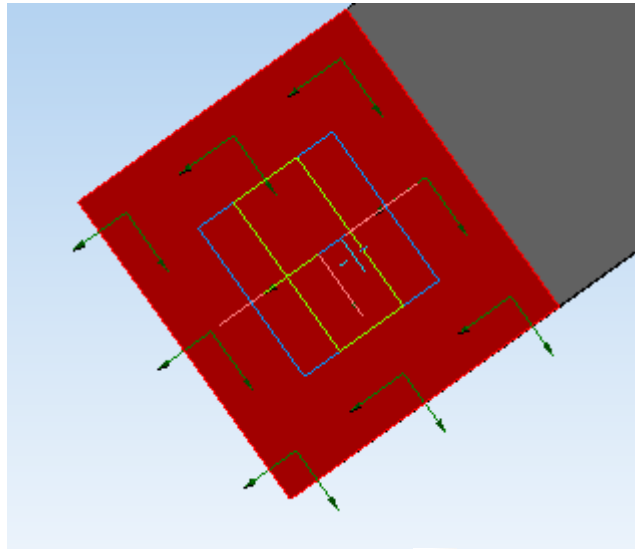


В окне *Грани* будет указана *Грань 1*.



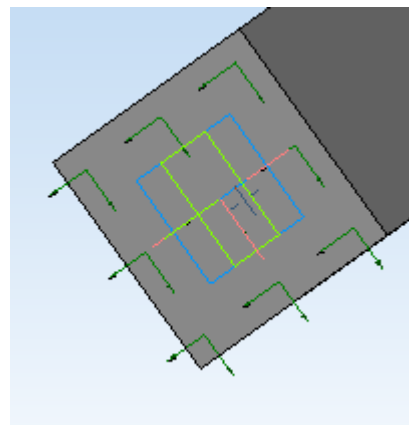
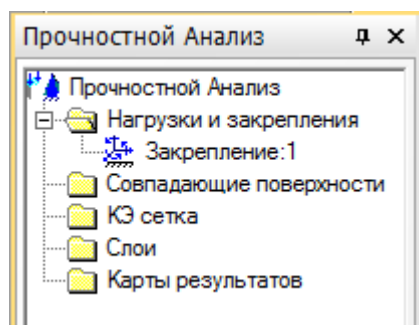
Для лучшей наглядности увеличьте масштаб изображения до 2.



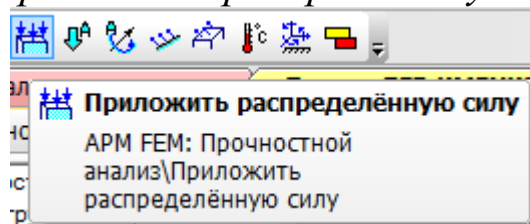


Подтвердите выполнение операции .

В окне Прочностной анализ – Нагрузки и закрепления появляется Закрепление 1.



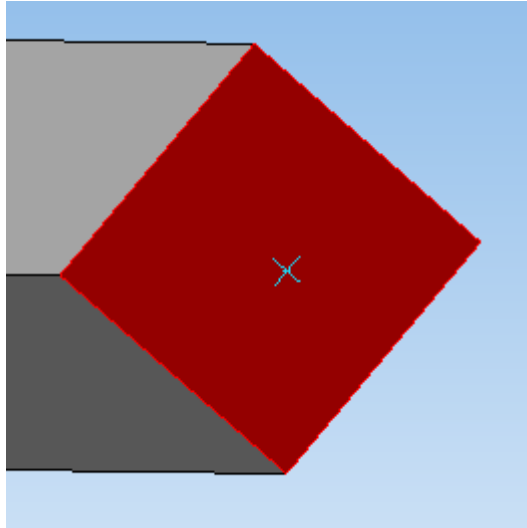
Теперь необходимо указать нагрузку, действующую на балку. Для этого нажмите *Приложить распределённую силу*.



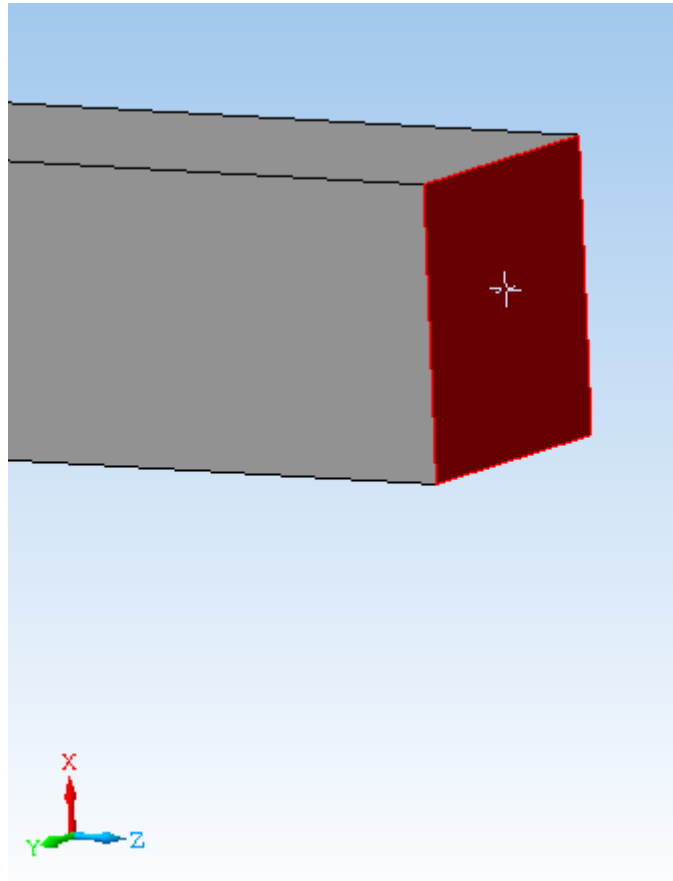
Панель свойств имеет вид.



