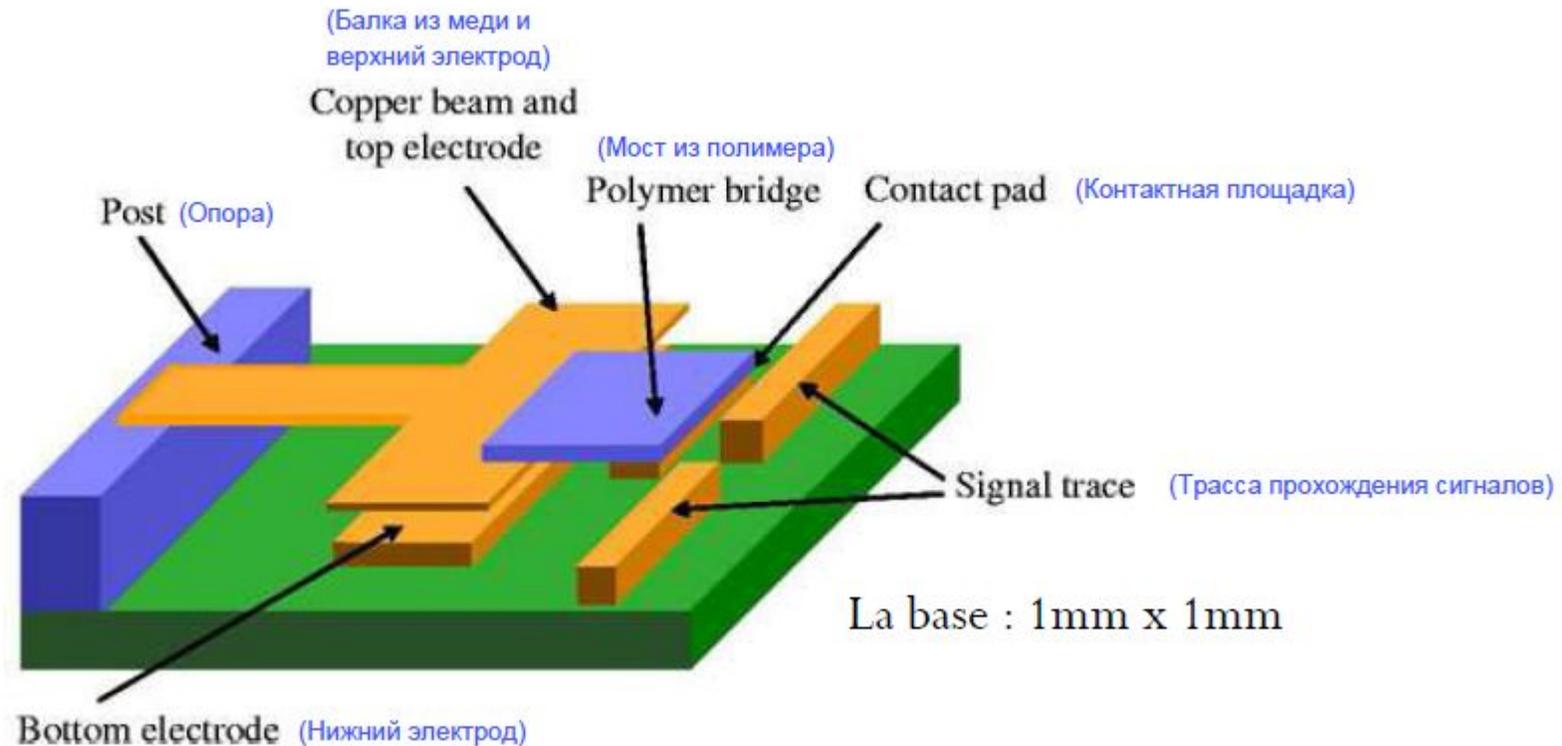


РАСЧЕТ МИКРОСБОРКИ (МИКРОВЫКЛЮЧАТЕЛЯ)

Микропроцессорная технология позволяет реализовать миниатюрные механические конструкции, которые могут быть интегрированы непосредственно в электронный компонент: акселерометр системы разворачивания воздушных подушек, угломер на смартфоне и т.д.... Микроконтакты или миниатюрные коммутаторы обладают большим коммерческим потенциалом. Действительно, они позволяют уменьшить габаритные размеры за счет небольшого размера компонентов, интеграции этих устройств в полупроводниковые технологии, а также снизить стоимость производства. Кроме того, коммутаторы также имеют очень хорошие характеристики с точки зрения низкого потребления энергии, высокой изоляции в открытом состоянии, высокой линейности и уменьшения потерь в закрытом состоянии.



Расчет микровыключателя:

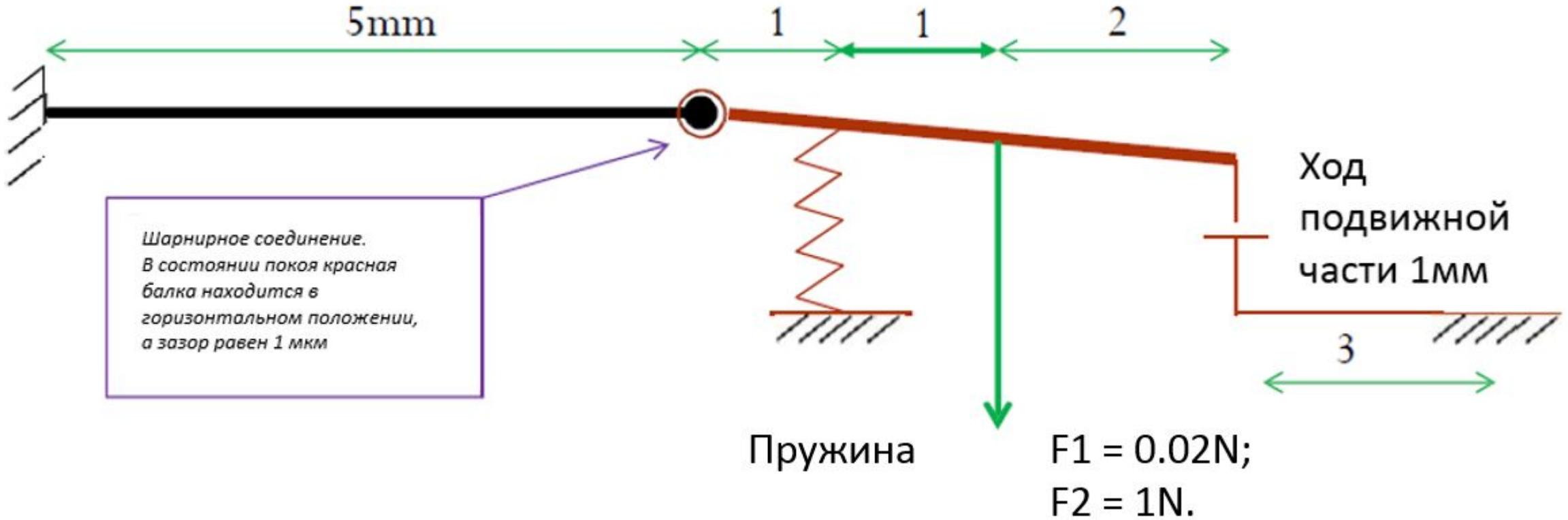
Модель

Изготовитель хочет проверить два момента:

- 1) Паразитная сила по величине $< F1$ не должна закрывать контакт;
- 2) Сила $F2$ должна закрывать контакт с достаточным контактным давлением.

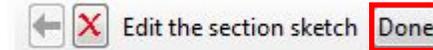
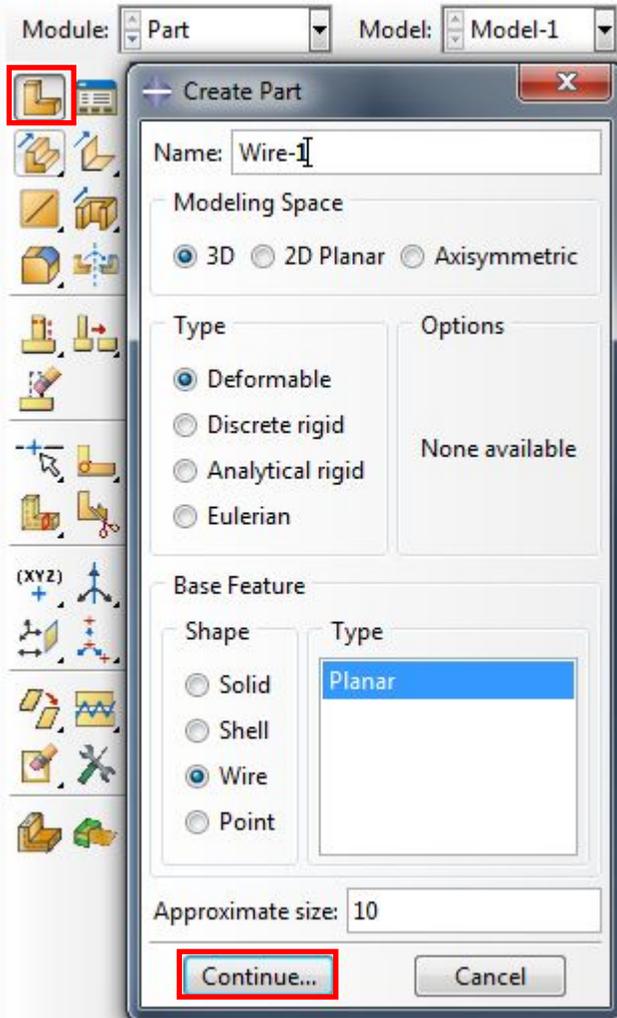
Балки имеют сечение: $h = 0,2$; $L = 1$ мм, они изготовлены из алюминия.

Quantity	SI	SI(mm)	SI	US Unit(ft)	US Unit(inch)
Length	<i>m</i>	<i>mm</i>	<i>m</i>	<i>ft</i>	<i>in</i>
Force	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>kN</i>	<i>lbf</i>	<i>lbf</i>
Mass	<i>kg</i>	<i>tonne (10³kg)</i>	<i>tonne</i>	<i>slug</i>	<i>lbf s²/in</i>
Time	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>s</i>
Stress	<i>Pa (N/m²)</i>	<i>MPa (N/mm²)</i>	<i>kPa</i>	<i>lbf/ft²</i>	<i>psi (lbf/in²)</i>
Energy	<i>J</i>	<i>mJ (10⁻³J)</i>	<i>KJ</i>	<i>ftlbf</i>	<i>inlbf</i>
Density	<i>kg/m³</i>	<i>tonne/mm³</i>	<i>tonne/m³</i>	<i>slug/ft³</i>	<i>lbf s²/in⁴</i>

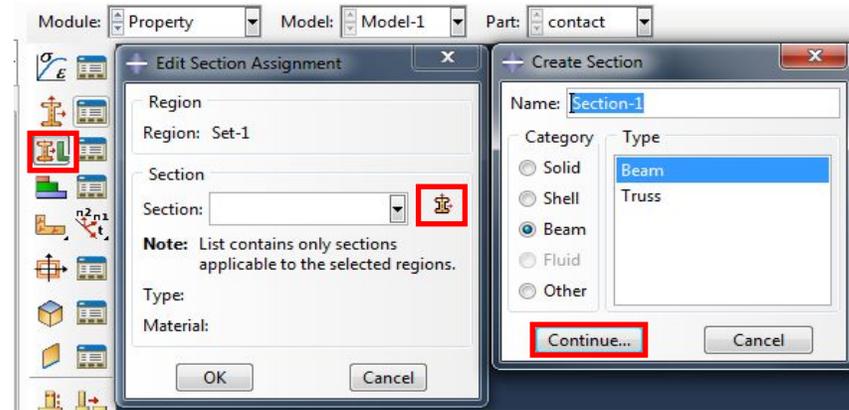


Часть 1: статический анализ

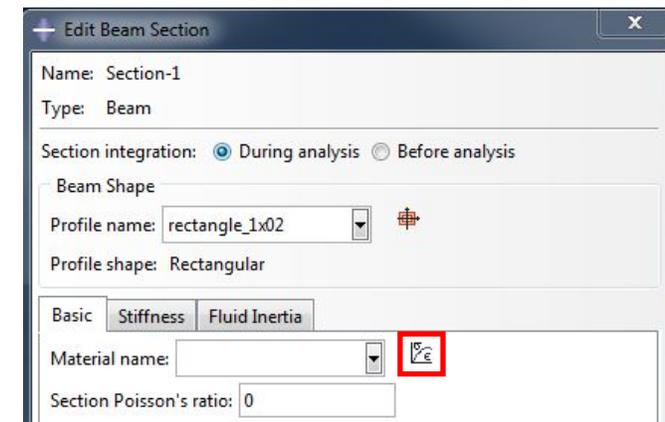
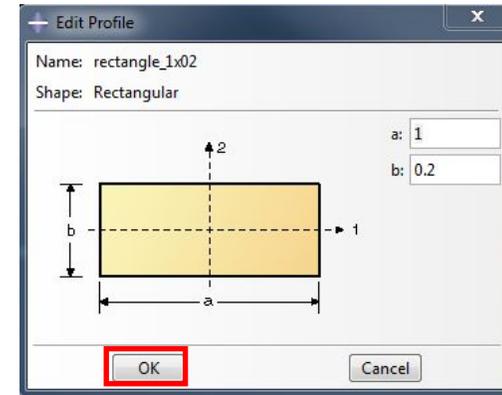
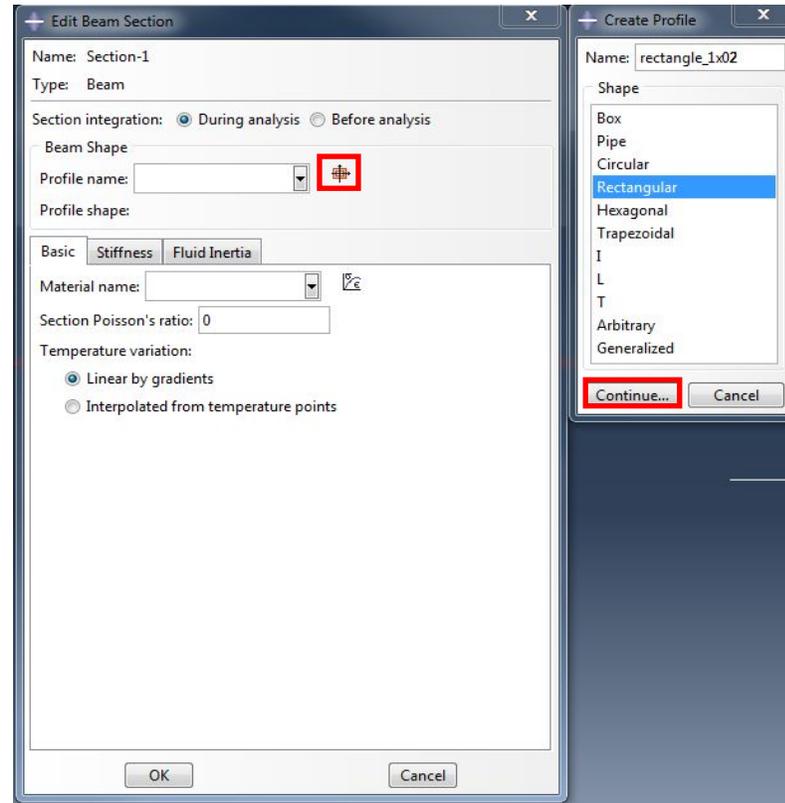
- 1) Создадим геометрию микровыключателя. Для этого в модуле Part выберем инструмент Create Part. Далее используем инструменты Create Lines: Connected, Add Constraint и Add Dimension:



2) Далее назначим свойства сечения. Для этого в модуле Property выбираем инструмент Assign Section, выбираем верхние балки и в открывшемся диалоге создаем сечение и назначаем свойства материала:



+





← Edit Material ✕

Name:

Description:

Material Behaviors

- Density
- Elastic**

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Elastic

Type: ▼ Suboptions

Use temperature-dependent data

Number of field variables:

Moduli time scale (for viscoelasticity):

No compression

No tension

Data

	Young's Modulus	Poisson's Ratio
1	72000	0.3

OK Cancel



← Edit Material ✕

Name:

Description:

Material Behaviors

- Density**
- Elastic

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Density

Distribution:

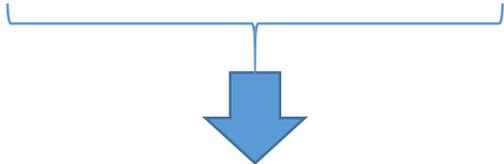
Use temperature-dependent data

Number of field variables:

Data

	Mass Density
1	2.7E-009

OK Cancel





Edit Beam Section

Name: Section-1
Type: Beam

Section integration: During analysis Before analysis

Beam Shape

Profile name: rectangle_1x02 

Profile shape: Rectangular

Basic **Stiffness** Fluid Inertia

Material name: Alu 

Section Poisson's ratio: 0

Temperature variation:

Linear by gradients
 Interpolated from temperature points

OK Cancel

Аналогично назначаем свойства сечения для нижней балки:

Module: Model: Part:

← Edit Section Assignment

Region
Region: Set-2

Section
Section: Section-1

Note: List contains only sections applicable to the selected regions.