Распределённая сила будет приложена на грани, противоположной закреплённой. Выделите требуемую грань левой клавишей мыши.



Сила должна действовать вниз и быть приложена к выделенной грани, поэтому для задания значения силы представлен наглядный рисунок.

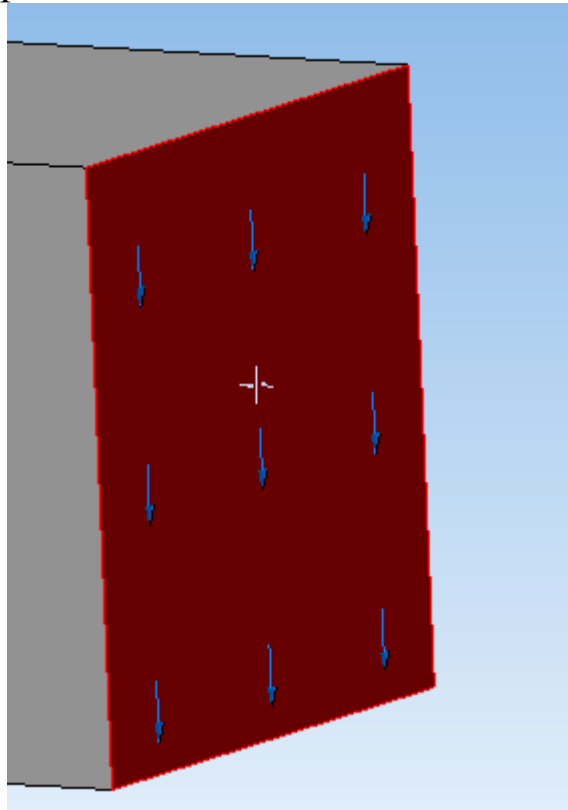


Сила действует в отрицательном направлении оси X. На панели свойств в окне *Компонента X* задайте значение силы 10000 Н, знак силы «-».

Величина вектора силы [Н]  Компонента X

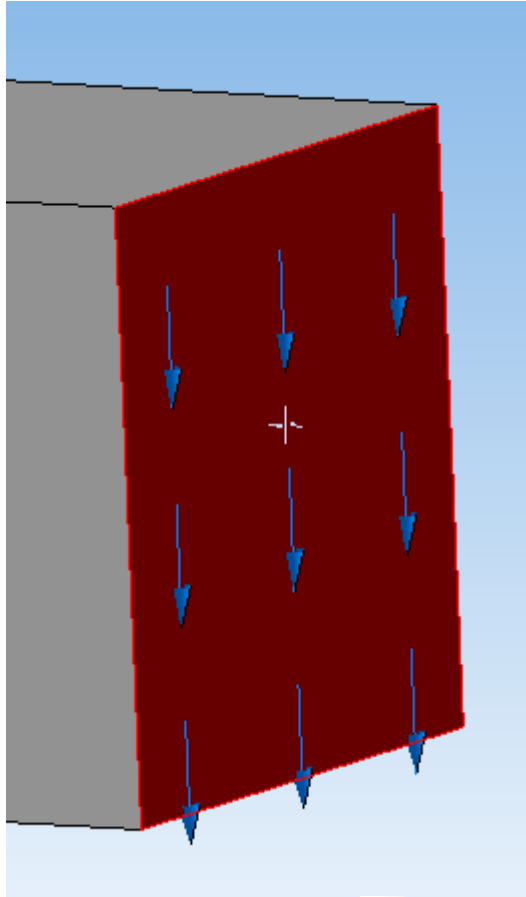


Направление действия распределенной силы показано на соответствующей грани.



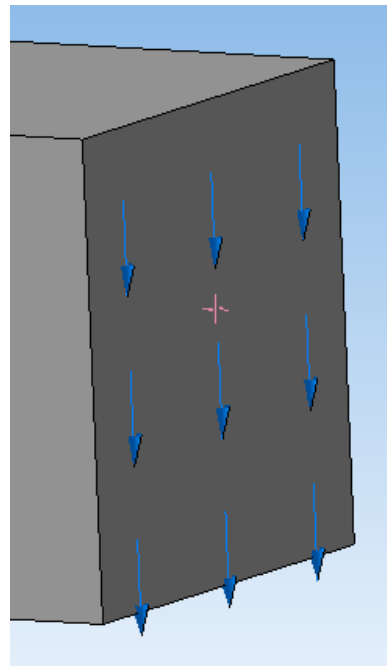
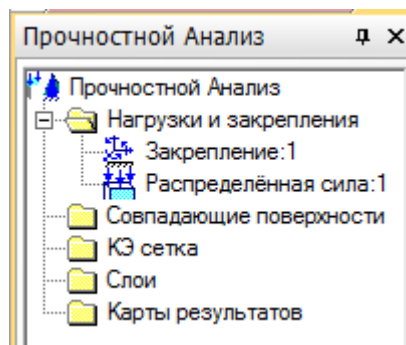
Для лучшей наглядности измените масштаб изображения с 1 до 2.

Масштаб изображения

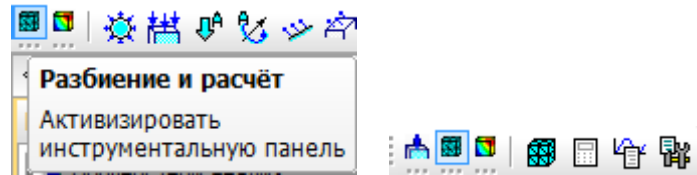


Подтвердите выполнение операции .