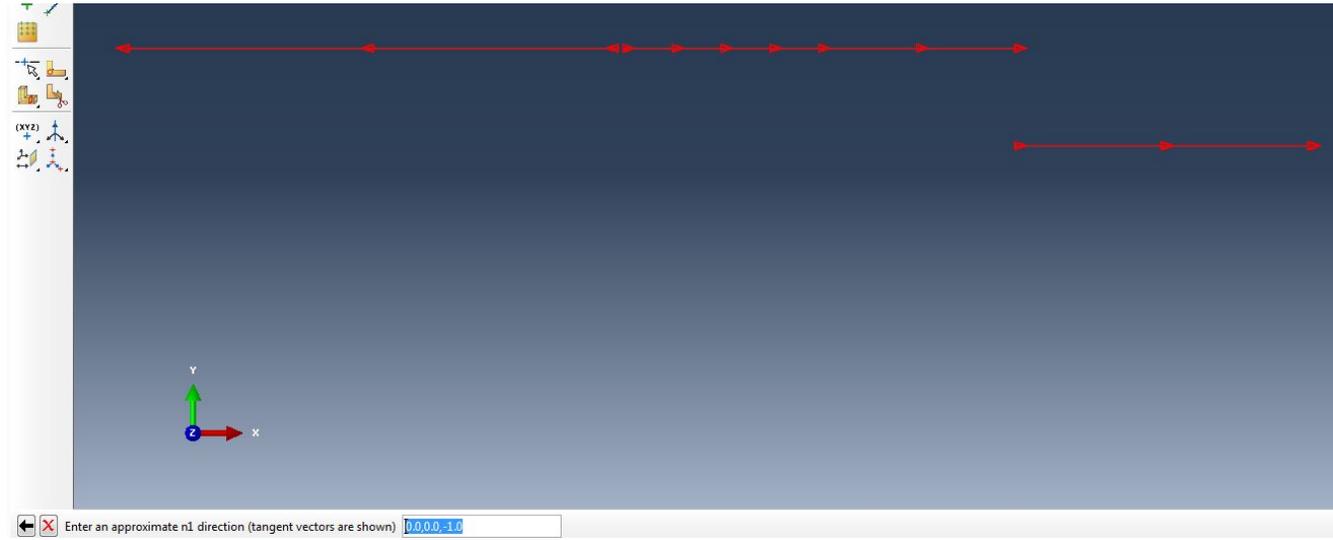
Type: Beam
Material: Alu

OK Cancel

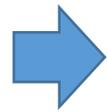
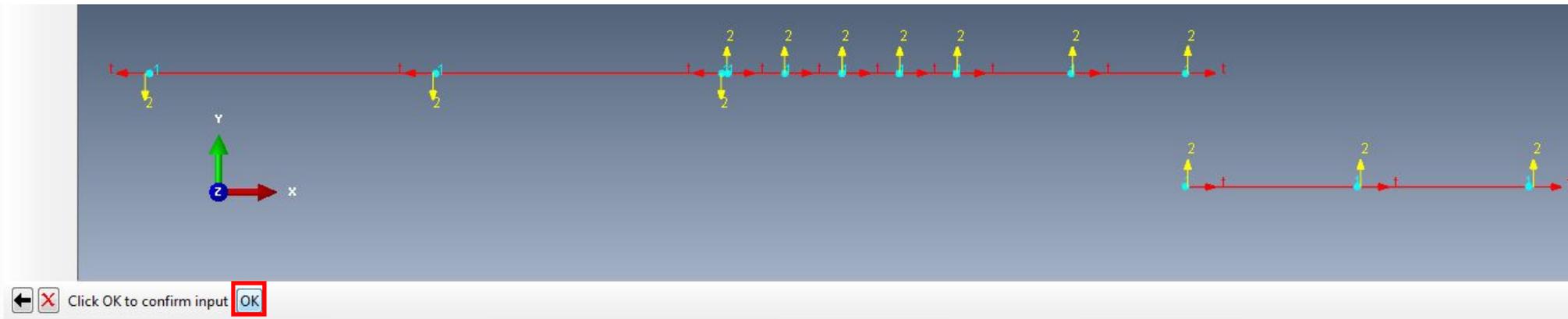


← X Select the regions to be assigned a section (Create set:) Done

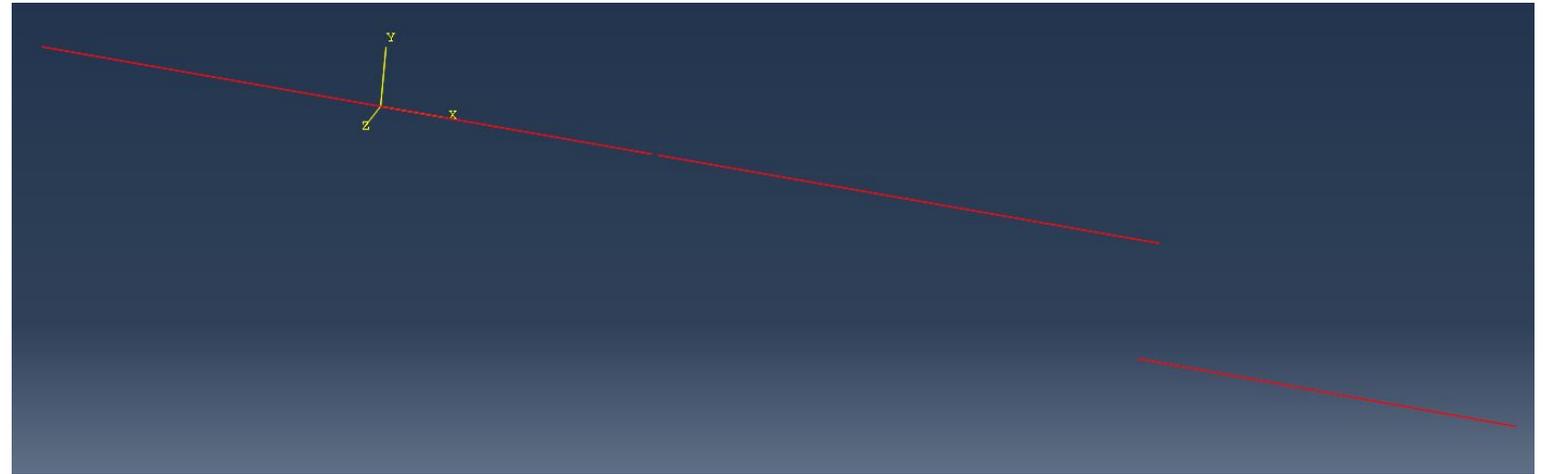
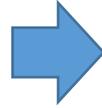
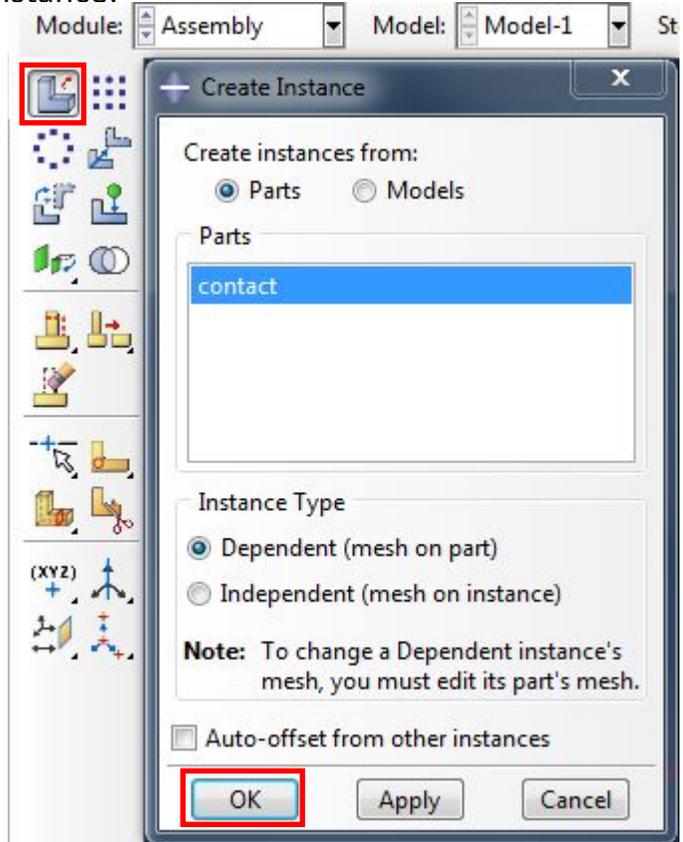
3) Далее назначим ориентацию балок. Для этого в модуле Property выберем инструмент Assign Beam Orientation и выберем все наши



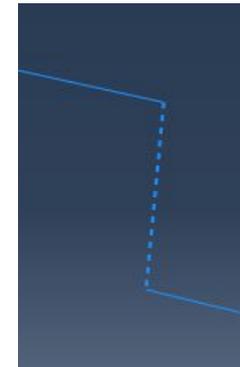
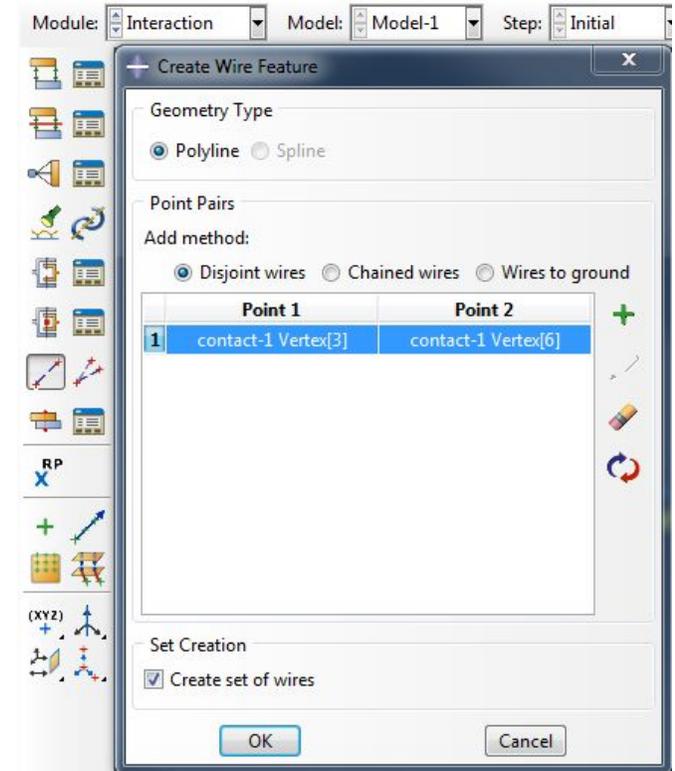
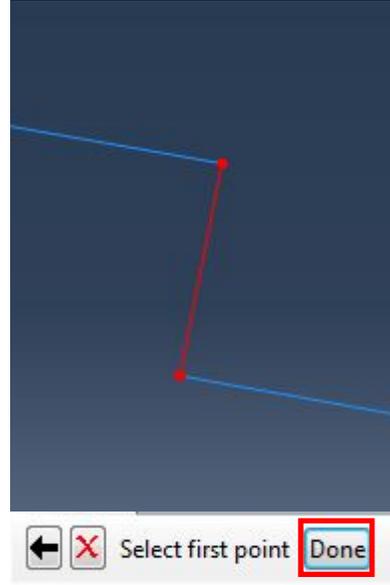
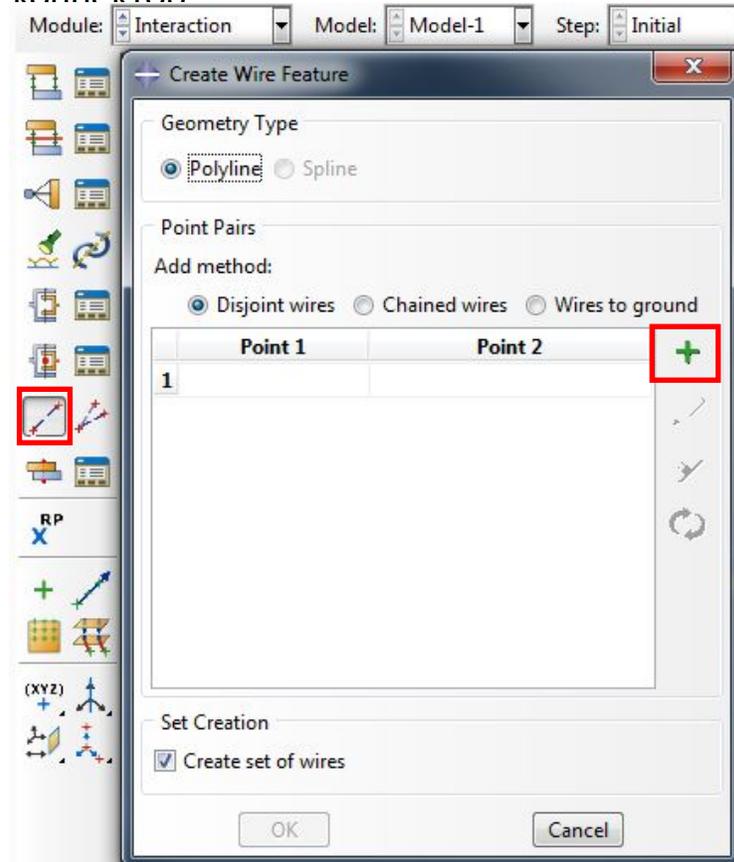
ENTER



4) Перед тем как двигаться дальше, соберем нашу модель. Для этого в модуле ASSEMBLY выберем инструмент Create Instance:

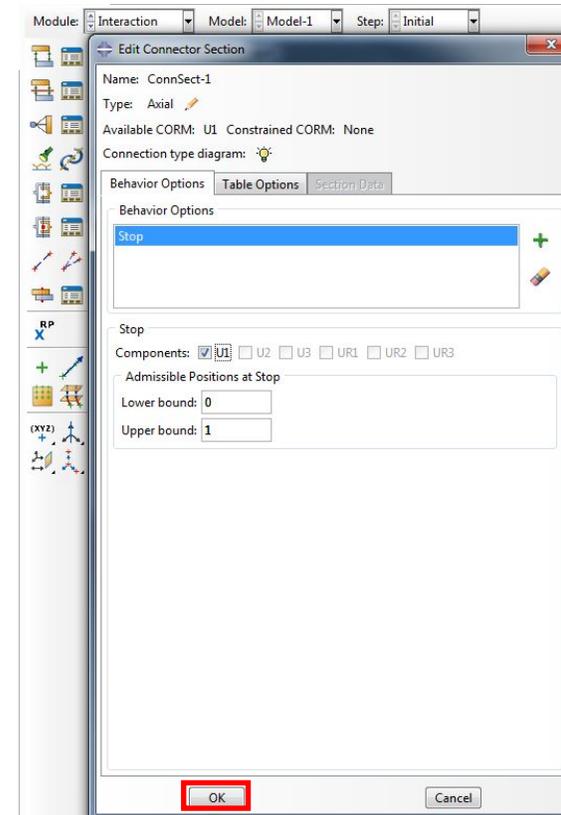
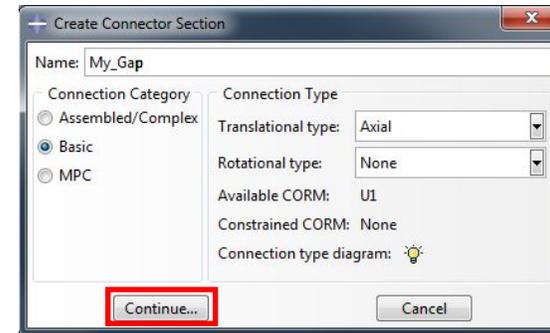
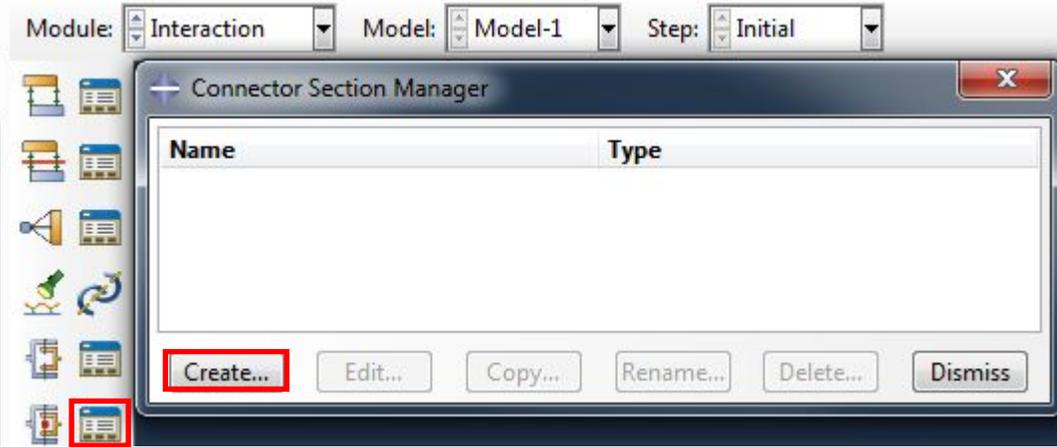


5) Создадим stop-разъем. Вначале создадим WIRE (проволочную геометрию), которой затем назначим коннектор:

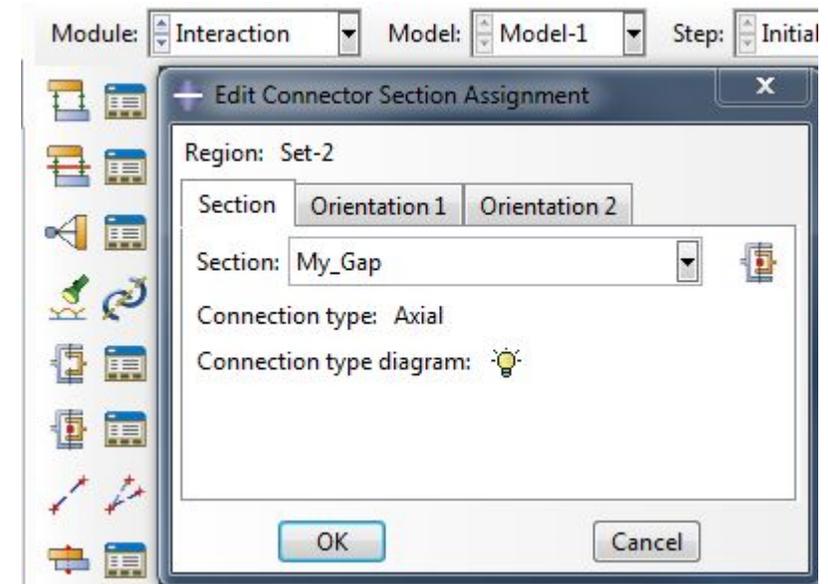
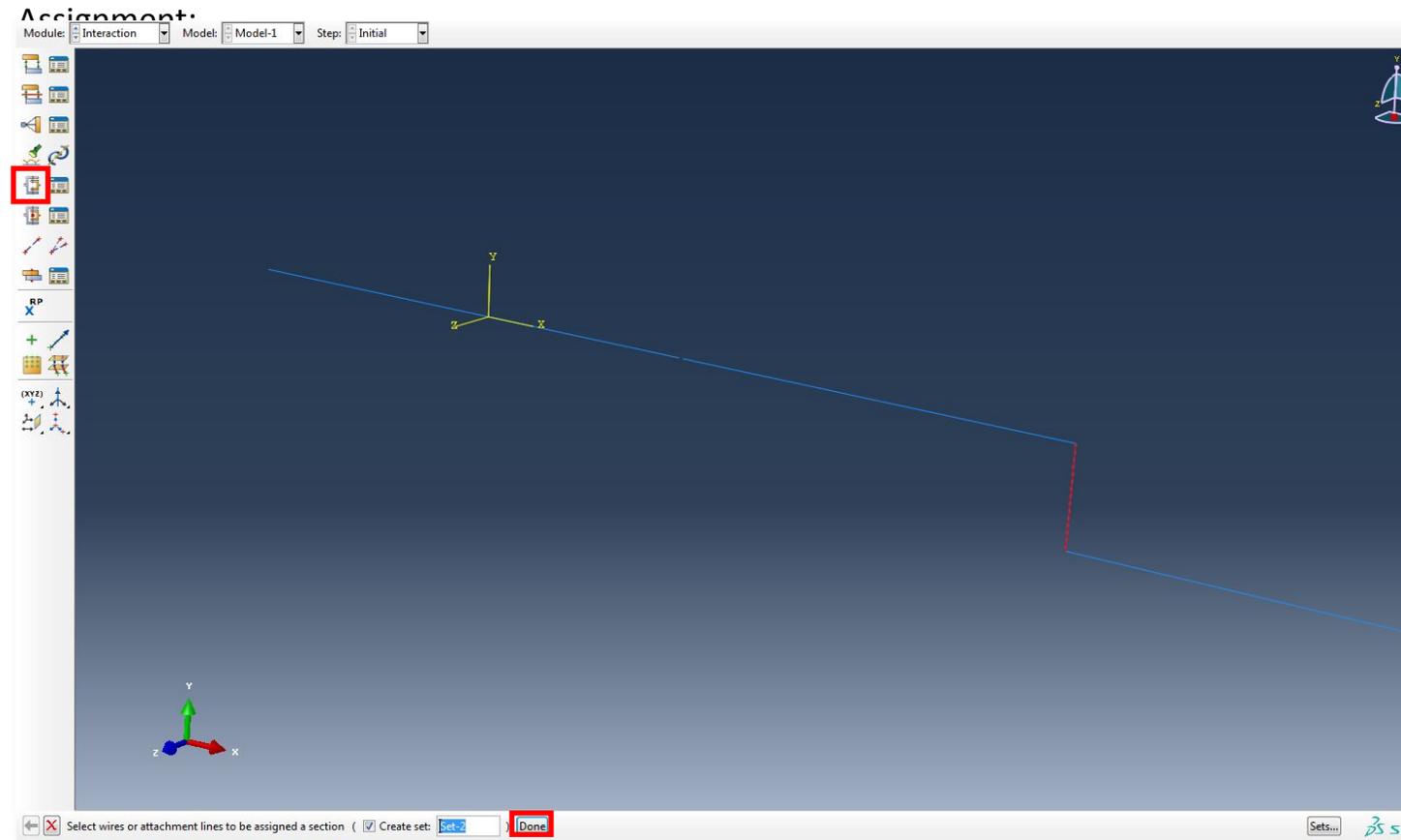


Проволочная геометрия отображается пунктиром:

Далее создадим сечение коннектора. Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Connector Section Manager:

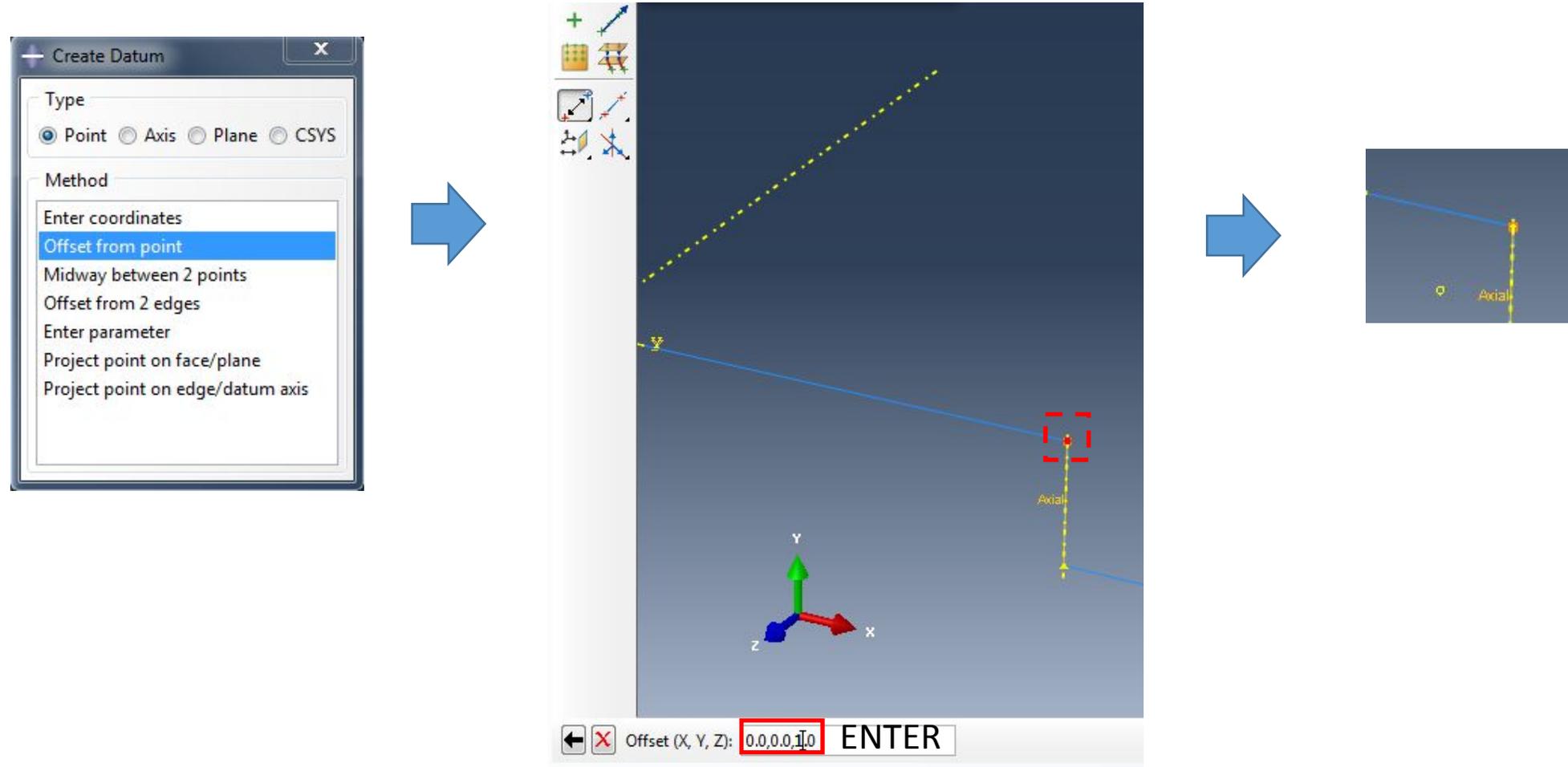


Далее назначим сечение коннектора. Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Connector

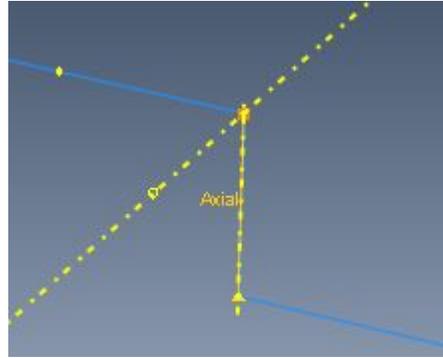
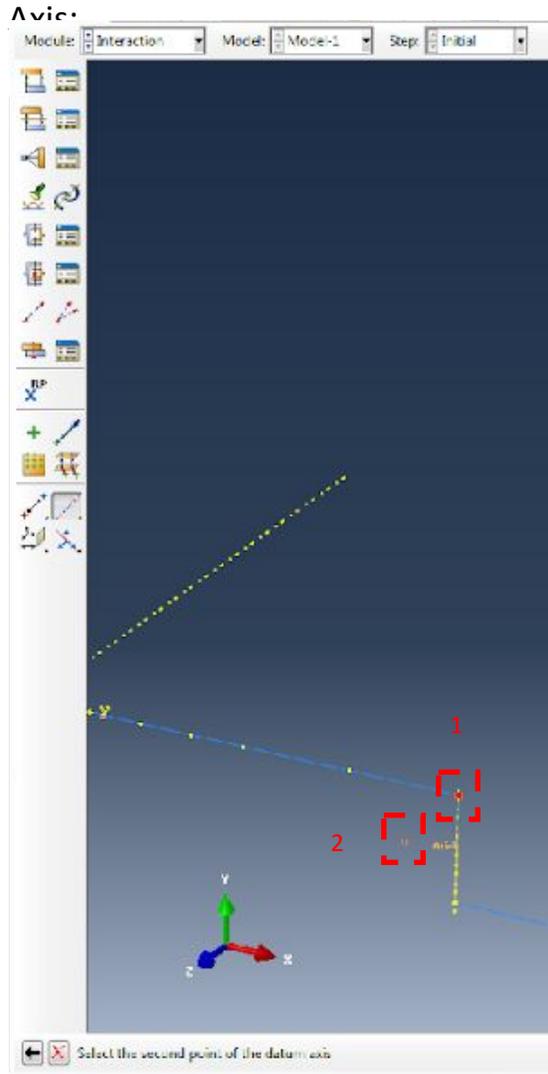


Данному коннектору нужно назначить правильную систему координат. Для этого в модуле Interaction вначале создадим точку. Зайдем в меню Tools

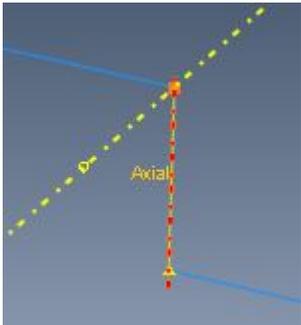
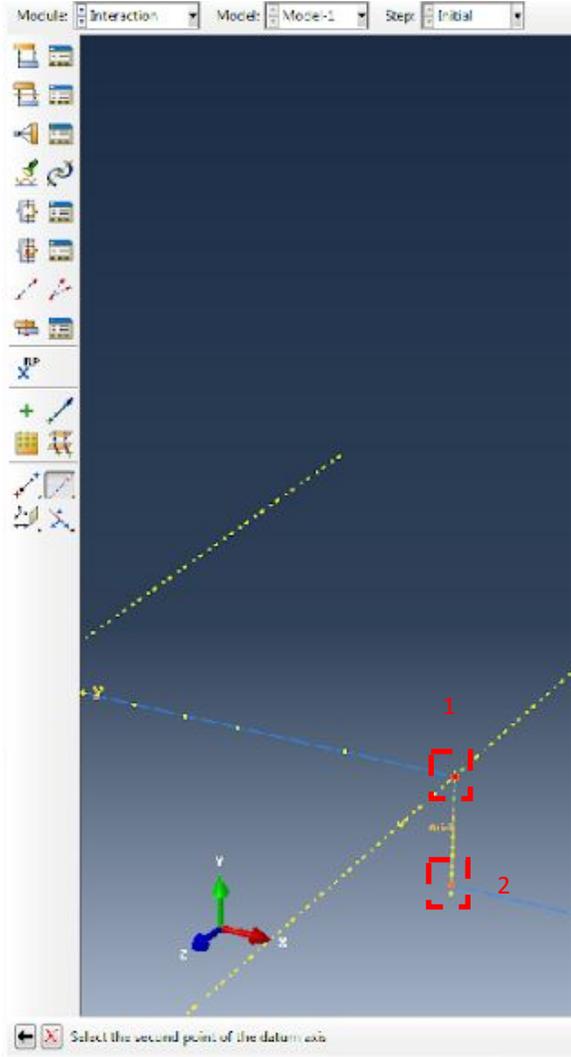
Datum... Далее выбираем точку и вводим величину отступа от нее:



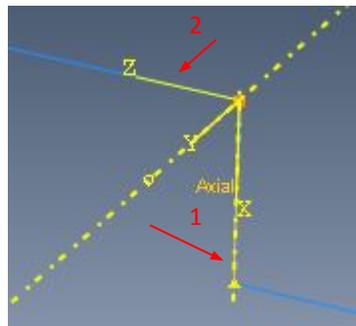
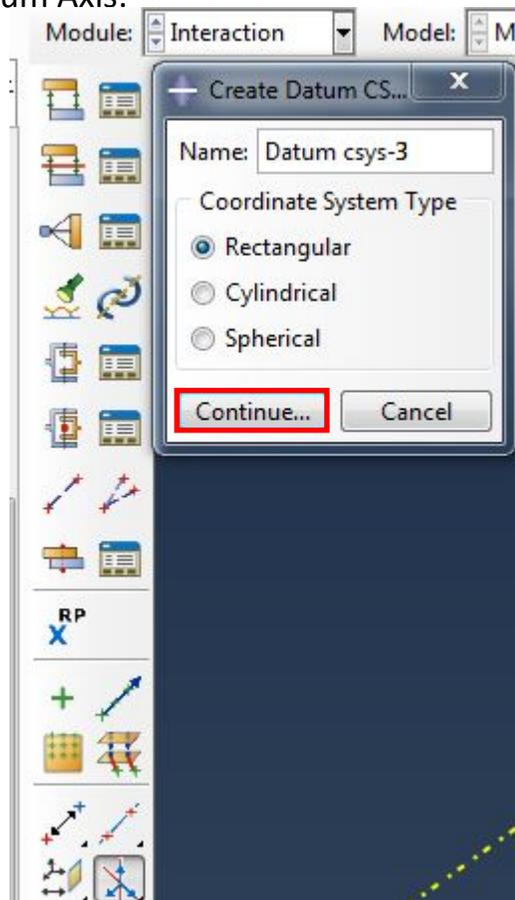
Далее на основе этой точки создадим ось (Y). Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Datum



Далее на основе уже существующих точек создадим ось (X). Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Datum Axis:



Далее на основе уже существующих осей создадим систему координат. Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Datum Axis:



После этого отредактируем ориентацию уже существующего коннектора My_Gap, переназначив систему координат

The image shows a CAD software interface with a model and an open dialog box. The model features a blue wireframe structure with a yellow dashed line representing a connector. A coordinate system is visible at the bottom left of the model area, with axes labeled X, Y, and Z. The dialog box, titled "Edit Connector Section Assignment", is open over the model. It has a "Region" dropdown set to "Set-2". Below this, there are tabs for "Section", "Orientation 1", and "Orientation 2". The "Specify CSYS" field is set to "Datum csys-3". There are two radio button options: "No modifications to CSYS" (selected) and "Additional rotation angle: 0 degrees". Below these, there are three radio button options for "About axis": 1, 2, and 3. The "OK" and "Cancel" buttons are at the bottom of the dialog. The left sidebar shows a tree view of the model's structure, including "Wire-1", "Datum pt-1", "Datum axis-1", "Datum csys-2", "Wire-2", "Datum axis-2", "Datum pt-2", "Datum axis-3", "Datum csys-3", "Sets (10)", "Set-2", "Set-4", "Set-6", "Set-7", "Set-8", "Wire-1-Set-1", "Wire-2-Set-1", "contact-1.Set-1", "contact-1.Set-2", "contact-1.Set-3", "Surfaces", "Connector Assignments (2)", "My_Gap", "pivot", "Engineering Features", "Inertias (1)", "masse64", "Cracks", "Springs/Dashpots (1)", "Springs/Dashpots-1", "Fasteners", "Steps (2)", "Field Output Requests (1)", and "History Output Requests (1)".