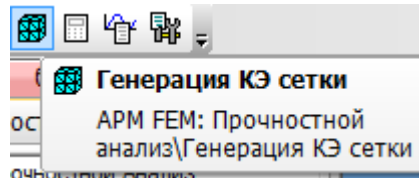
В окне Прочностной анализ – Нагрузки и закрепления появляется Распределенная сила 1.



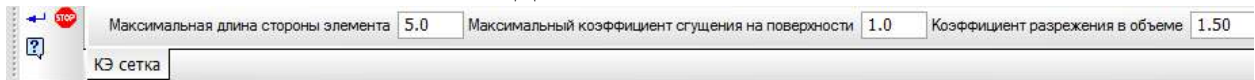
Переходим к построению сетки разбиения. Выберите команду *Разбиение и расчет*.



Выберите *Генерация конечно-элементной сетки*.

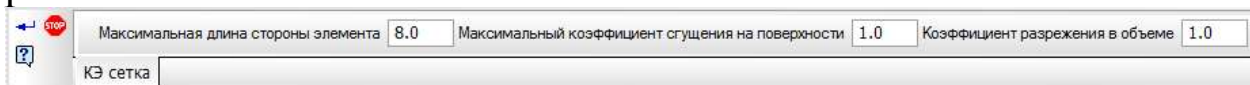


Панель свойств имеет вид.



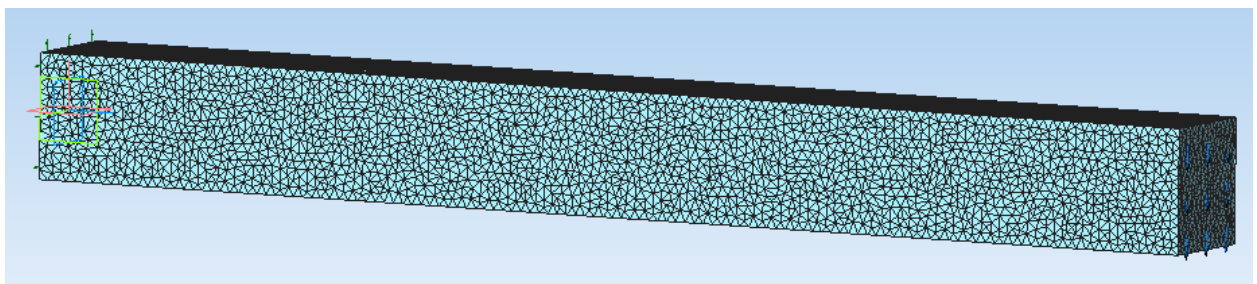
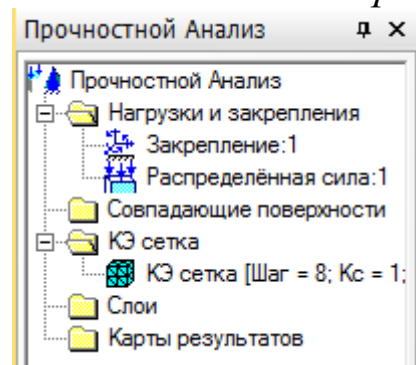
При формировании конечно-элементной сетки балка разбивается на треугольные призмы с *Максимальной длиной стороны элемента*, указываемой в соответствующем окне. Чем меньше длина элемента, тем точнее производимый расчет. Задайте длину элемента 8 мм.

Также для удобства задайте *Максимальный коэффициент сгущения на поверхности* и *Коэффициент разрежения в объеме* равными 1

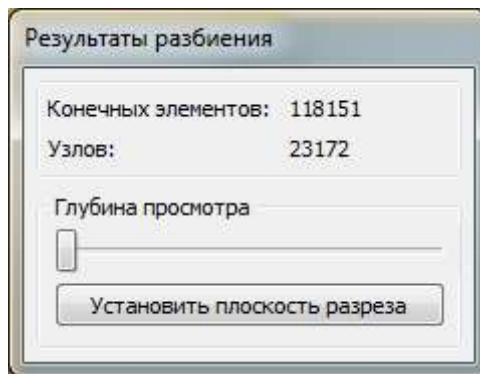


Подтвердите выполнение операции ↵.

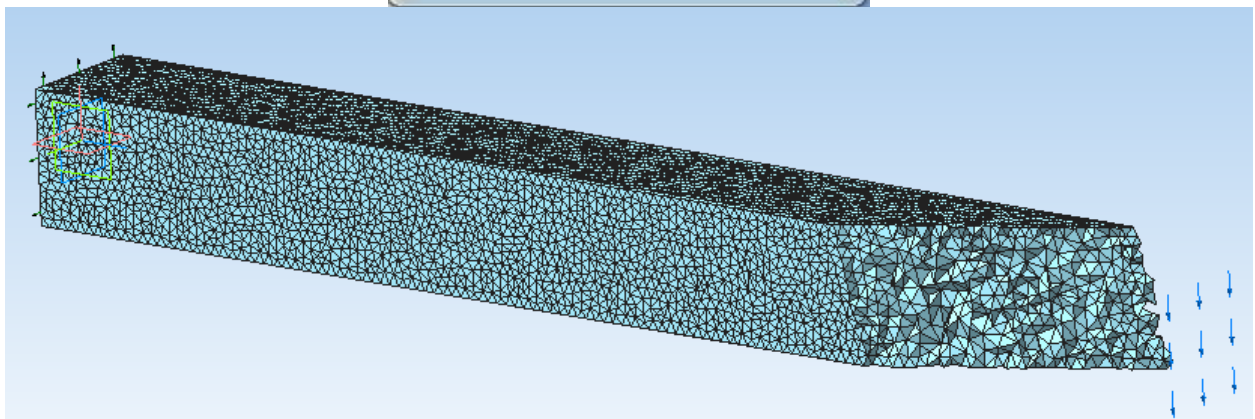
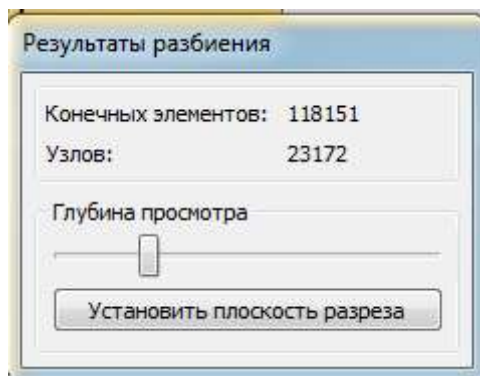
Сетка построена, что показано в окне *Прочностной анализ*.



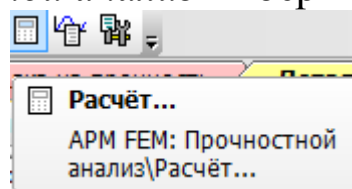
Появляется окно *Результаты разбиения*, в котором указывается число конечных элементов и узлов сетки.



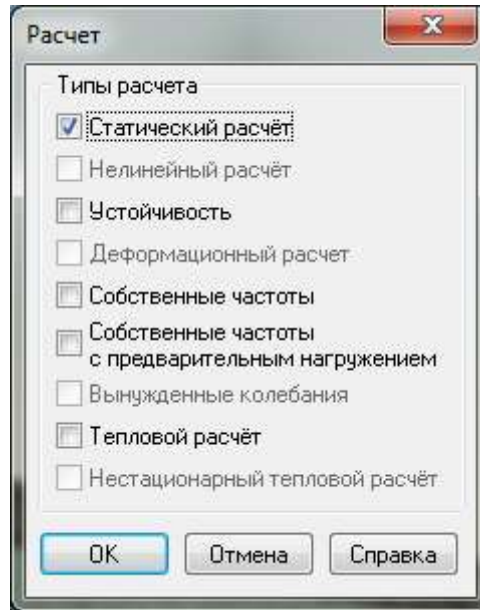
Изменять глубину просмотра можно, передвигая ползунок влево-вправо.



Верните глубину просмотра в исходное состояние.  
На панели *Прочностной анализ* выберите команду *Расчет*.

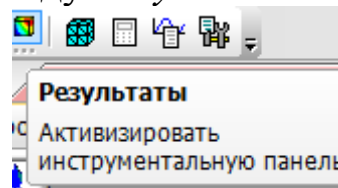


Появляется окно, в котором можно выбрать тип расчета.

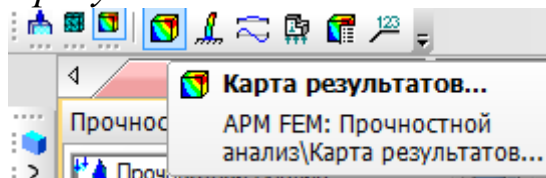


Выберите *Статический расчёт* и нажмите *OK*.

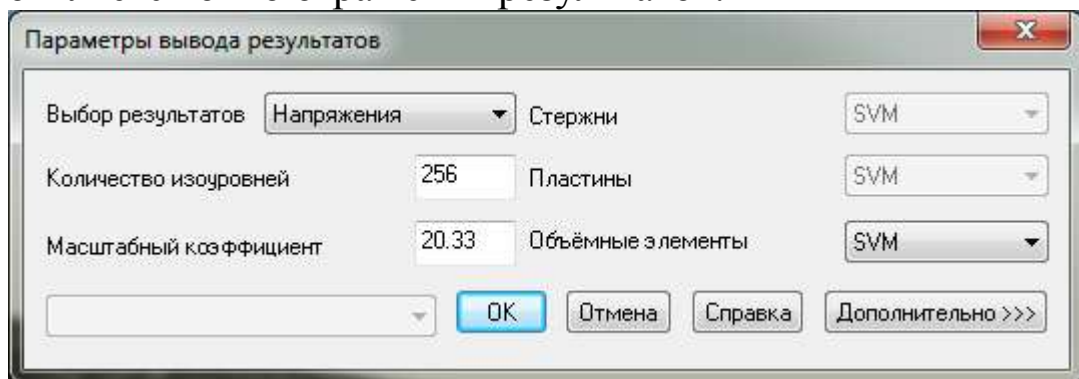
После того как расчёт будет проведен, нажмите на панели *Прочностной анализ* команду *Результаты*.



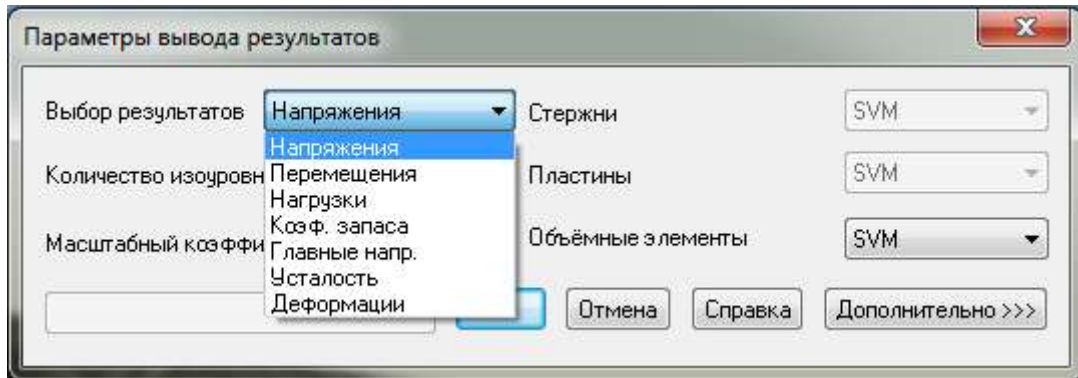
Выберите *Карта результатов*.