Model Database

- Wire-1
- Datum pt-1
- Datum axis-1
- Datum csys-2
- Wire-2
- Datum axis-2
- Datum pt-2
- Datum axis-3
- Datum csys-3
- Sets (10)
 - Set-2
 - Set-4
 - Set-6
 - Set-7
 - Set-8
 - Wire-1-Set-1
 - Wire-2-Set-1
 - contact-1.Set-1
 - contact-1.Set-2
 - contact-1.Set-3
- Surfaces
- Connector Assignments (2)
 - My_Gap**
 - pivot
- Engineering Features
 - Inertias (1)
 - masse64
 - Cracks
 - Springs/Dashpots (1)
 - Springs/Dashpots-1
 - Fasteners
- Steps (2)
- Field Output Requests (1)
- History Output Requests (1)

RP

(XYZ)

Fill out the Edit Connector Section Assignment dialog

Edit Connector Section Assignment

Region: Set-2

Section Orientation 1 Orientation 2

Specify CSYS: Datum csys-3

No modifications to CSYS

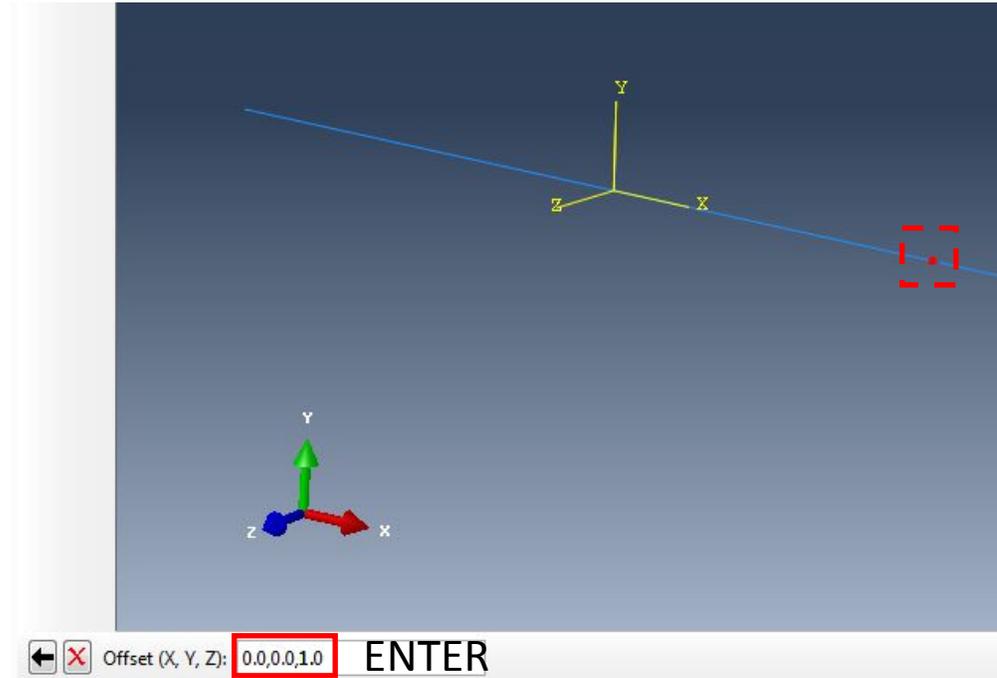
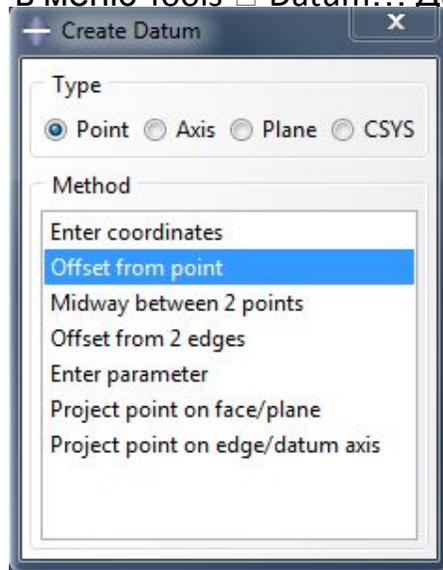
Additional rotation angle: 0 degrees

About axis: 1 2 3

OK Cancel

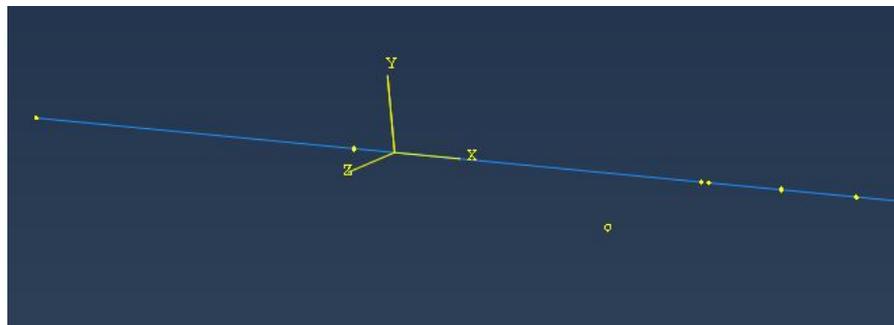
6) Создадим шарнир. Для этого вначале создадим для него вспомогательную систему координат. Перед этим создадим вспомогательную точку, зайдя

в меню Tools Datum... Далее выбираем точку и вводим величину отступа от нее:

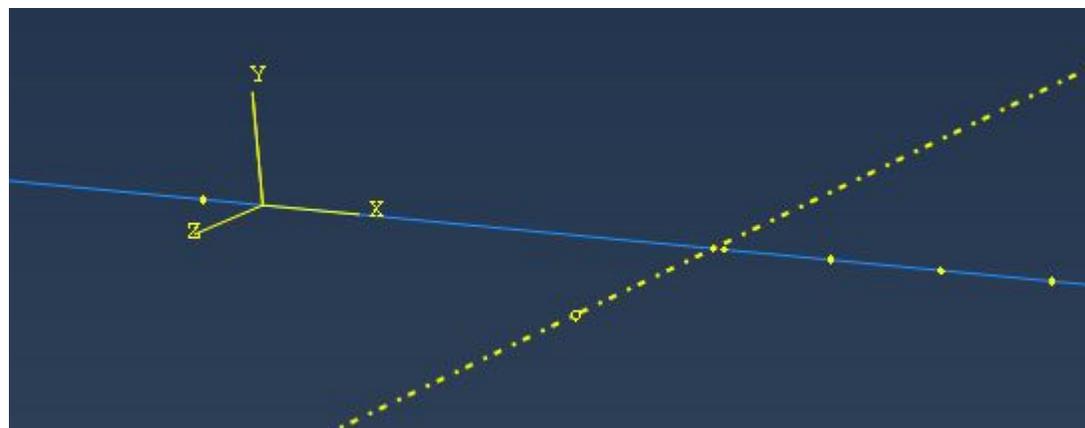
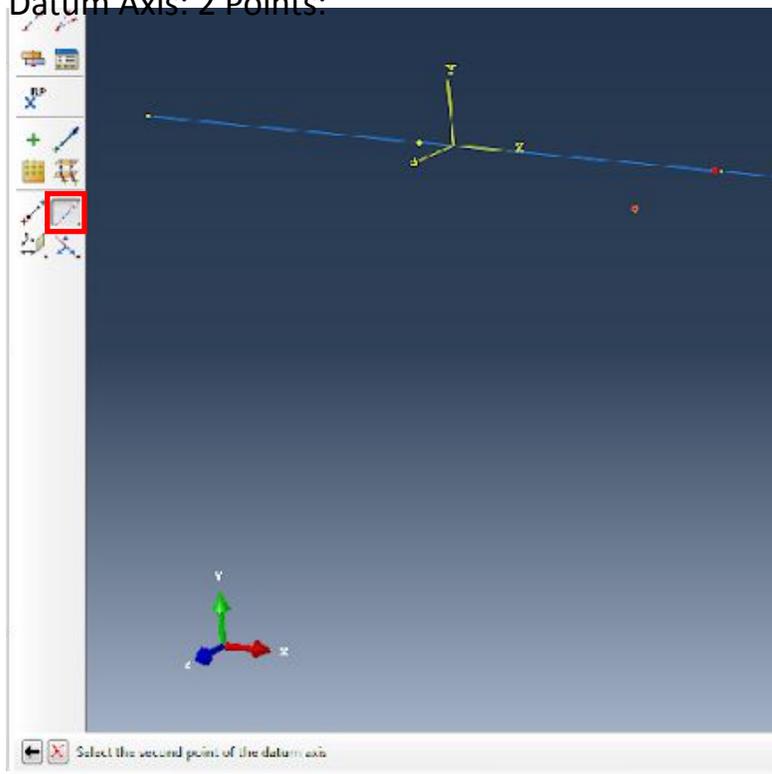


  Select a point from which to offset



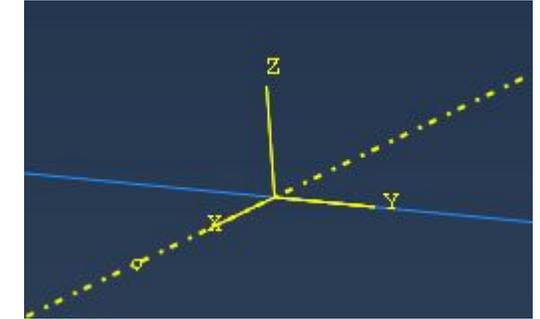
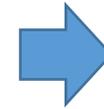
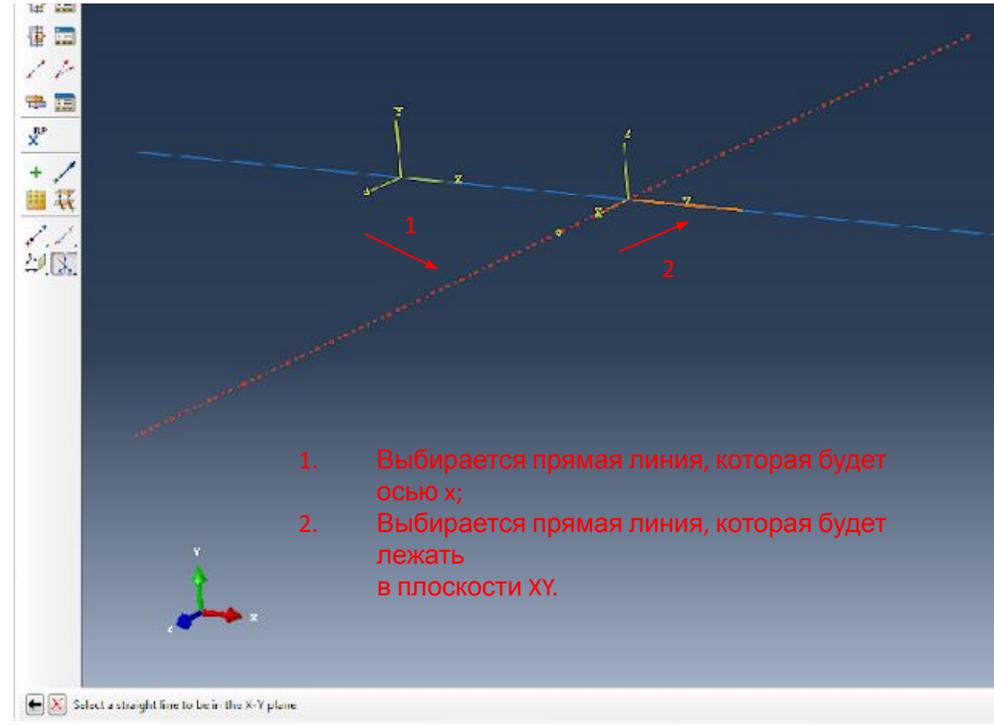
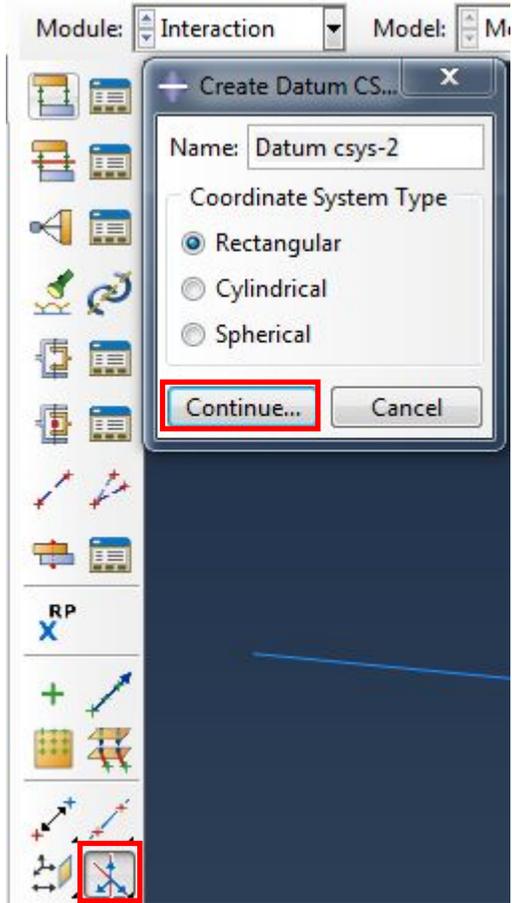


Кроме этого нам понадобится создать вспомогательную ось x.
Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Datum Axis: 2 Points:

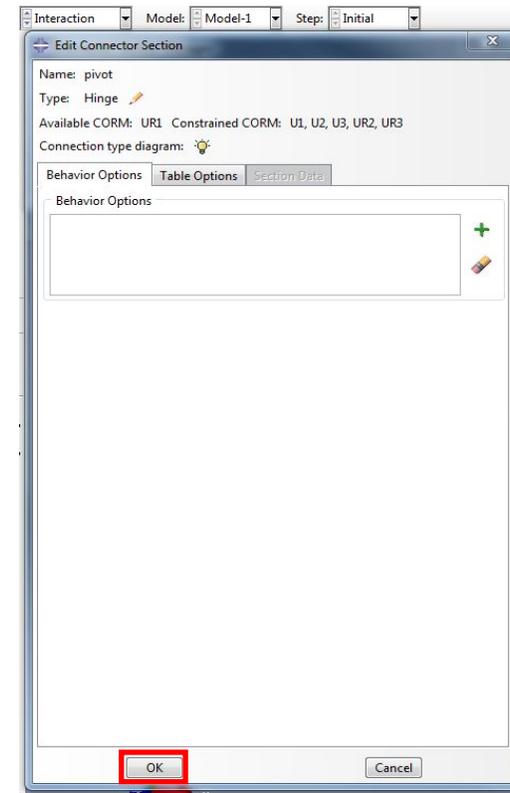
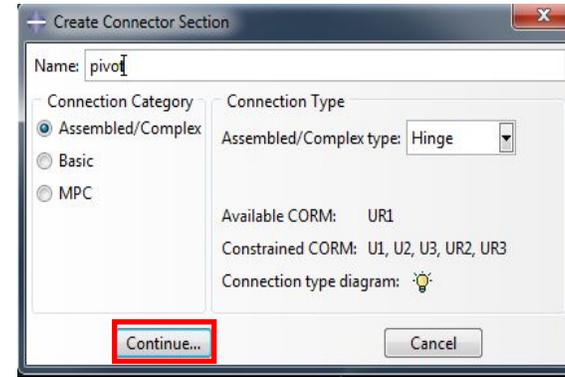
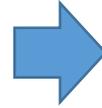
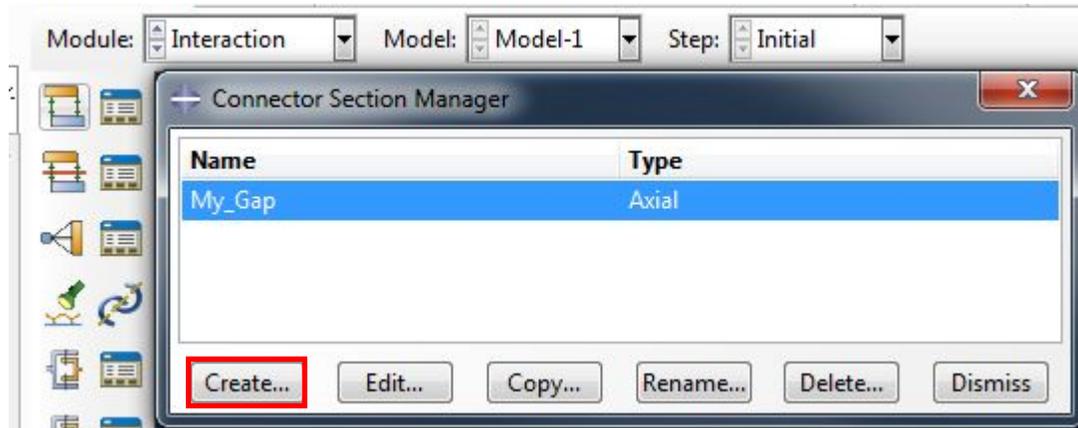


Далее создаем непосредственно саму систему координат. Для этого в модуле Interaction выбираем инструмент Create Datum CSYS:

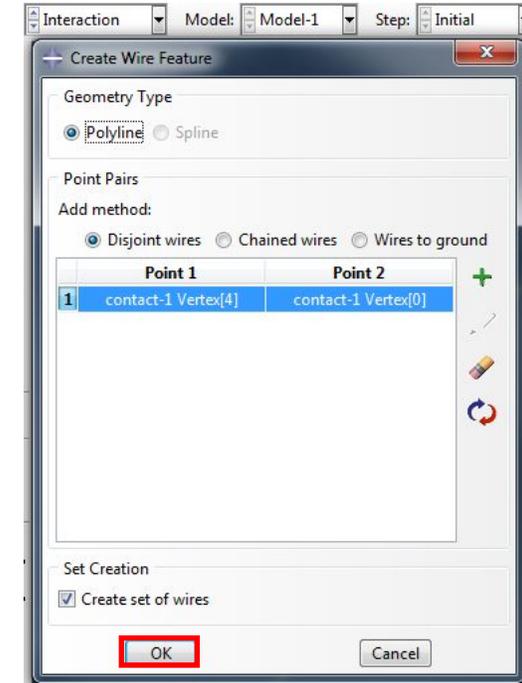
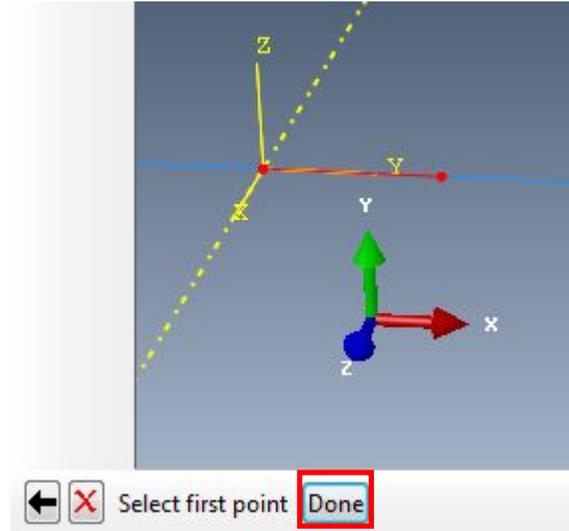
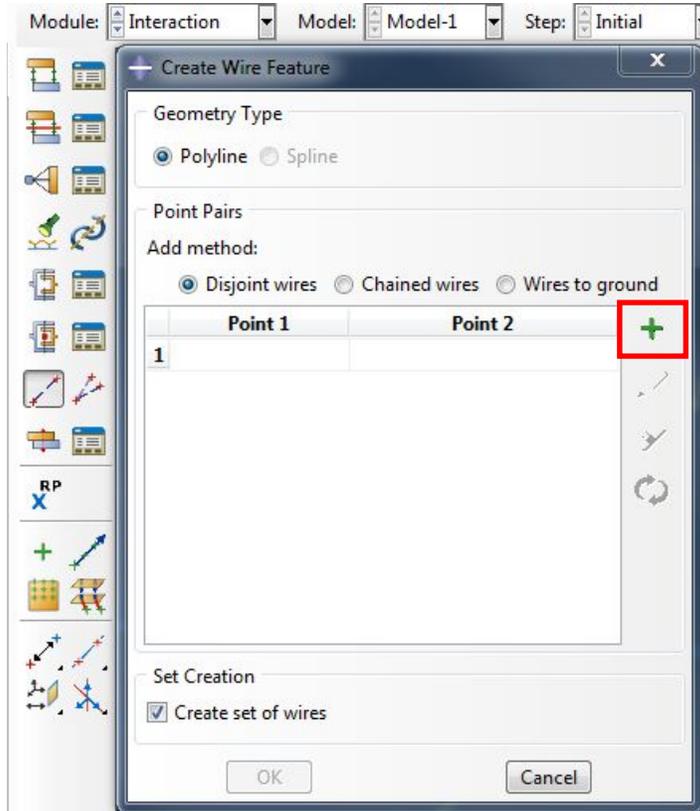
2 lines:

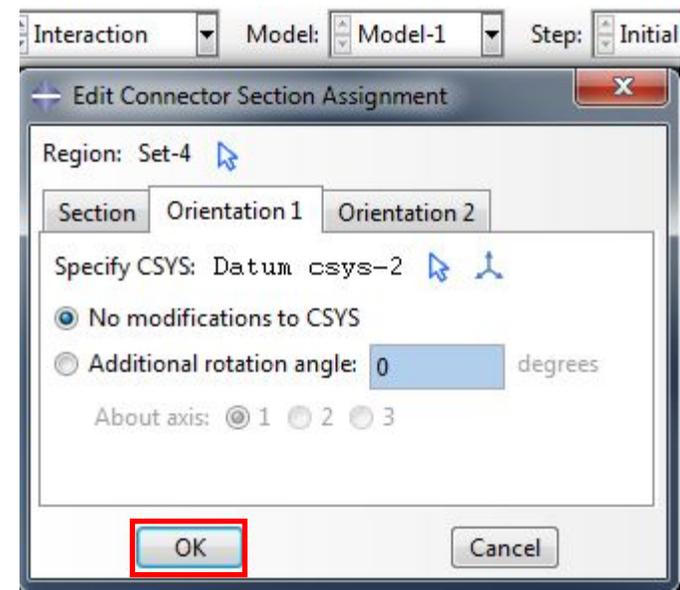
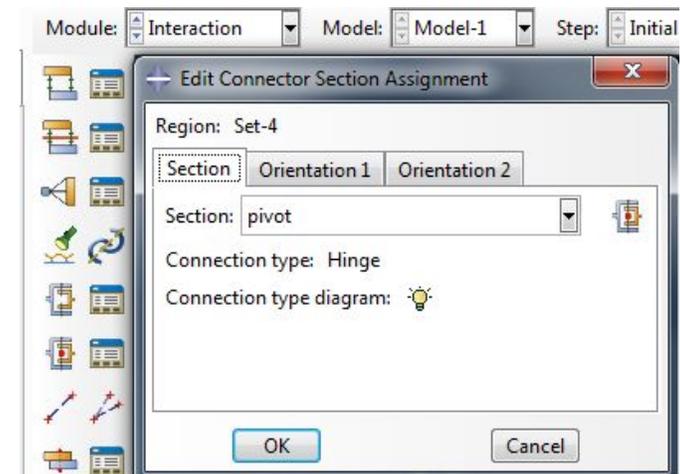
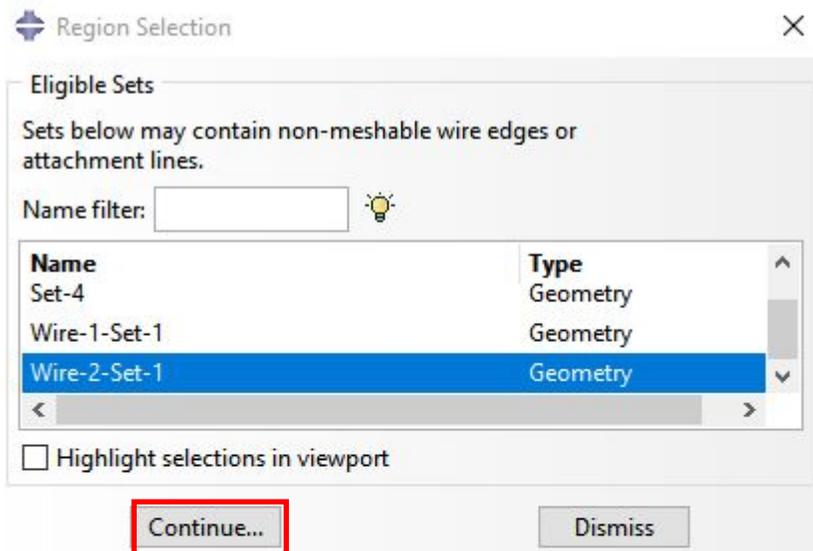
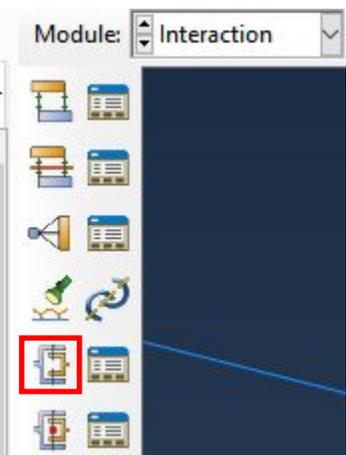


В качестве оси вращения шарнирного соединения обязательно должна быть выбрана ось x в указанной системе координат. С помощью Connector Section Manager /диспетчера сечений коннектора/ создаем новое сечение для шарнира:

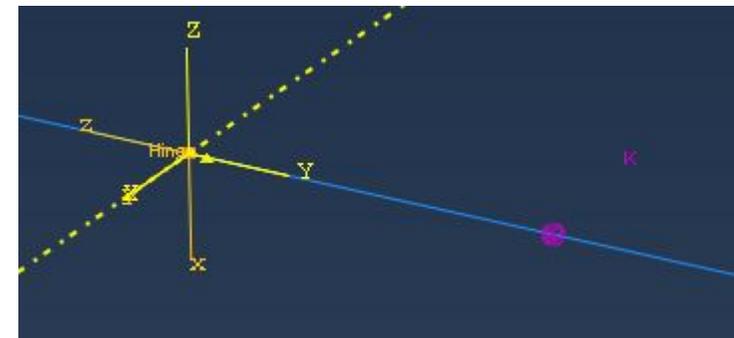
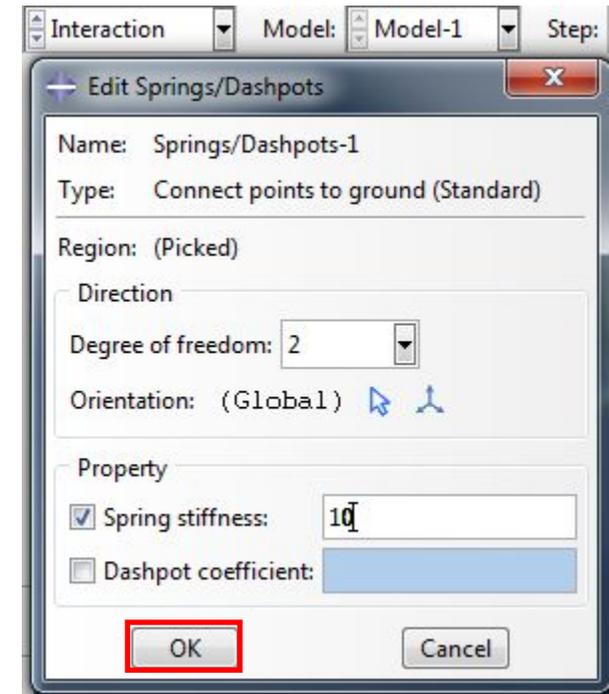
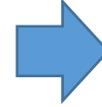
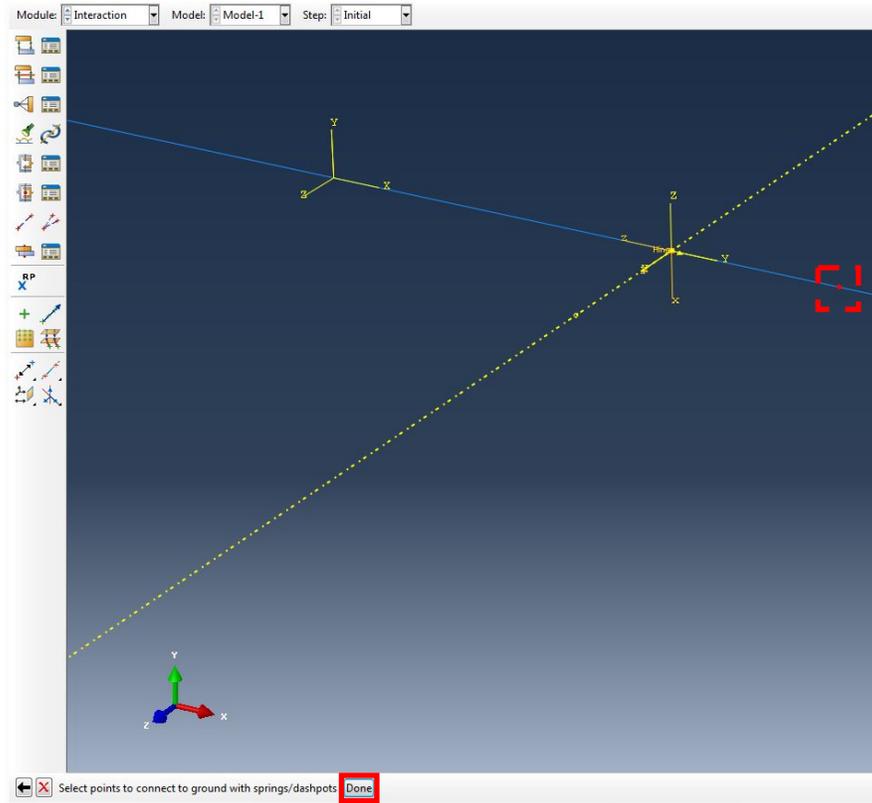
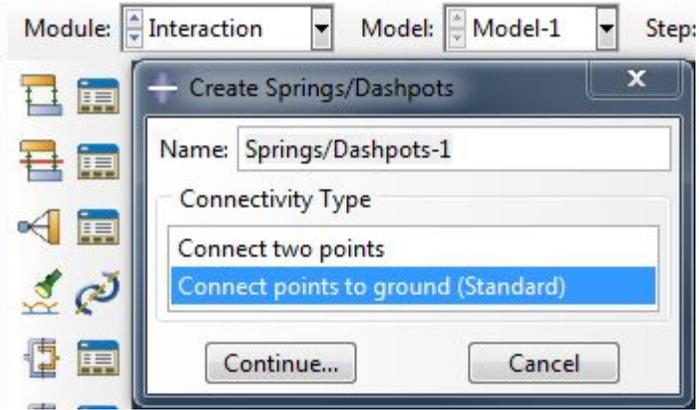


Далее создадим WIRE (проволочную геометрию), которой затем назначим коннектор:

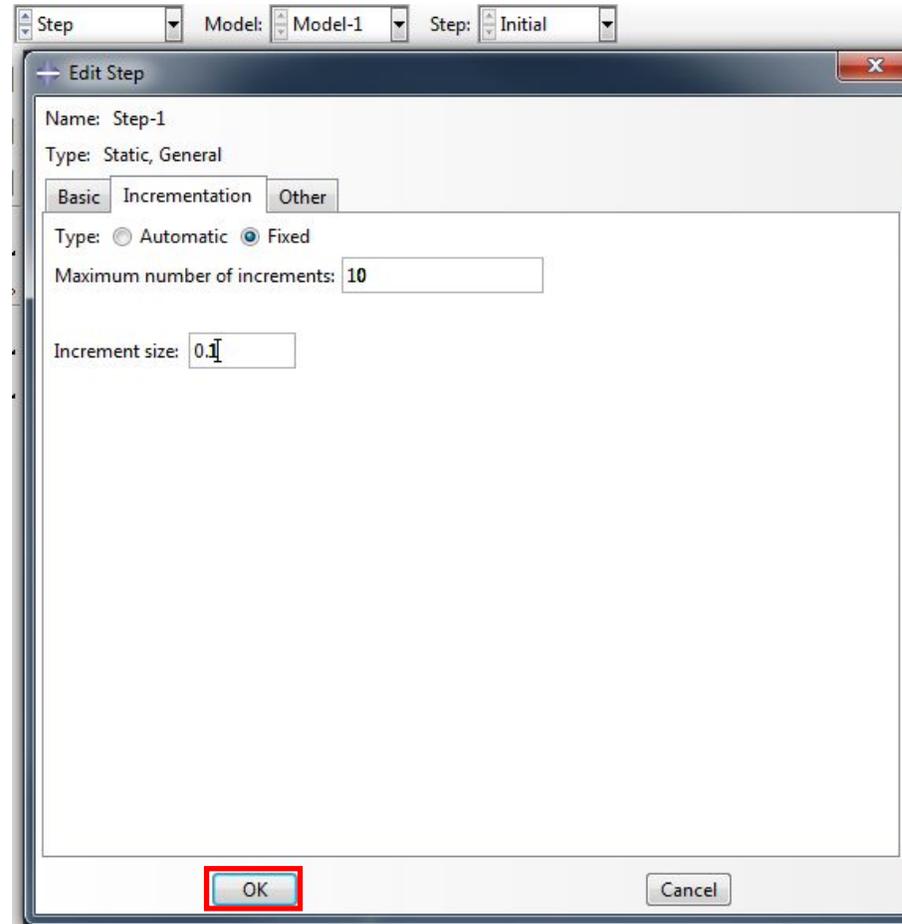
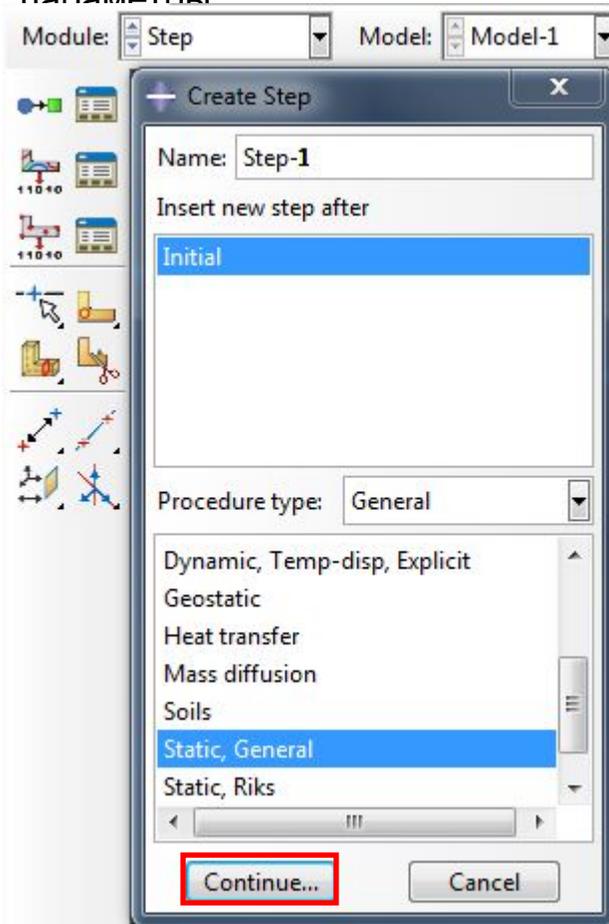




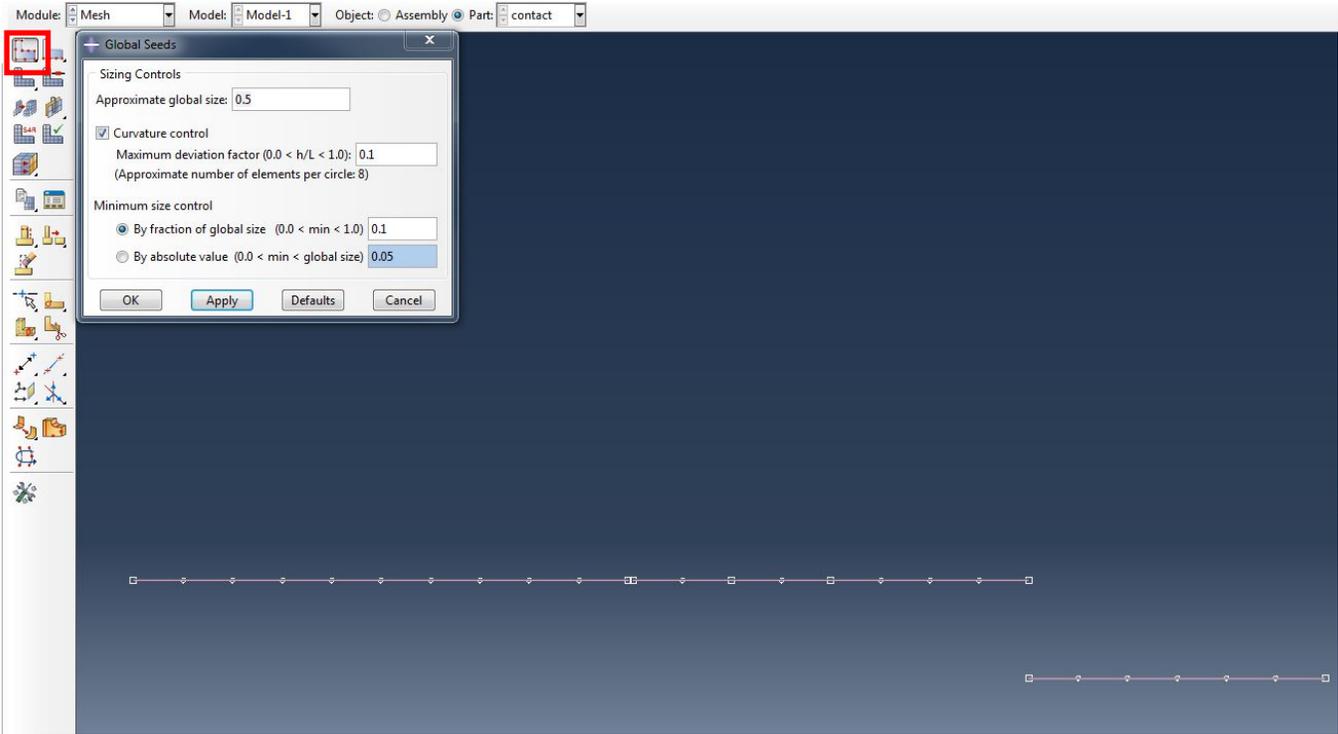
7) Создадим пружину. Для этого в ветви Engineering Features Springs/Dashpots дважды щелкнем по пункту Springs/Dashpots:



8) Создадим шаг анализа. Для этого в модуле Step выберем инструмент Create Step и выберем следующие параметры:

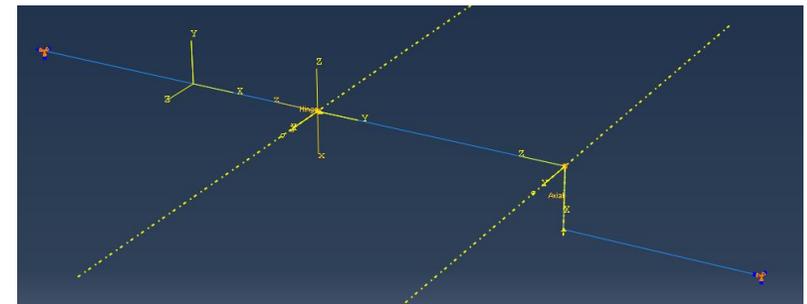
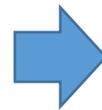
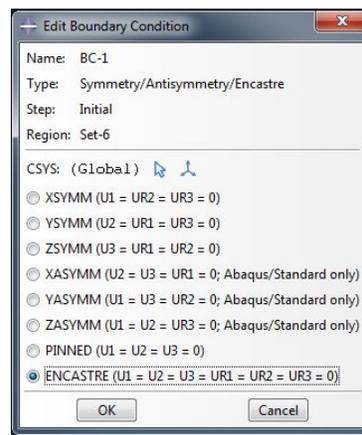
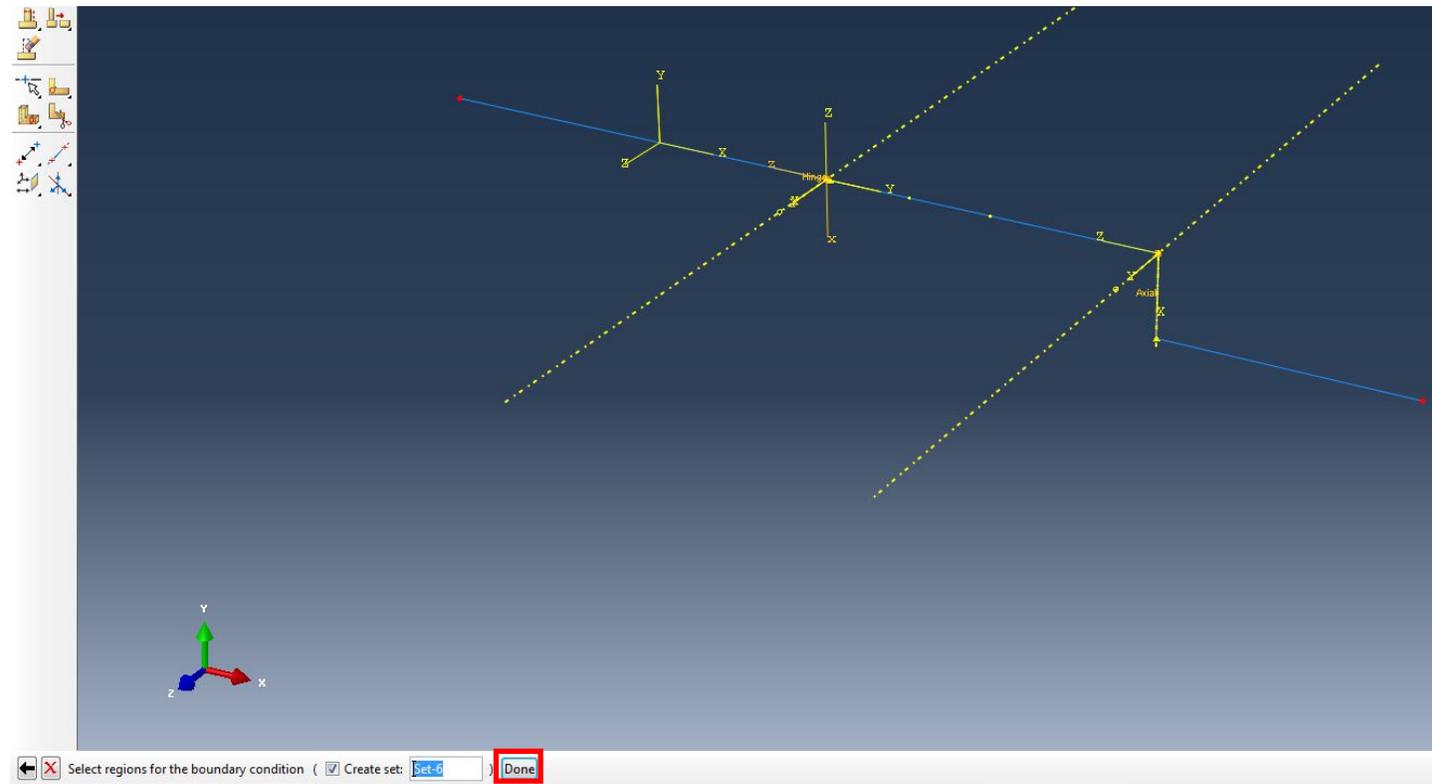
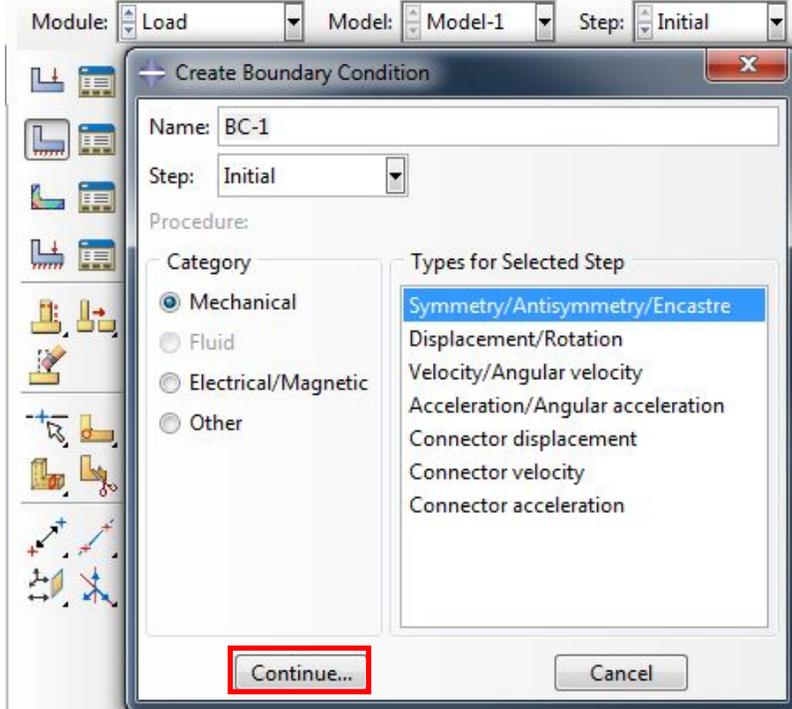


9) Создадим КЭ сетку для нашей модели. Для этого в модуле Mesh выберем инструмент Seed Part Instance:

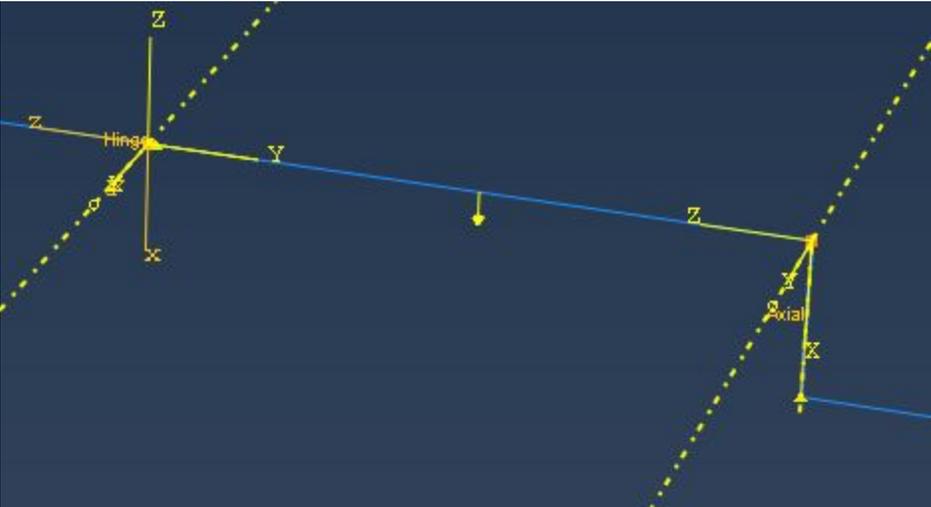
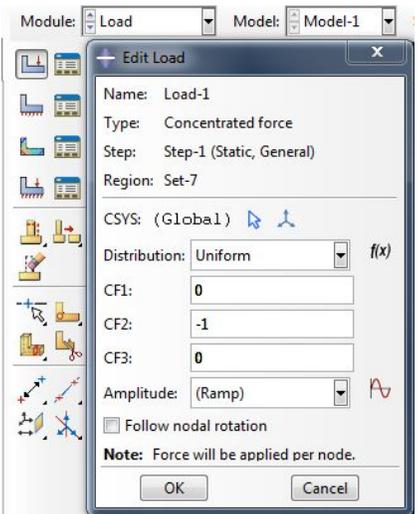
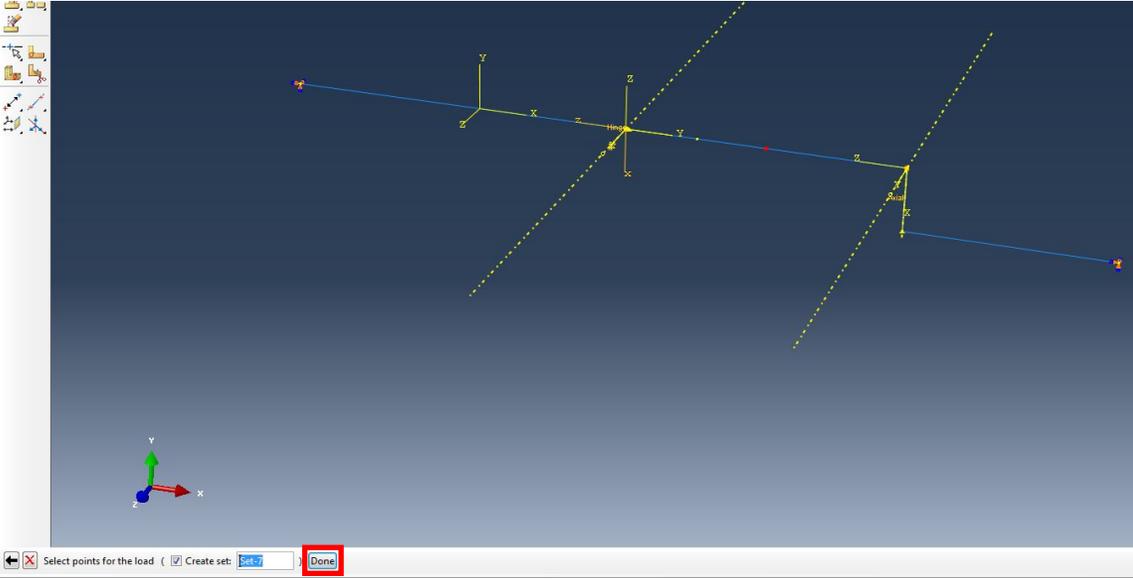
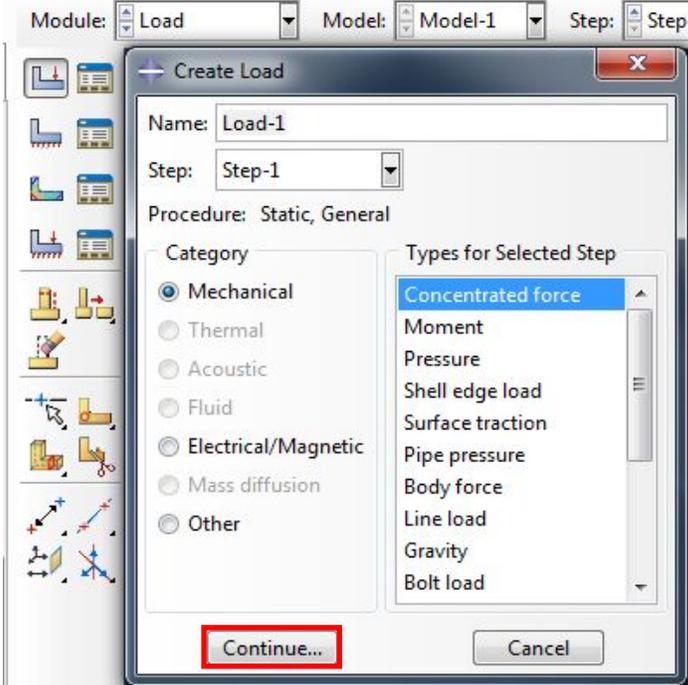


10) Создадим граничные условия для нашей модели. Для этого в модуле Load выберем инструмент Create Boundary

Condition:

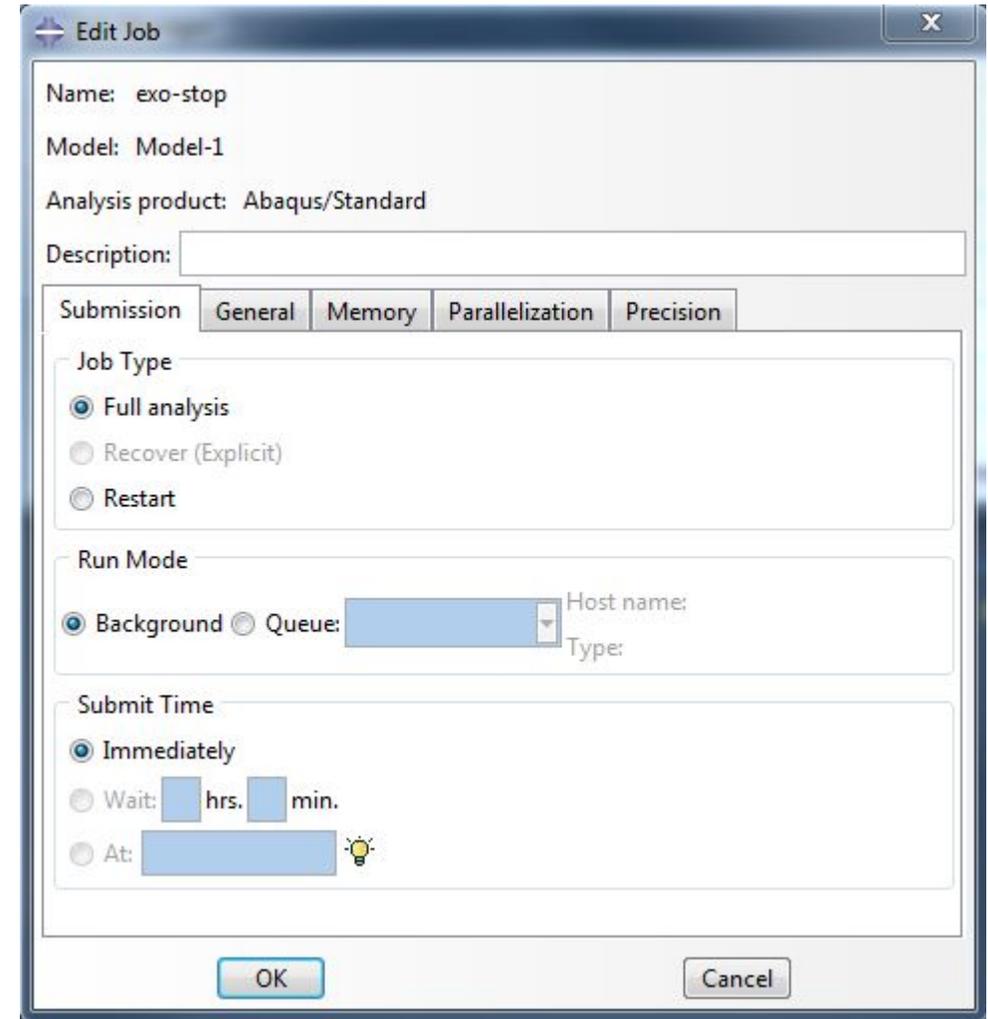
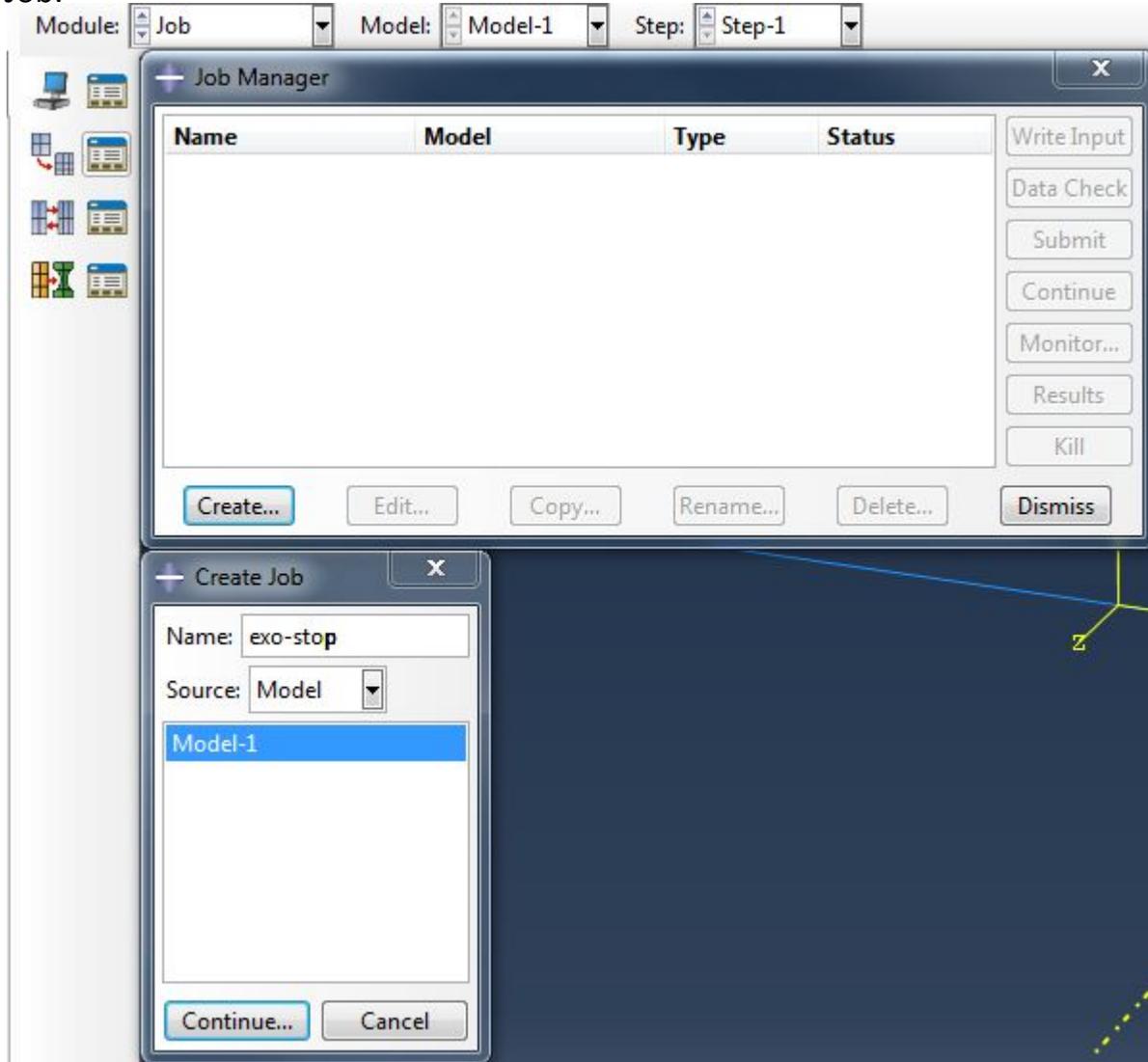


Далее создадим нагрузку для нашей модели. Для этого в модуле Load выберем инструмент Create Load Concentrated Force:

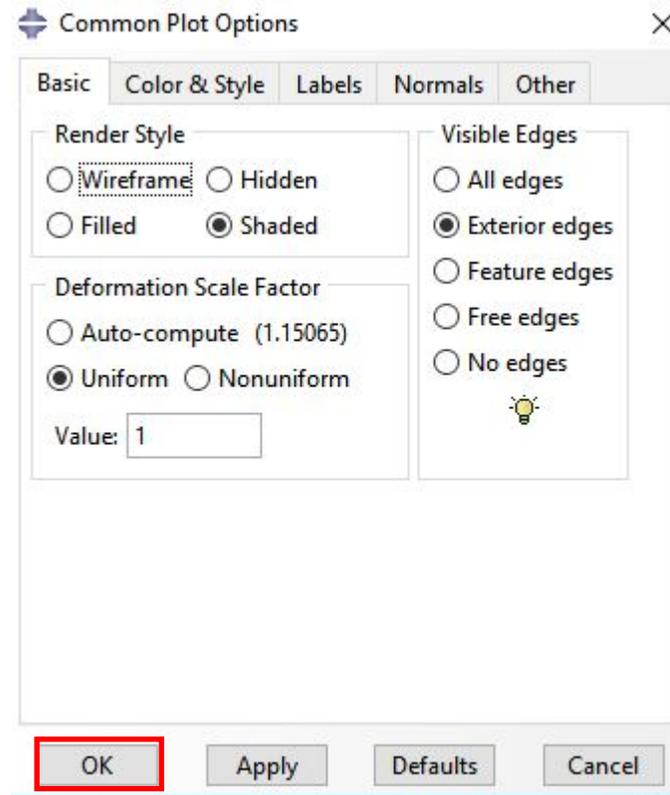
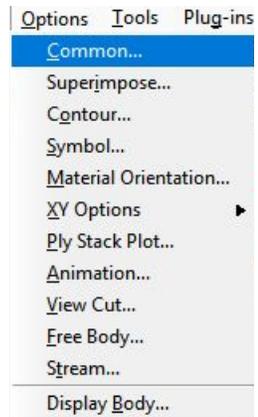


11) Создадим Job /Задачу/ в модуле

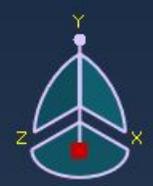
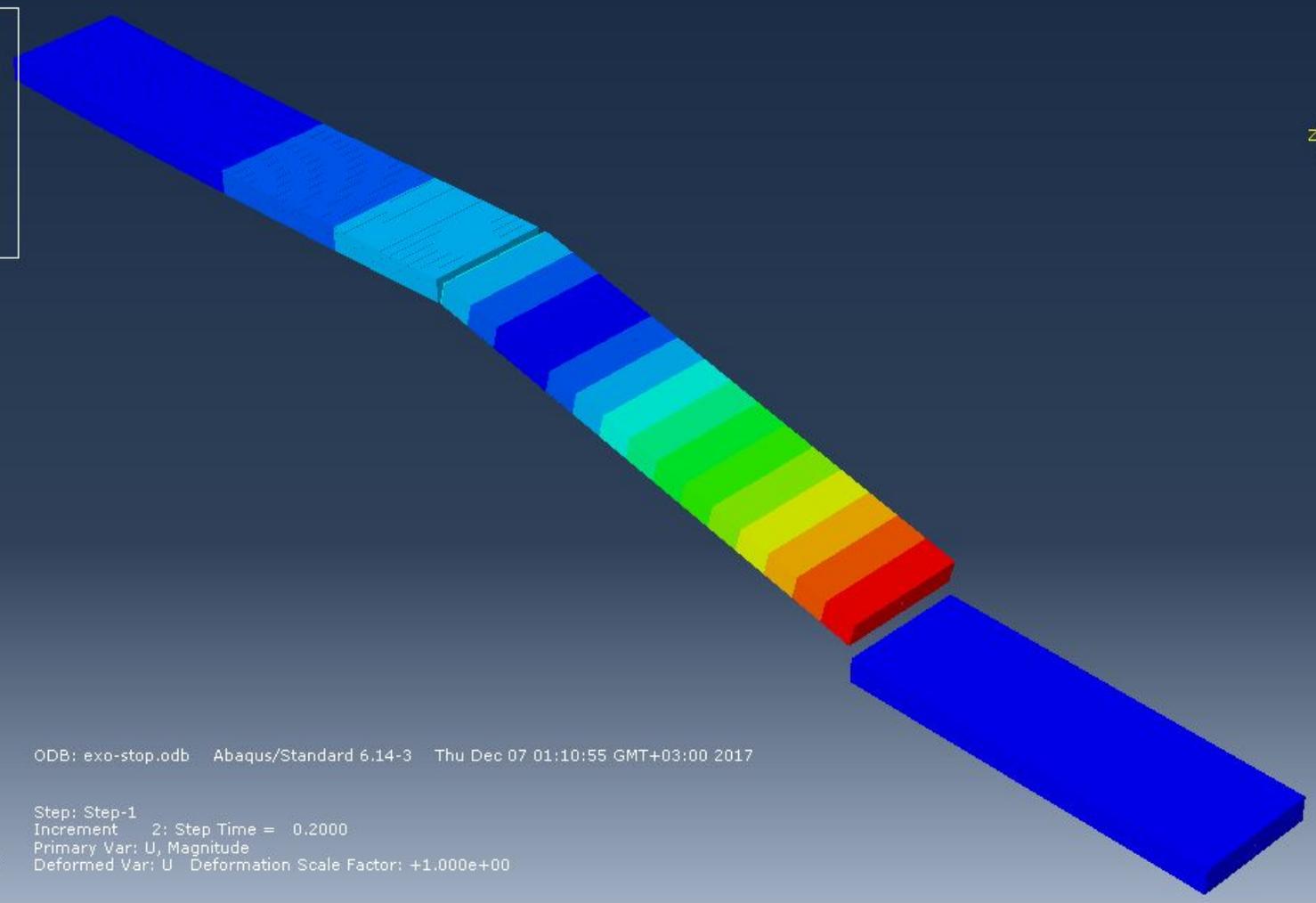
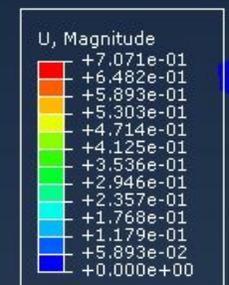
Job:



12) Визуализируем результаты. Предварительно установим отображение деформаций без масштабирования:



- Session Data
- Output Databases (1)
- Model Database (1)
- Spectrums (7)
- XYPlots
- XYData
- Paths
- Display Groups (1)
- Free Body Cuts
- Streams



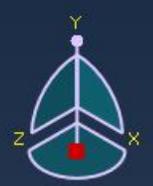
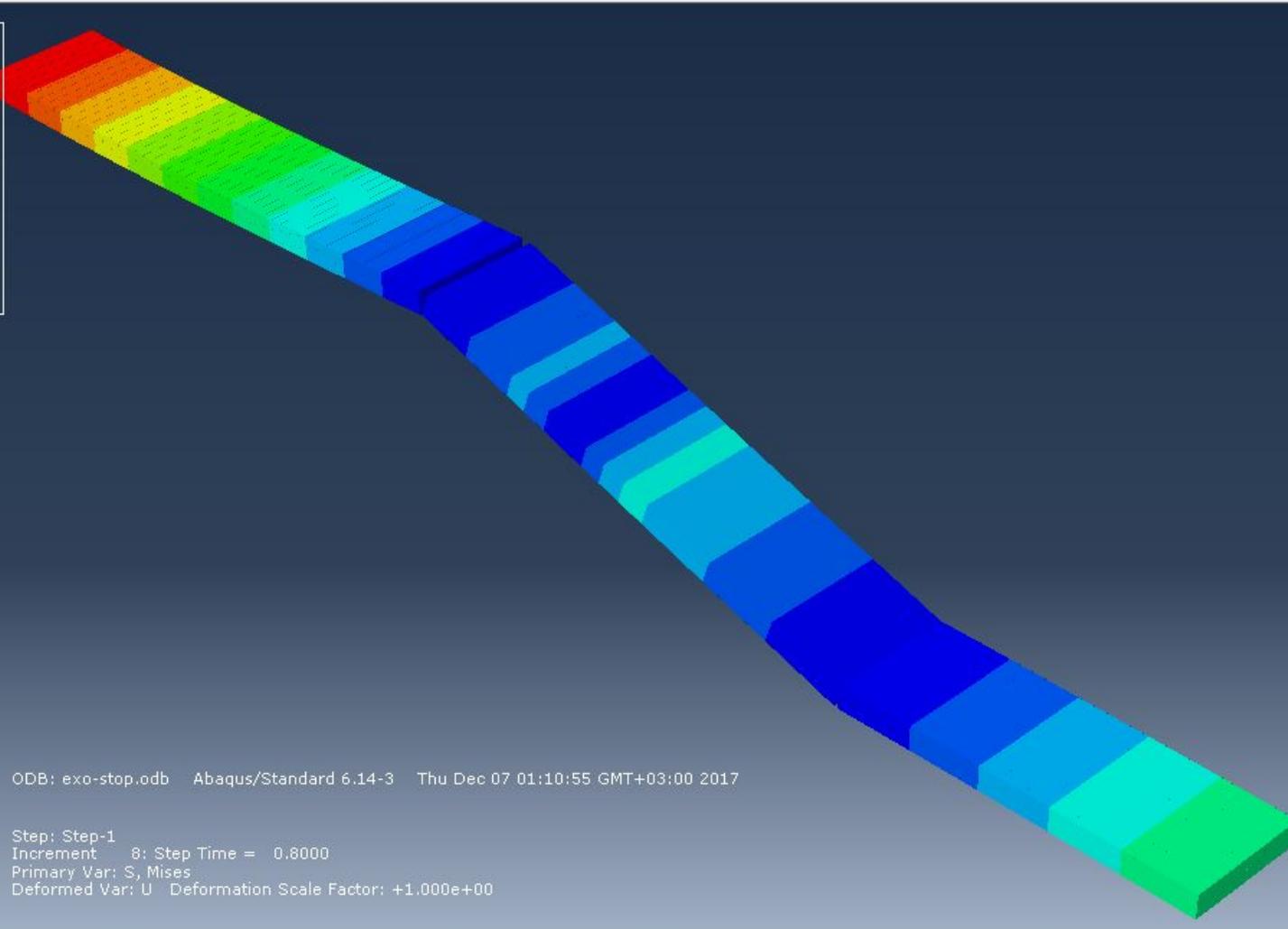
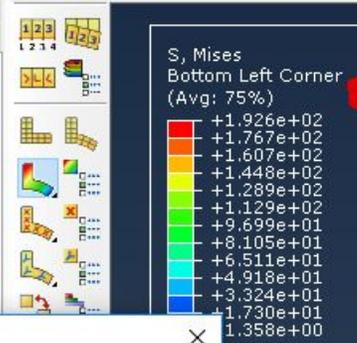
Step/Frame	
Step Name	Description
Step-1	

Frame	
Index	Description
0	Increment 0: Step Time = 0.000
1	Increment 1: Step Time = 0.1000
2	Increment 2: Step Time = 0.2000
3	Increment 3: Step Time = 0.3000
4	Increment 4: Step Time = 0.4000
5	Increment 5: Step Time = 0.5000
6	Increment 6: Step Time = 0.6000
7	Increment 7: Step Time = 0.7000
8	Increment 8: Step Time = 0.8000
9	Increment 9: Step Time = 0.9000
10	Increment 10: Step Time = 1.000

ODB: exo-stop.odb Abaqus/Standard 6.14-3 Thu Dec 07 01:10:55 GMT+03:00 2017

Step: Step-1
Increment 2: Step Time = 0.2000
Primary Var: U, Magnitude
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00

- Session Data
- Output Databases (1)
 - Model Database (1)
 - Spectrums (7)
 - XYPlots
 - XYData
 - Paths
 - Display Groups (1)
 - Free Body Cuts
 - Streams



Step/Frame

Step Name	Description
Step-1	

Frame

Index	Description
0	Increment 0: Step Time = 0.000
1	Increment 1: Step Time = 0.1000
2	Increment 2: Step Time = 0.2000
3	Increment 3: Step Time = 0.3000
4	Increment 4: Step Time = 0.4000
5	Increment 5: Step Time = 0.5000
6	Increment 6: Step Time = 0.6000
7	Increment 7: Step Time = 0.7000
8	Increment 8: Step Time = 0.8000
9	Increment 9: Step Time = 0.9000
10	Increment 10: Step Time = 1.000