Появляется окно отражения результатов.



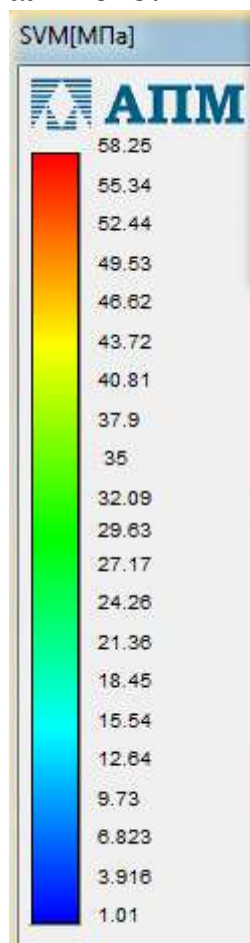
В раскрывающемся списке *Выбор результатов* можно установить требуемый результат.



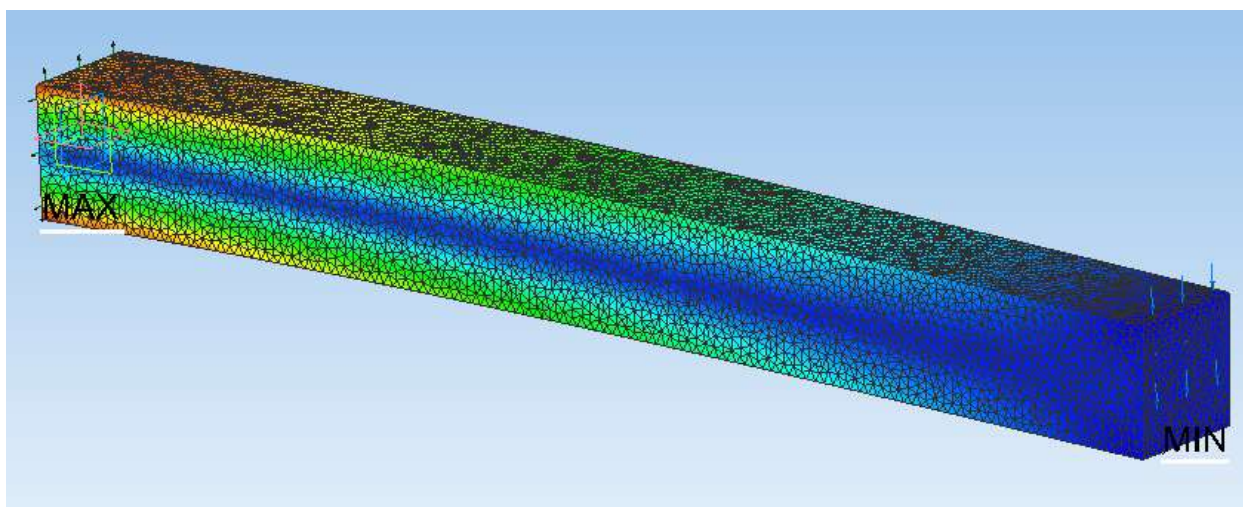
В раскрывающемся списке *Объемные элементы* можно выбрать способ отображения результата: вдоль одной из осей (SX, SY, SZ), на плоскости (SXY, SXZ, SYZ), по всему объему балки SVM.



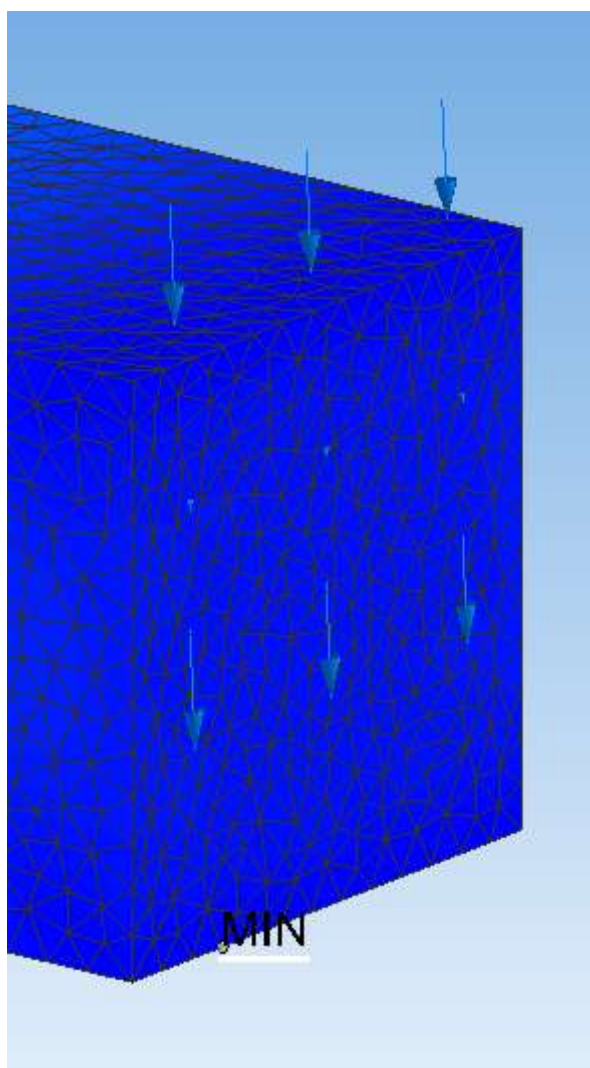
После задания всех параметров нажмите *ОК*. Появляется распределение напряжений по объему балки и значения напряжений от минимального до максимального.



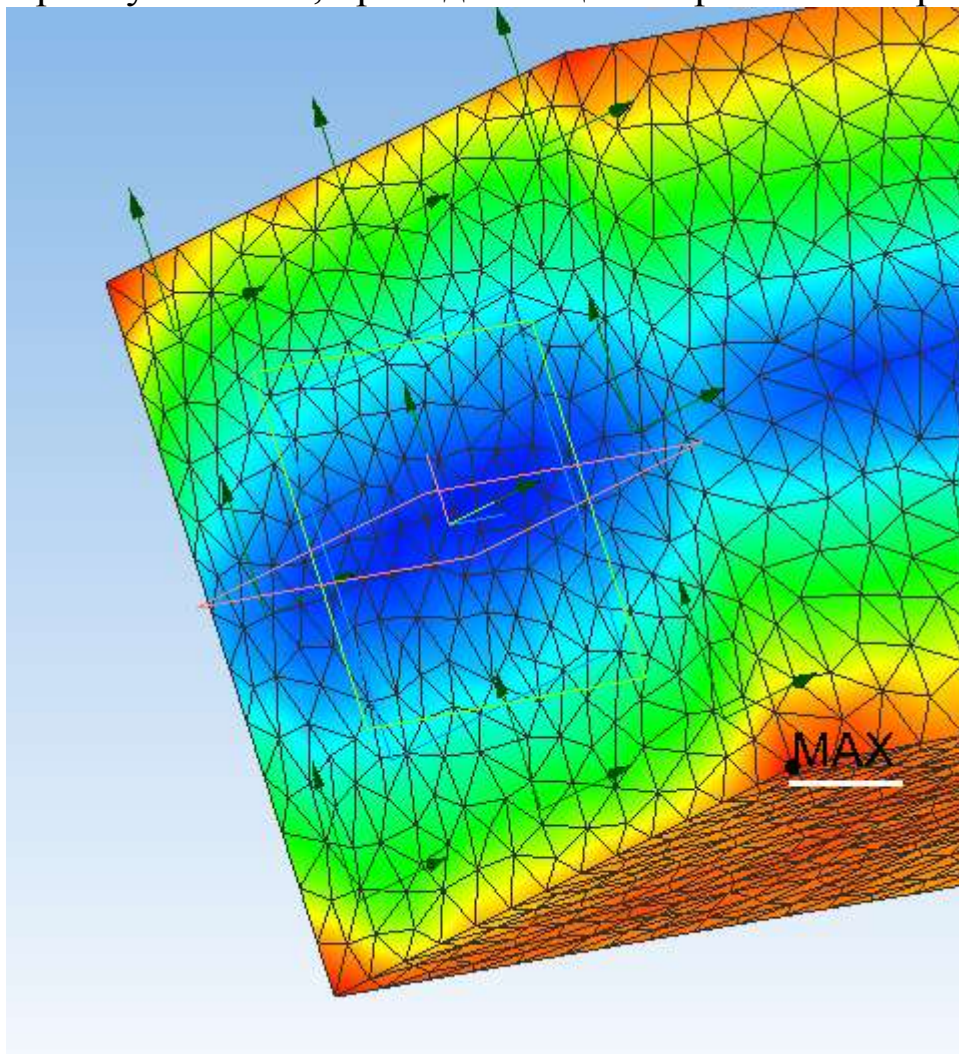




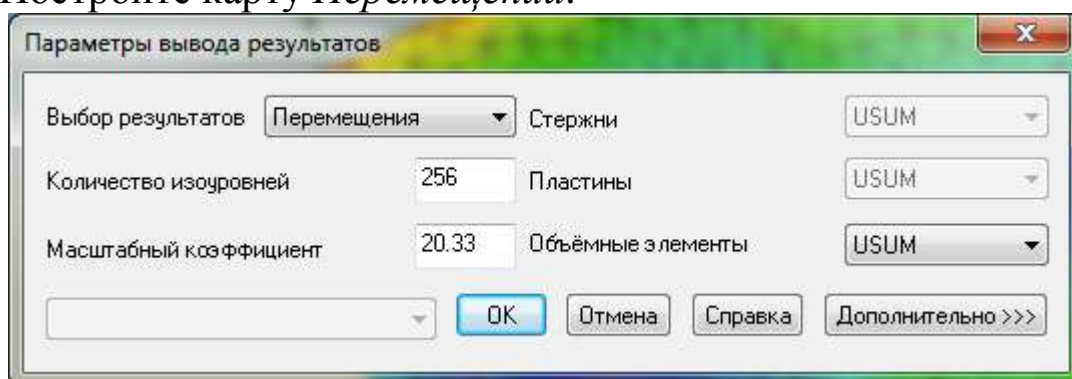
Минимальное напряжение (1,01 МПа) наблюдается в точке, расположенной на нижнем ребре грани, наиболее удаленной от точки закрепления.



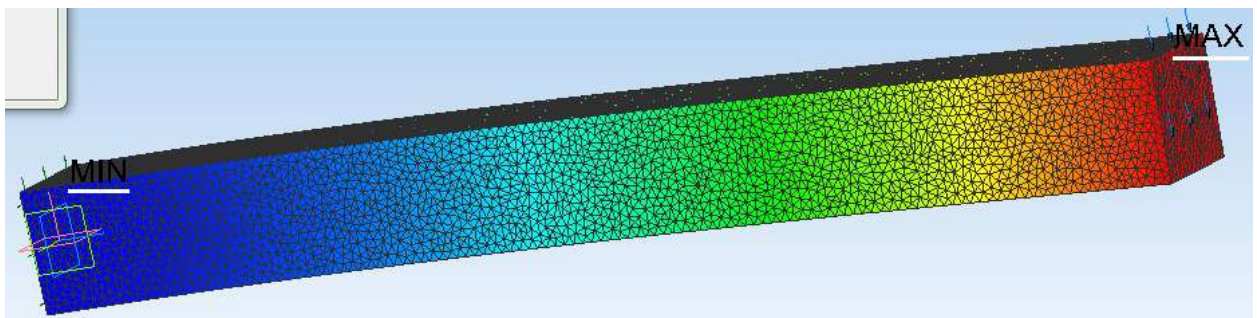
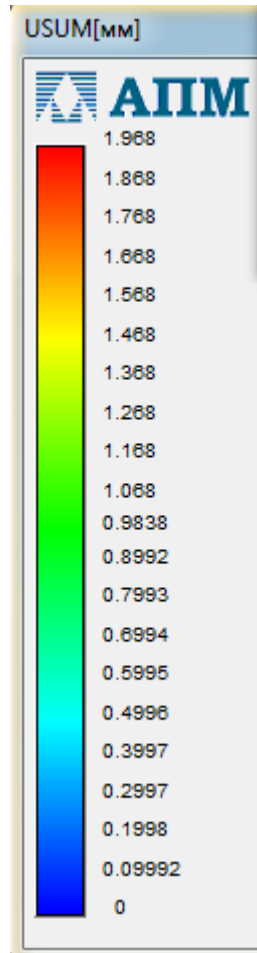
Максимальное напряжение (58,25 МПа) наблюдается в нижней вершине прямоугольника, принадлежащей закрепленной грани.



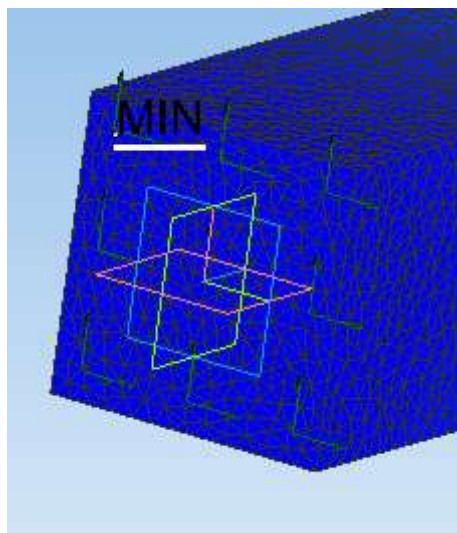
Постройте карту *Перемещений*.



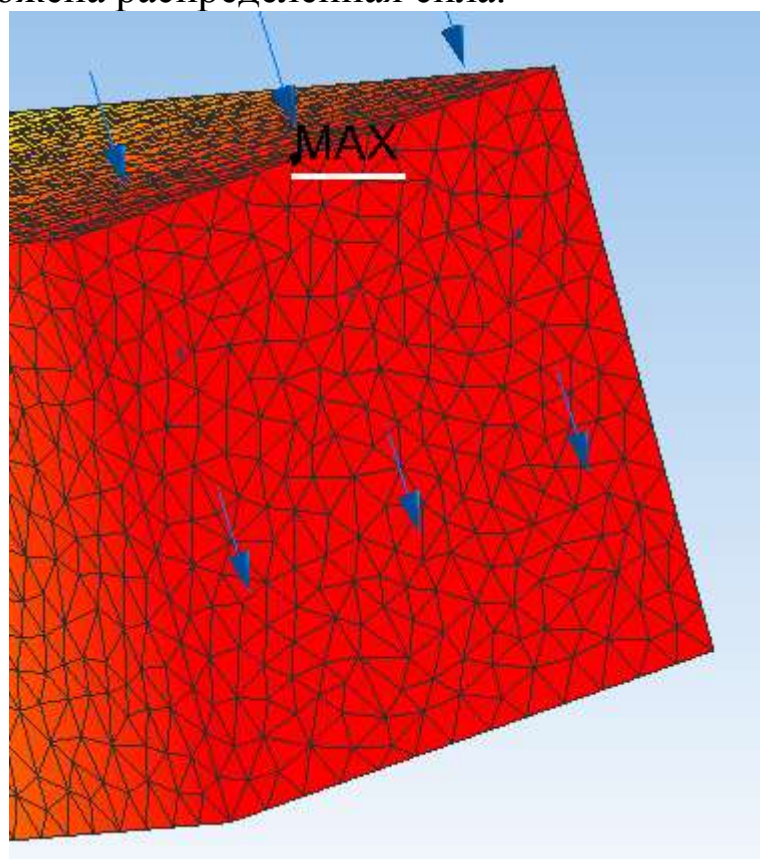




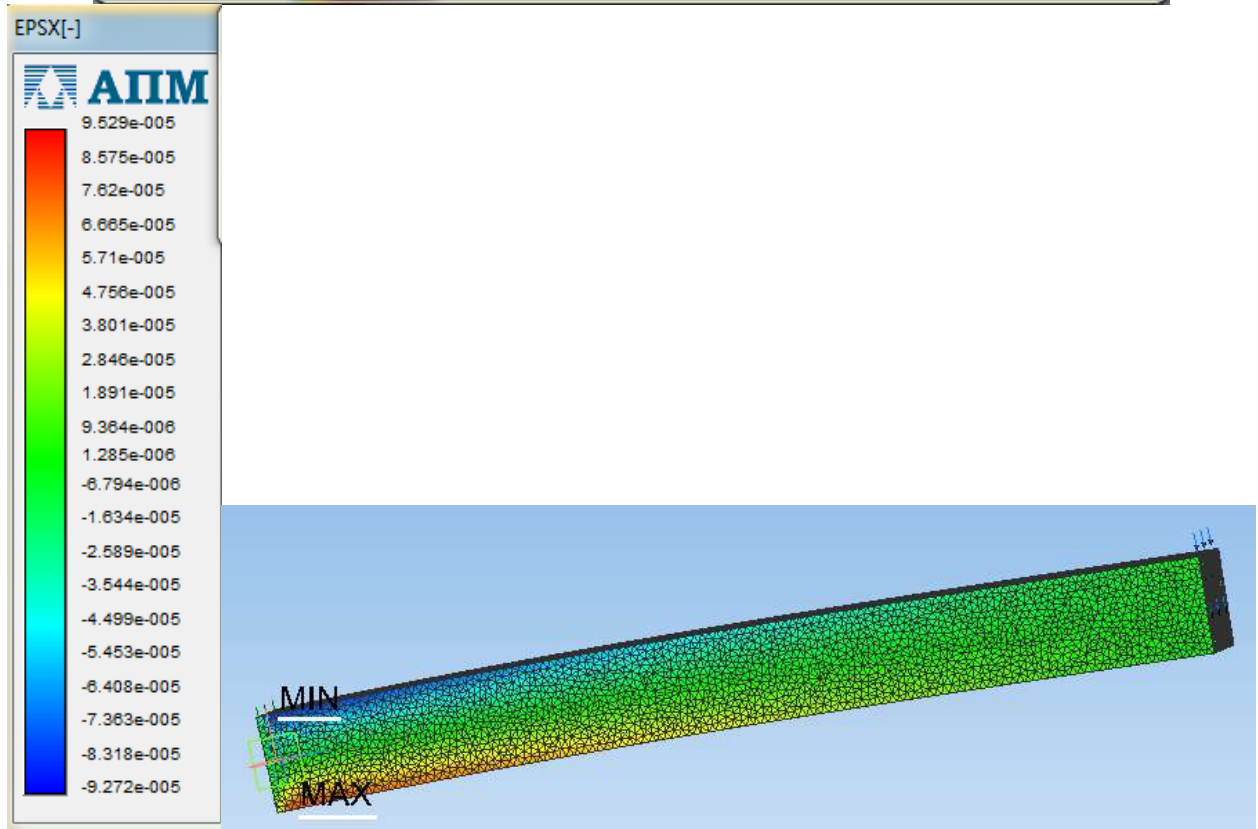
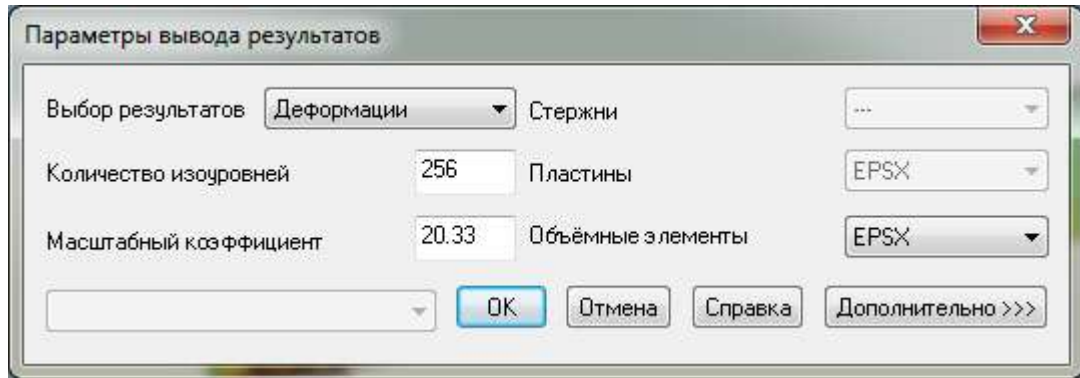
Минимальное перемещение (0 мм) у закрепленной грани,



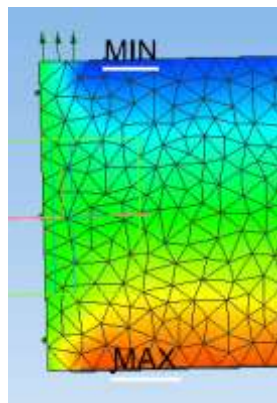
а максимальное перемещение (1,968 мм) – у верхнего ребра грани, к которой приложена распределенная сила.



Постройте карту *Деформаций*.



Минимальная деформация наблюдается в области верхней грани балки, наиболее близкой к месту закрепления, а максимальная деформация – в такой же области только нижней грани балки.



### **Контрольные вопросы**

1. Опишите последовательность действий при построении трехмерной модели балки.
2. Какая библиотека используется для выполнения прочностных расчетов?
3. К какой грани балки прикладывается внешняя сила, как она направлена?
4. Прочностные расчеты проводятся на растяжение-сжатие, изгиб или кручение?
5. Какая грань балки фиксируется?
6. Какие карты результатов можно построить после проведения прочностных расчетов?
7. Как распределяются по балке напряжения, деформации и перемещения?

### **Рекомендательный список литературы**

1. Большаков В.П., Бочков А.Л. Основы 3D-моделирования. – Питер. – 2012. - 304 с.
2. Большаков В.П., Тозик В.Т., Чагина А.В. Инженерная и компьютерная графика. - БХВ-Петербург. – 2012. - 208 с.
3. КОМПАС 3D V15. Руководство пользователя. – АСКОН. - 2014. – 526 с.
4. Ганин Н.Б. Трехмерное проектирование в КОМПАС-3D. - ДМК-Пресс. – 2012. - 784 с.
5. Герасимов А.А. Новые возможности КОМПАС-3D V13. Самоучитель. - БХВ-Петербург. – 2011. - 288с.
6. <http://saprblog.ru>.