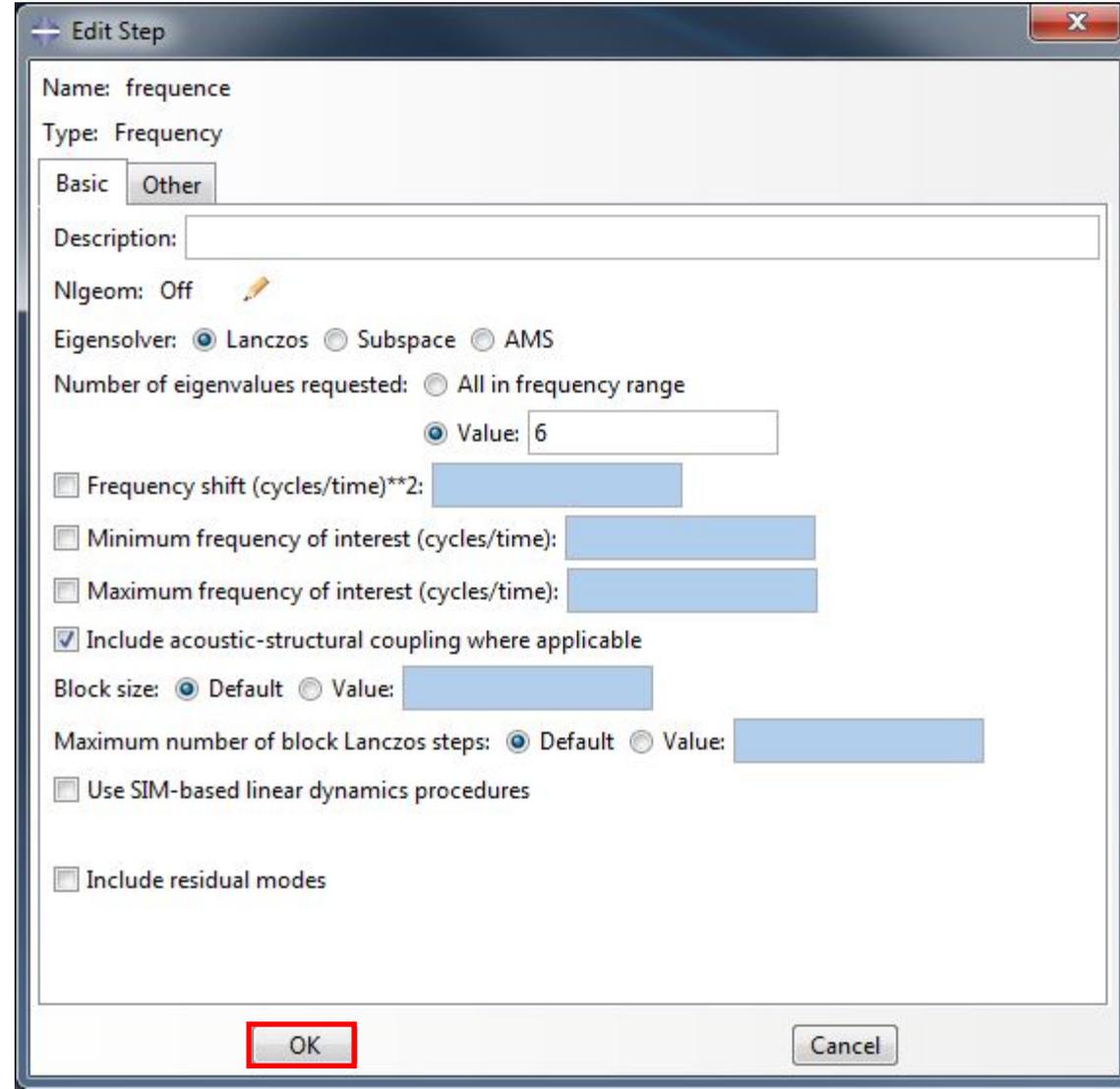
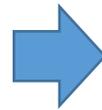
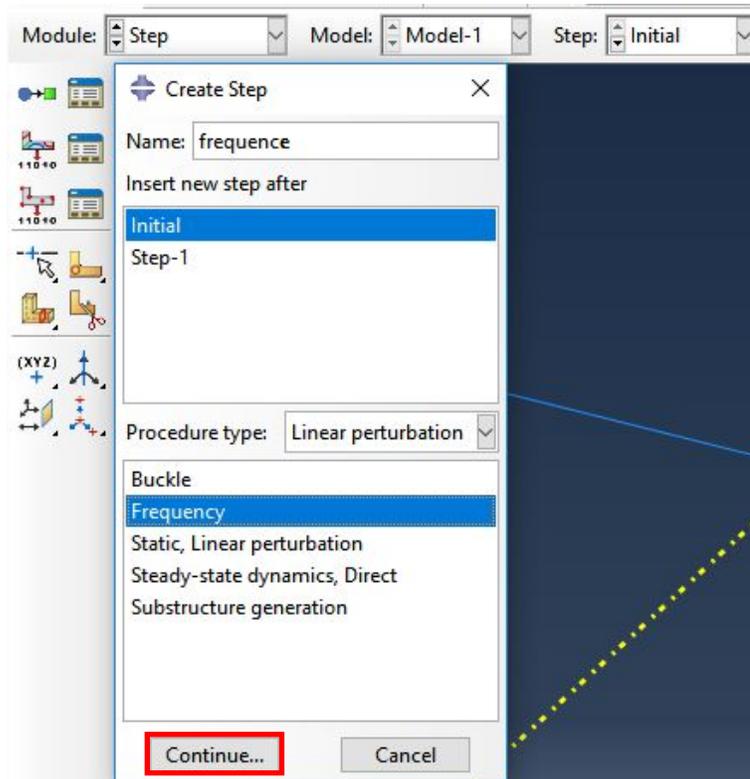
OK Apply Field Output... Cancel

ODB: exo-stop.odb Abaqus/Standard 6.14-3 Thu Dec 07 01:10:55 GMT+03:00 2017

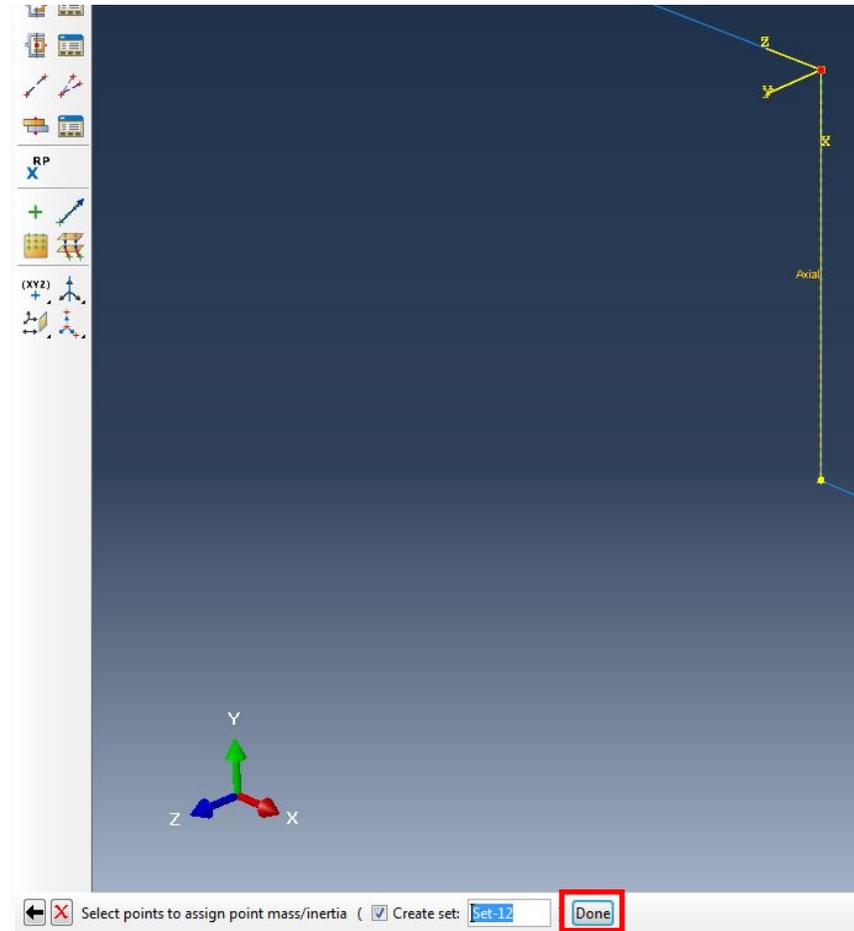
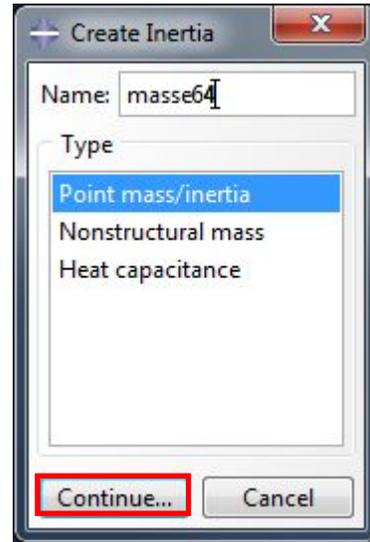
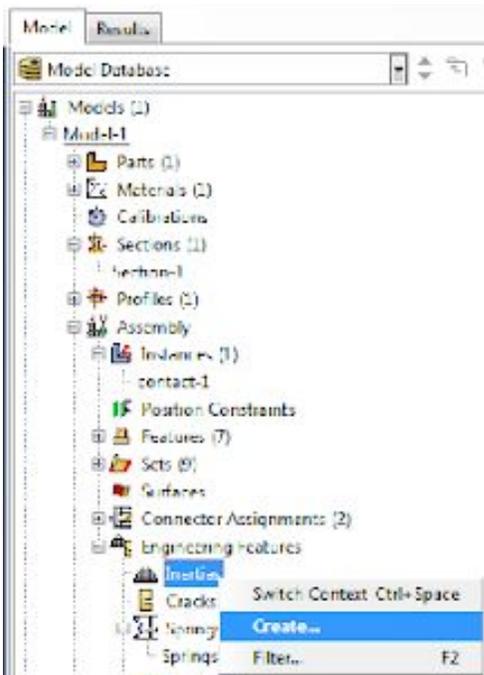
Step: Step-1
Increment 8: Step Time = 0.8000
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00

Часть 2: Модальный

анализ
В электронике для покрытия различного рода контактов с целью снижения омического сопротивления применяется золото. Масса напыления составляет приблизительно 5×10^{-4} кг. В модальном анализе эту массу нужно учитывать. Для этого используется точечная масса. Изготовитель хочет знать, как замкнутый и разомкнутый контакт работают при собственных колебаниях. Для оценки собственных колебаний разомкнутого контакта нужно создать шаг Frequency, который будет следовать сразу за шагом Initial.



Далее нужно создать точечную массу. Для этого в ветви Assembly нужно раскрыть ветвь Engineering Futures и дважды щелкнуть по пункту Inertias:





Edit Inertia

Name: masse64
Type: Point Mass/Inertia

Region: Set-12

Magnitude **Damping**

Mass

Isotropic: 5E-7

Anisotropic:

M11: M22: M33:

Rotary Inertia

Specify off-diagonal terms

I11:

I22:

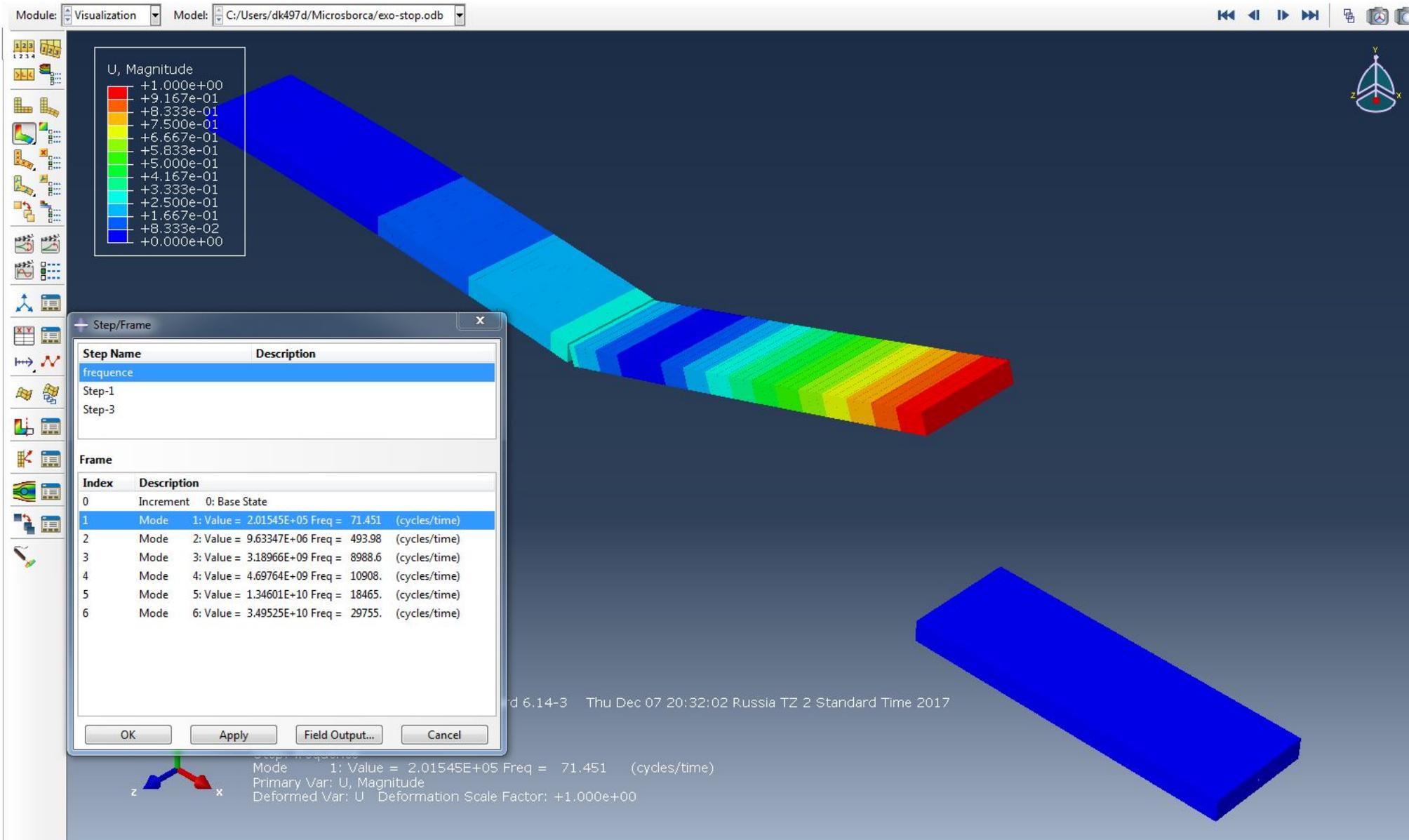
I33:

CSYS: (Global)  

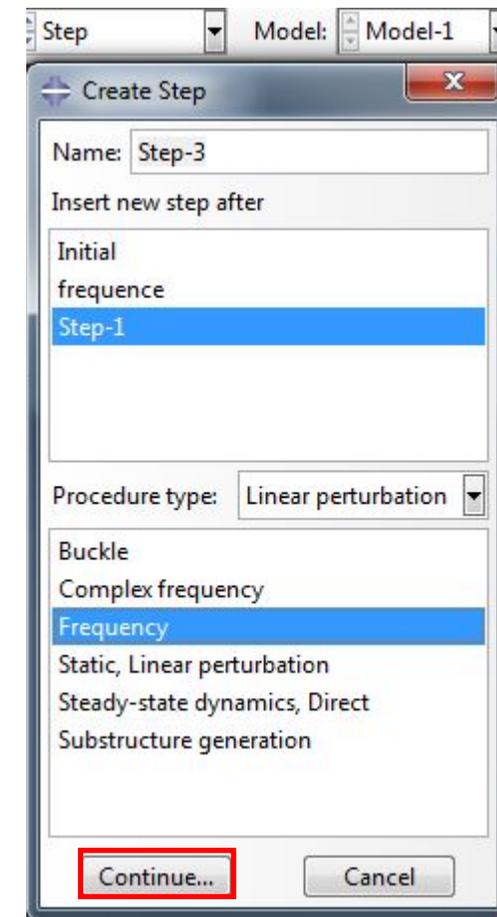
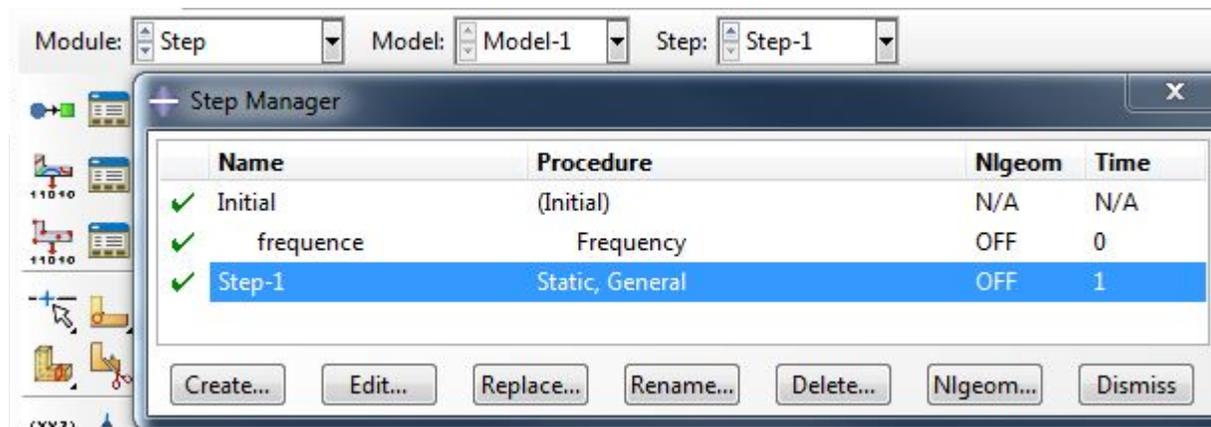
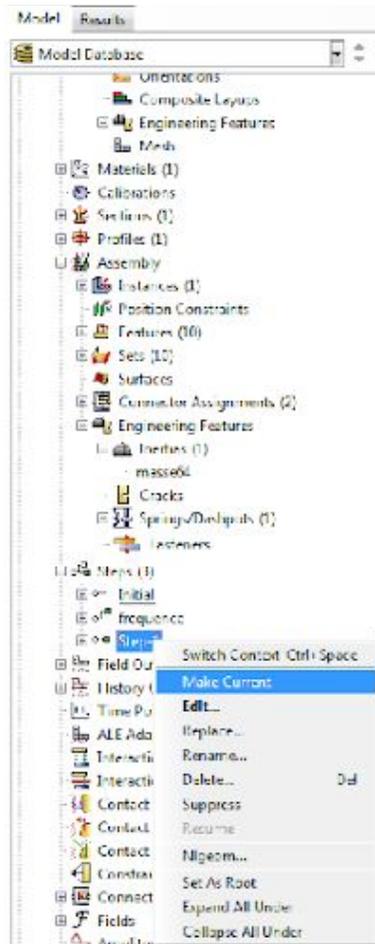
Note: Values will be applied per point.

OK Cancel

После повторной отправки задачи на счет выводим результаты для разомкнутого контакта:



Для оценки собственных колебаний замкнутого контакта нужно создать шаг Frequency, который будет следовать сразу за шагом Step-1. Поэтому шаг Step-1 вначале нужно сделать текущим.





Edit Step

Name: Step-3
Type: Frequency

Basic Other

Description:

Nlgeom: Off

Eigsolver: Lanczos Subspace AMS

Number of eigenvalues requested: All in frequency range
 Value:

Frequency shift (cycles/time)**2:

Minimum frequency of interest (cycles/time):

Maximum frequency of interest (cycles/time):

Include acoustic-structural coupling where applicable

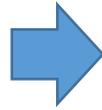
Block size: Default Value:

Maximum number of block Lanczos steps: Default Value:

Use SIM-based linear dynamics procedures

Include residual modes

OK Cancel



Step Manager

Name	Procedure	Nlgeom	Time
✓ Initial	(Initial)	N/A	N/A
✓ frequency	Frequency	OFF	0
✓ Step-1	Static, General	OFF	1
✓ Step-3	Frequency	OFF	0

Create... Edit... Replace... Rename... Delete... Nlgeom... Dismiss



- Steps (4)
 - Initial
 - frequency
 - Step-1
 - Step-3

После повторной отправки задачи на счет выводим результаты для замкнутого контакта:

