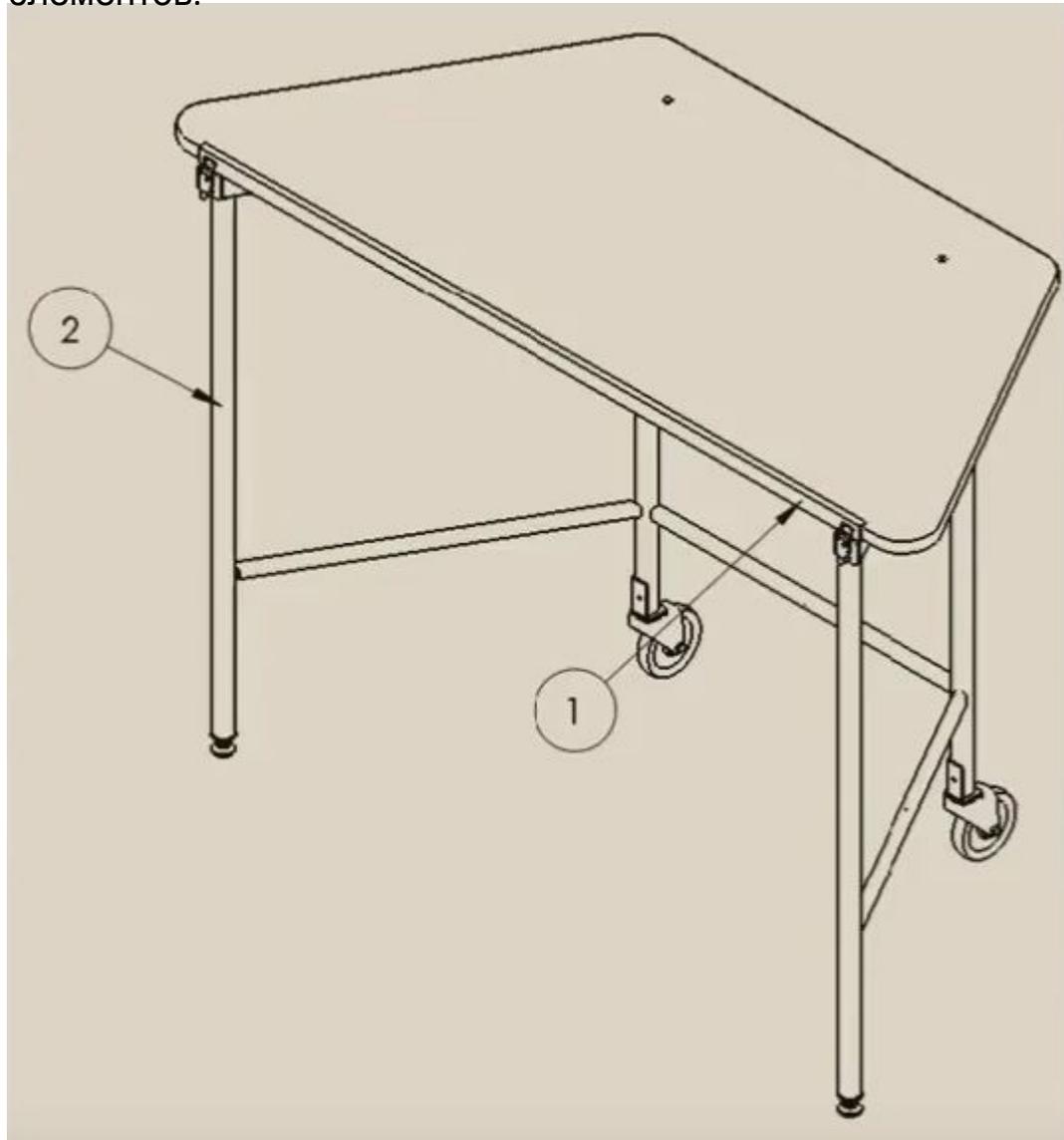
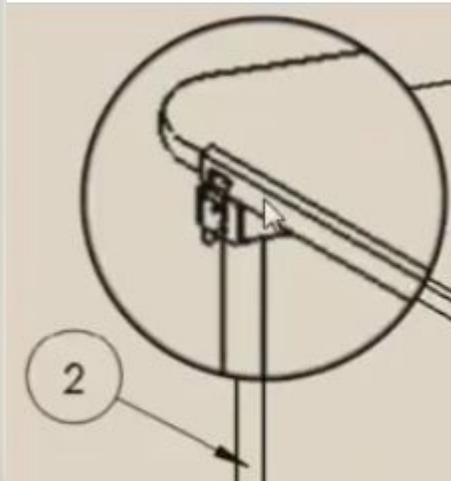


Рассмотрим решение задачи о нагружении столика с применением балочных и оболочечных элементов.

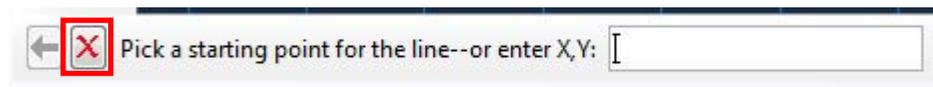
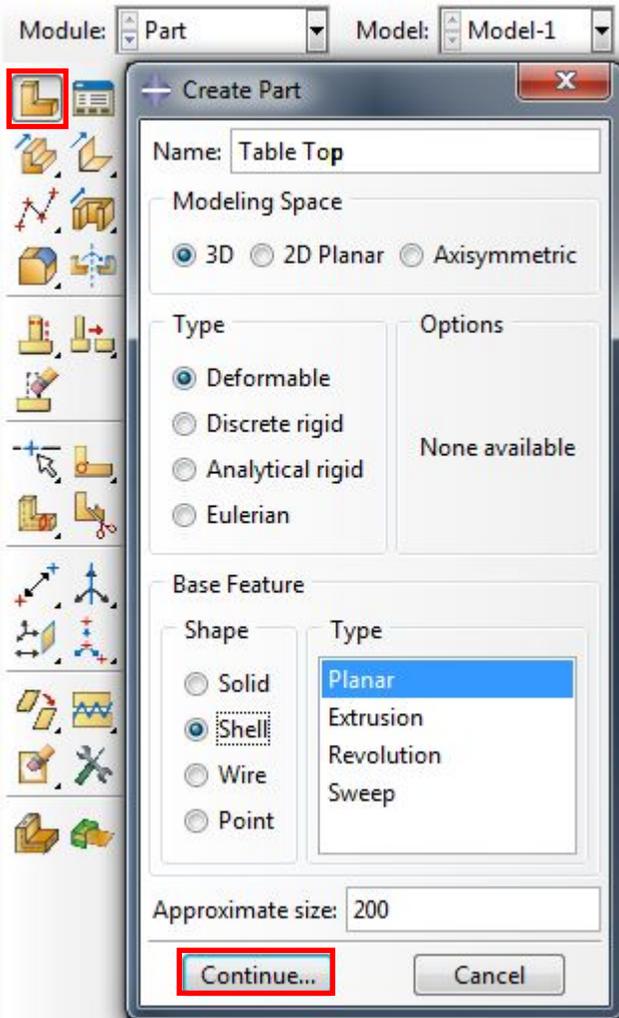


1 – Усиление края столешницы, С-образного сечения;  
2 – ножка.

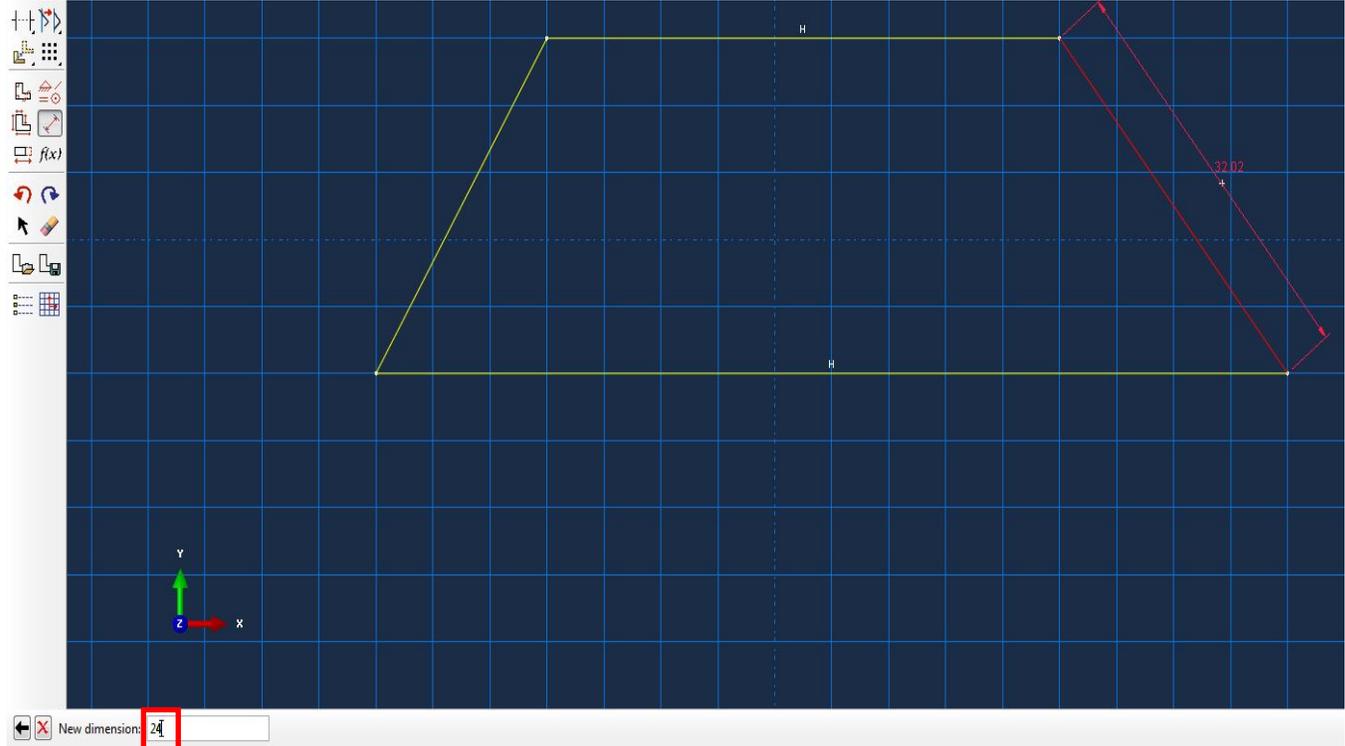


# 1. Создадим столешницу

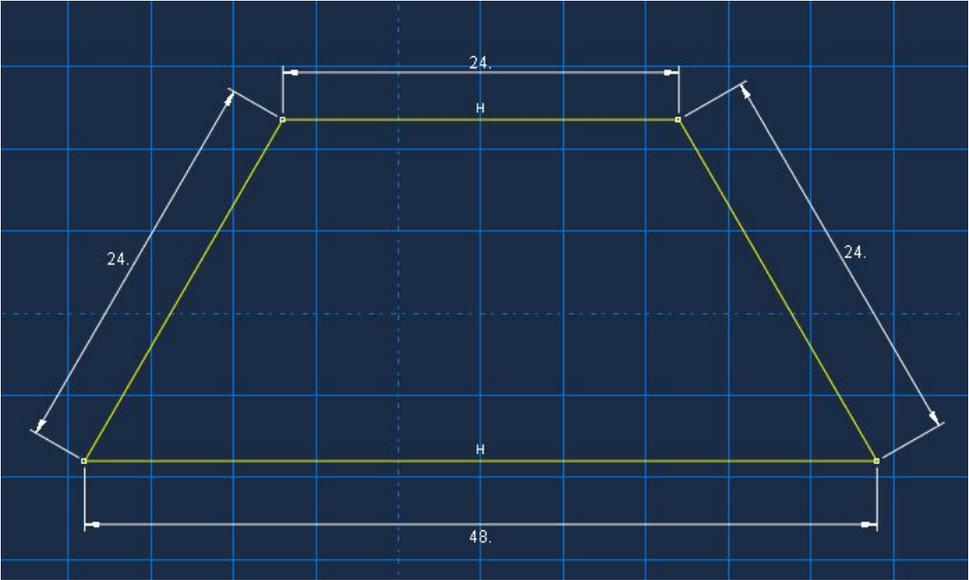
столика:



Далее последовательно образмериваем контур:



Общее правило: Сначала выбираем отрезок, затем место, где будет располагаться размерная линия, а затем – вводим размер в нижнем поле, нажимаем Enter.

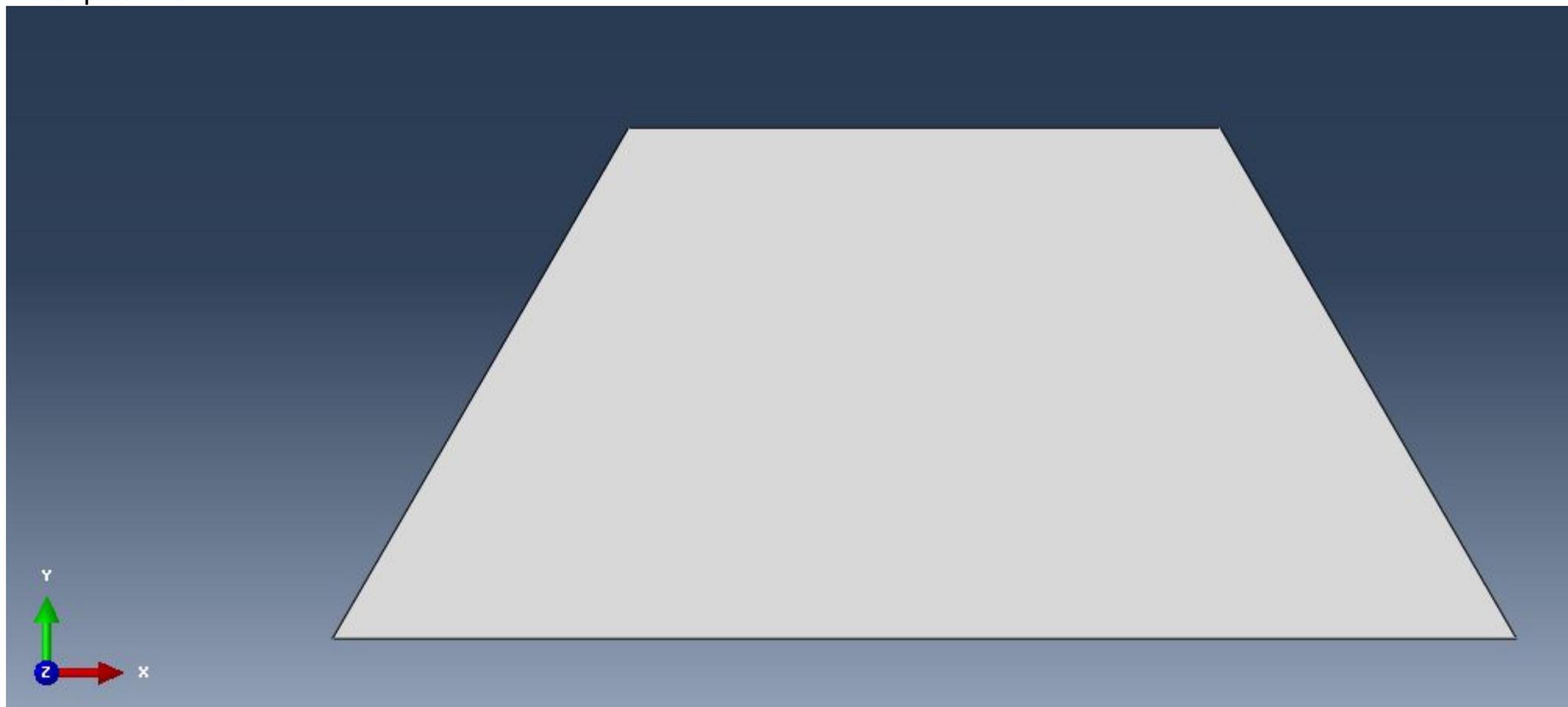


  Select the entity to dimension

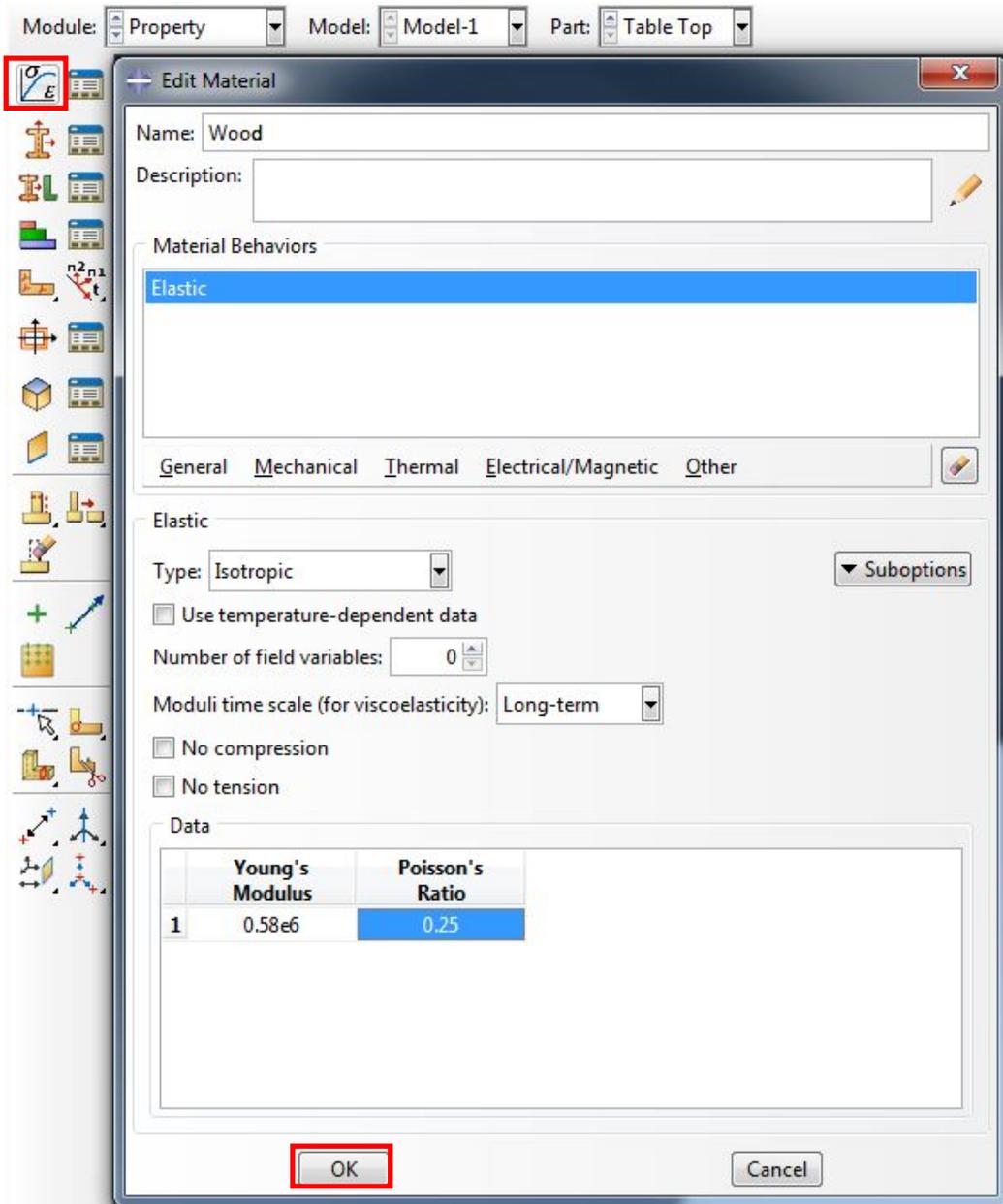


  Sketch the section for the planar shell

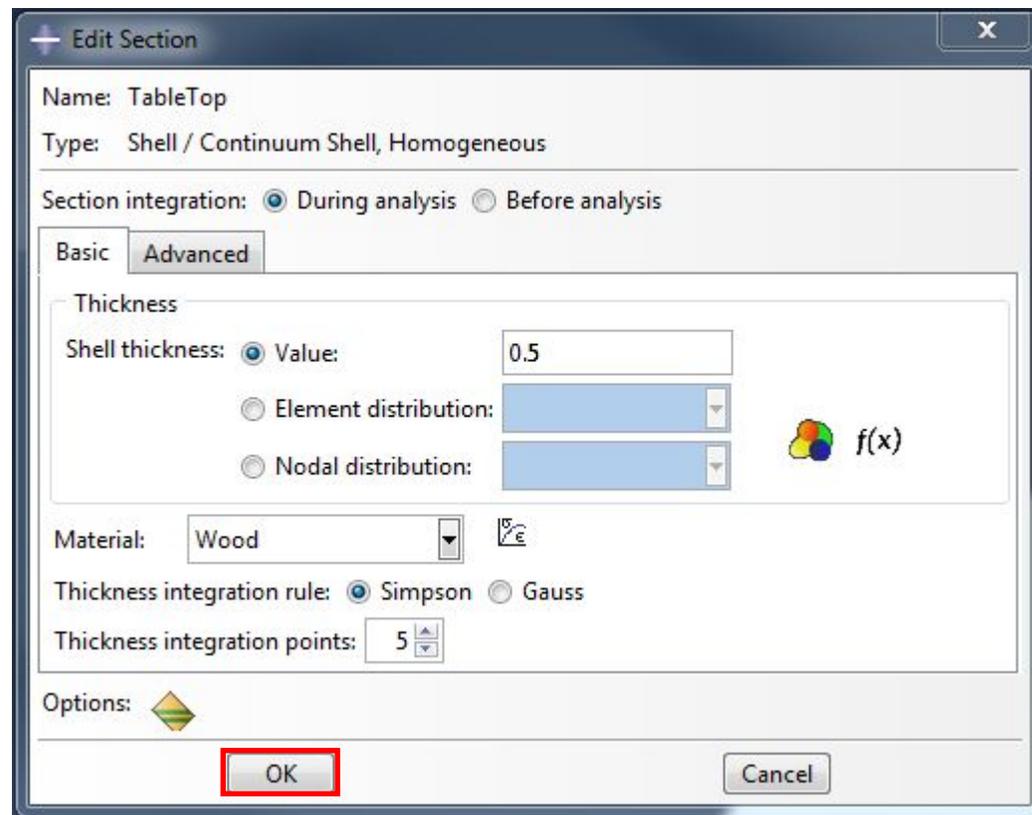
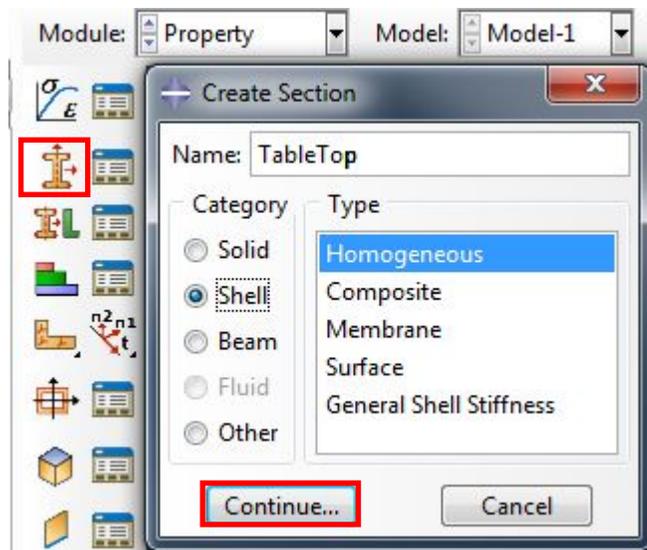
Получаем нашу планарную  
поверхность:



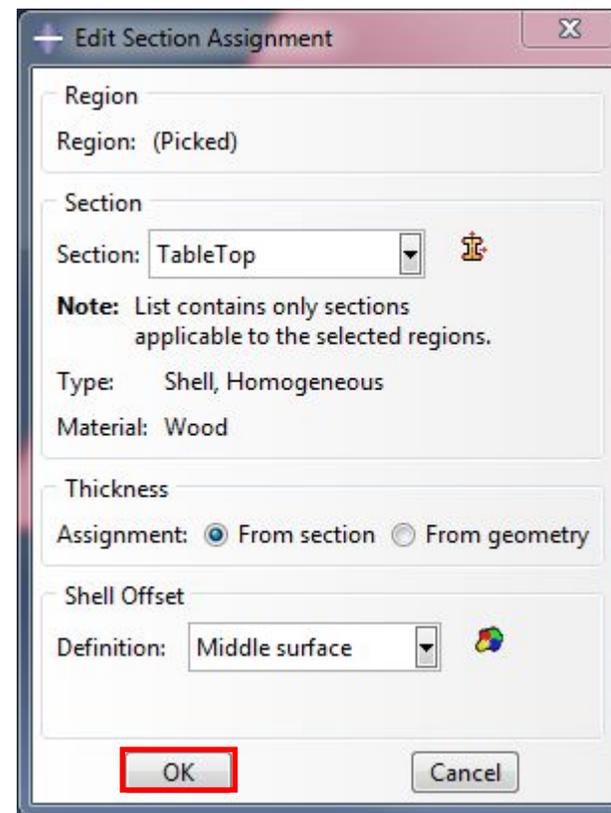
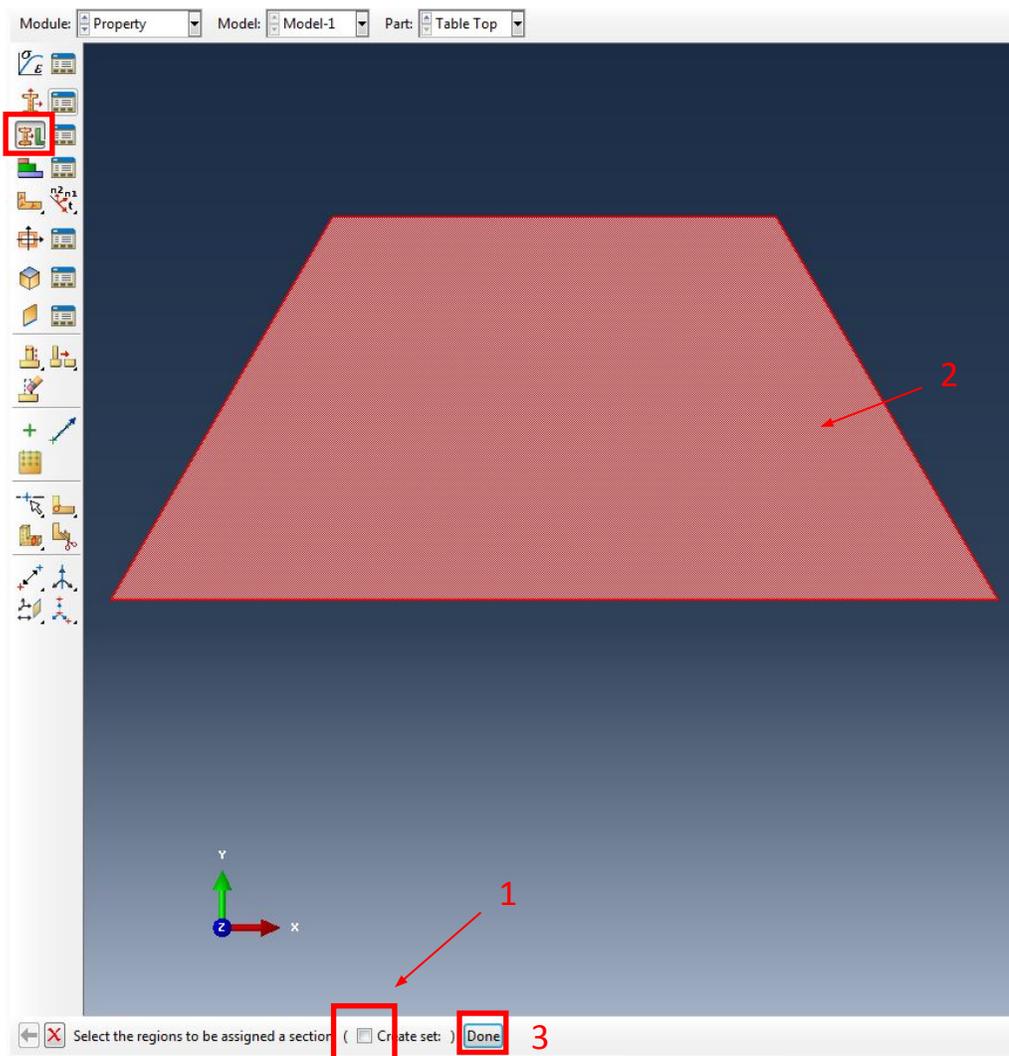
## 1.2 В модуле Property создадим свойства для столешницы:



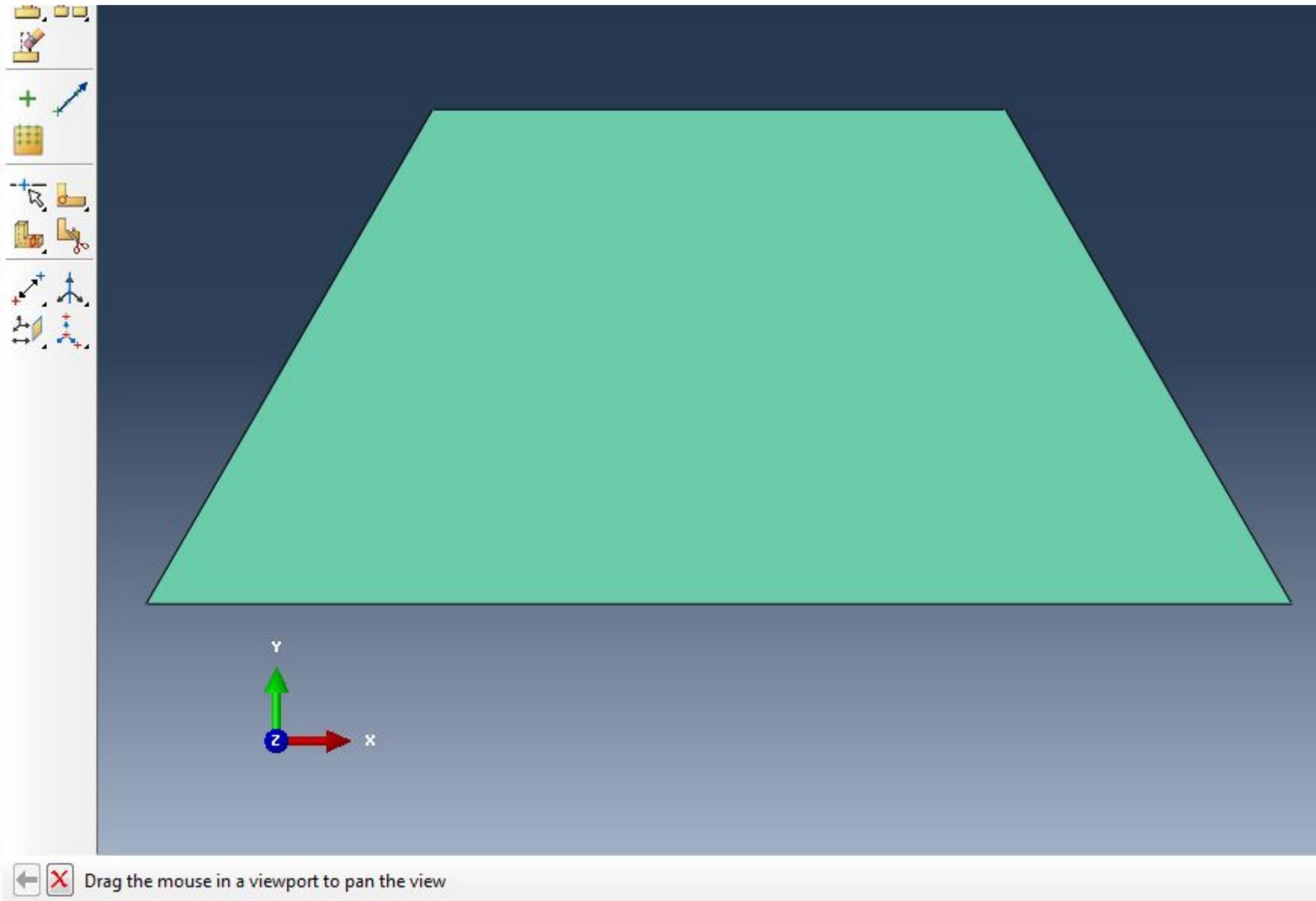
1.3 В том же модуле создадим сечение для столешницы:



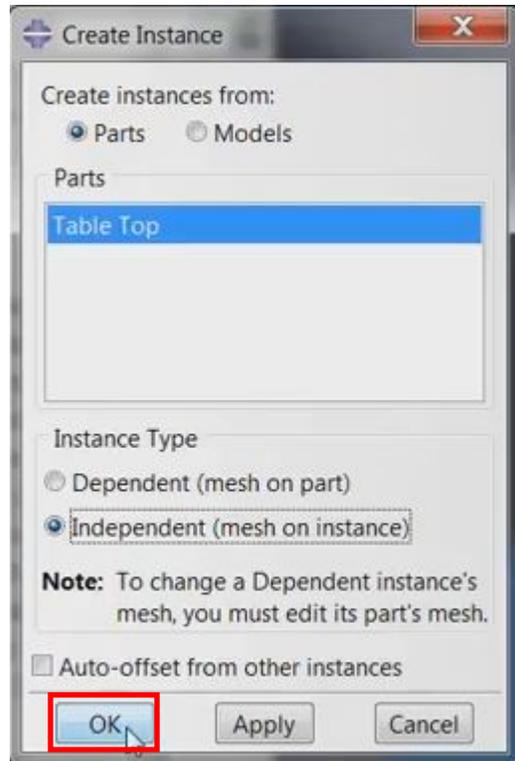
1.4 В том же модуле назначим сечение для столешницы:



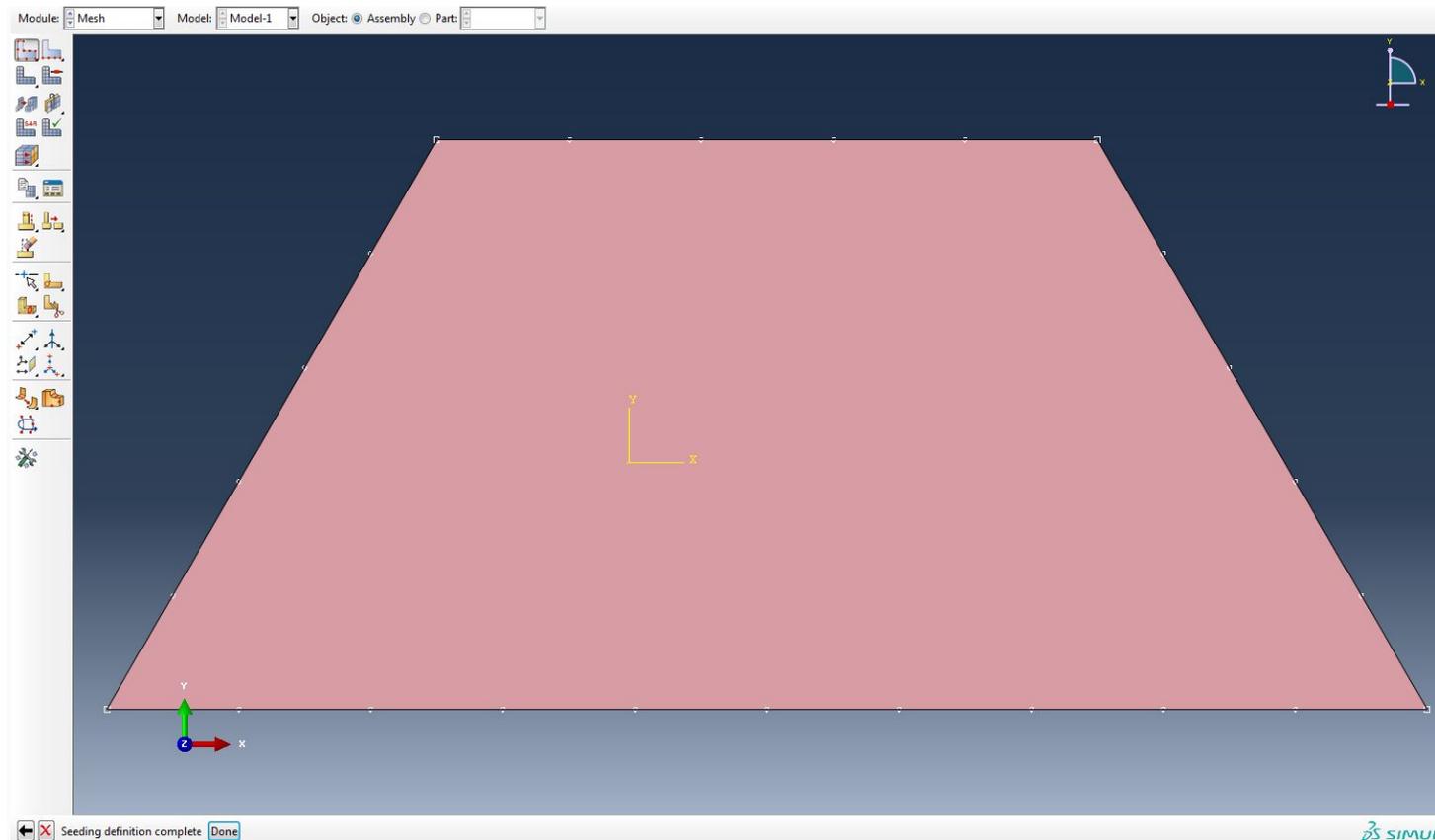
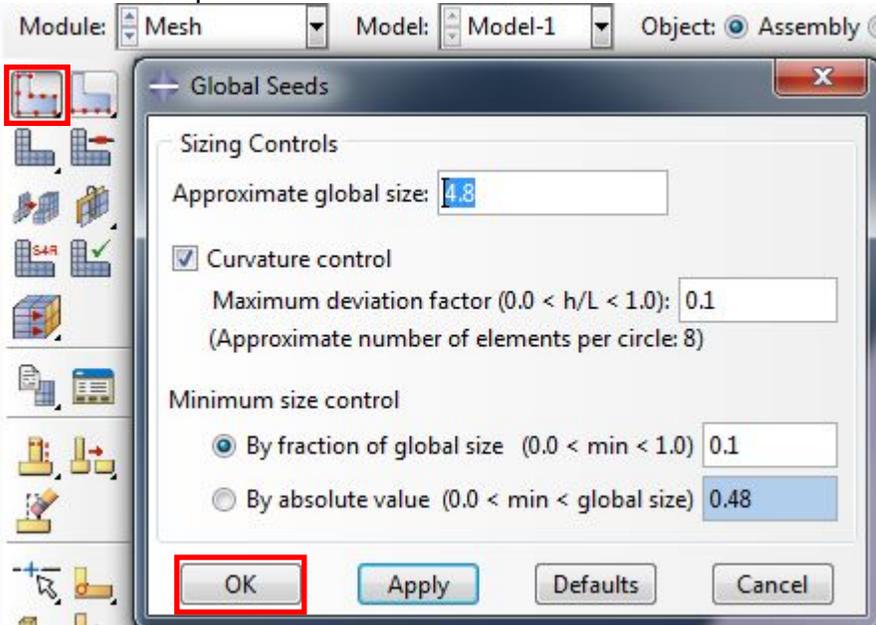
Необходимо снять галочку с пункта Create Set и выбрать поверхность

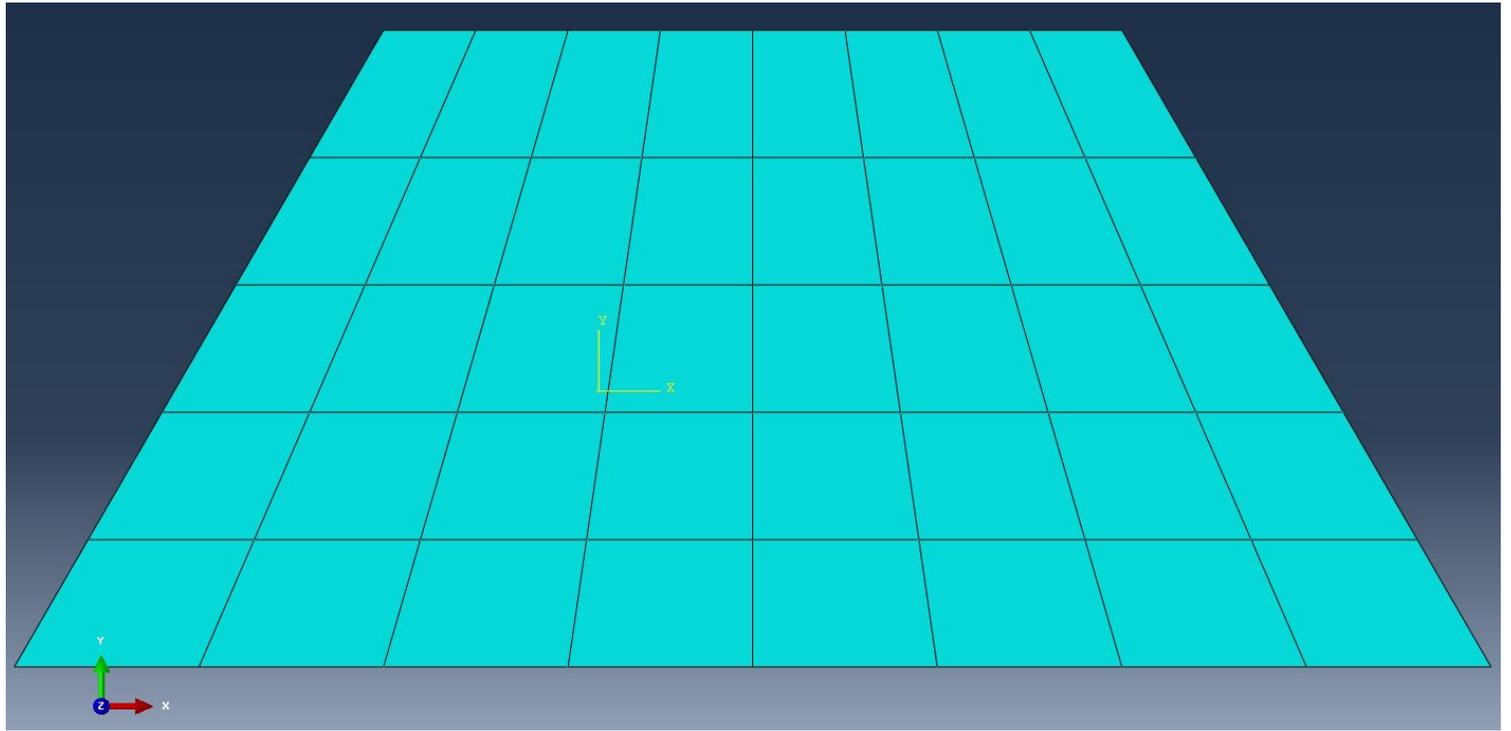
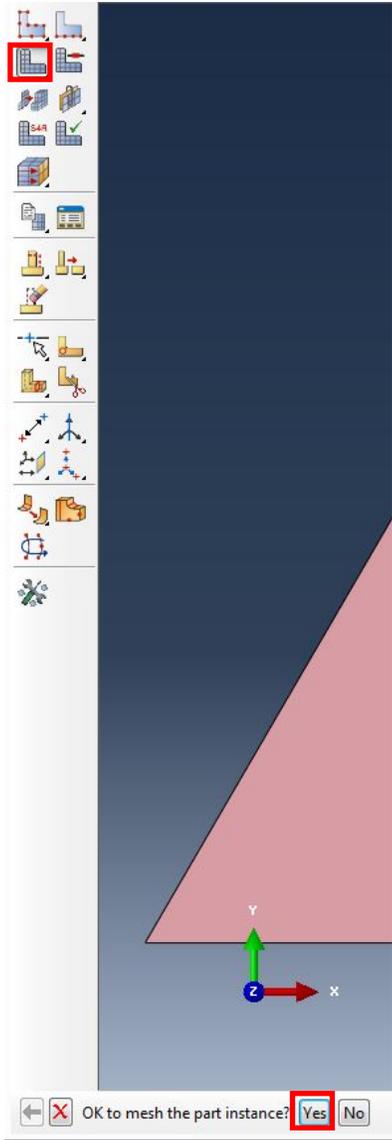


1.5 Далее переходим в модуль Assembly (Assembly – это место, где происходит анализ) и создадим Instance для столешницы:



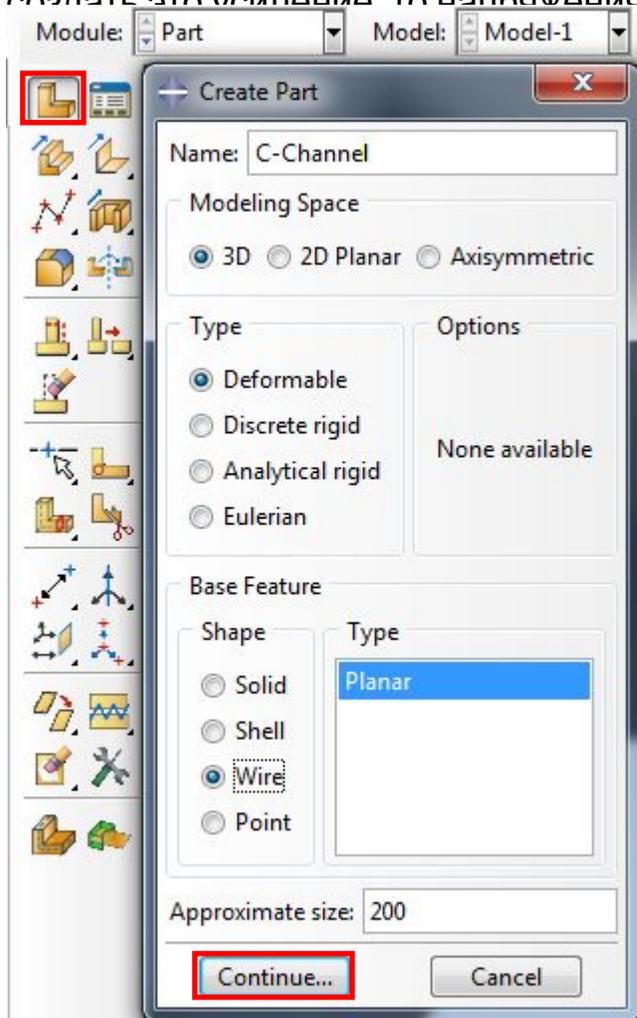
## 1.6 В модуле Mesh создадим сетку для СТОЛЕШНИЦЫ:



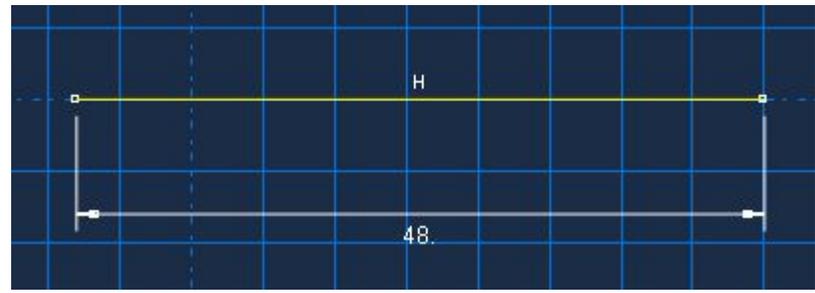
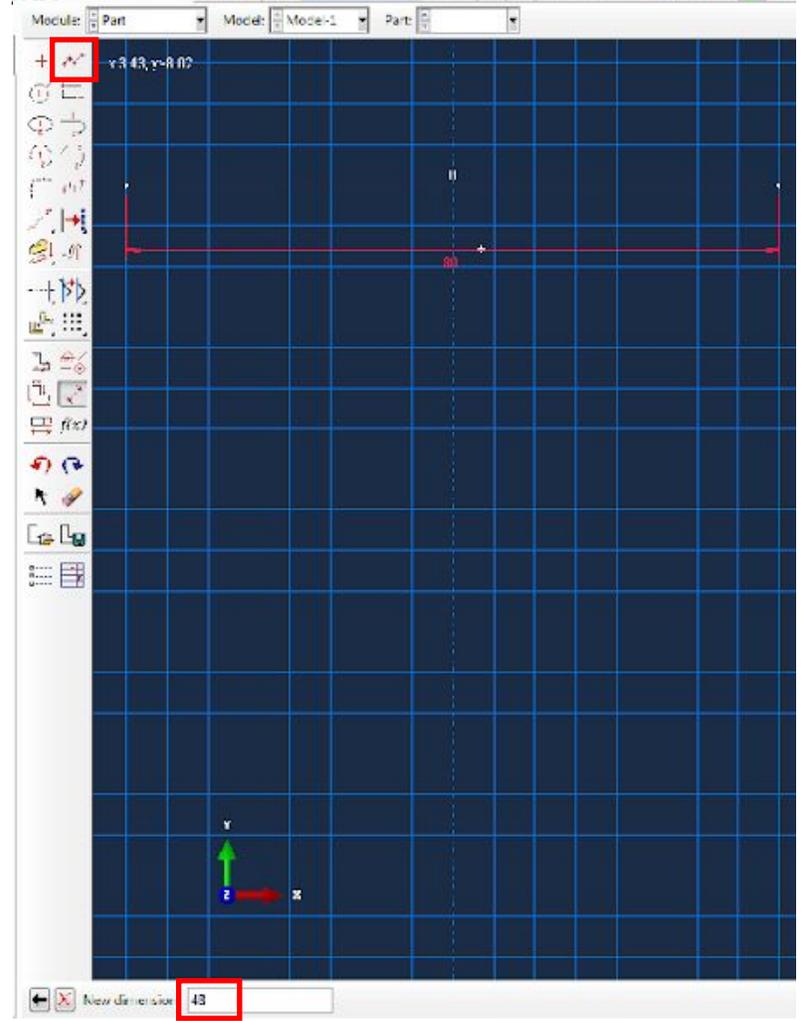


2. Создадим усиление края столешницы столика, которое предназначено для того, чтобы нести нагрузку (с использованием балочного элемента) /если не

создать это усиление, то напряжения в столешнице будут неоправданно высокими/:



2.1 Образмерим созданный отрезок (зададим ему размер = 48).



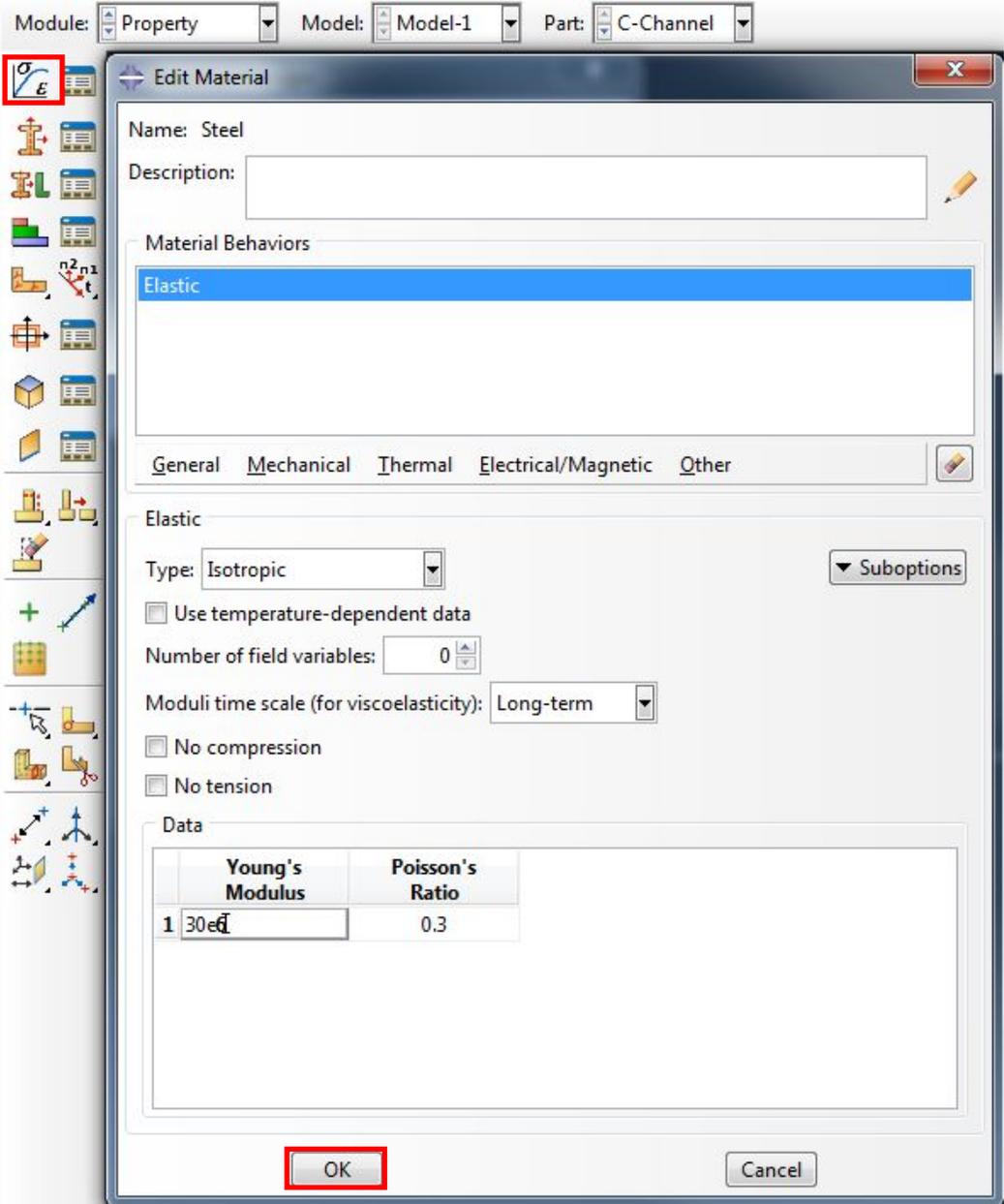
← X Select the entity to dimension



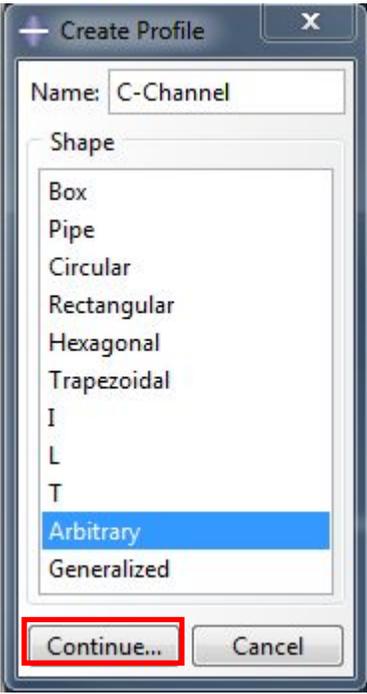
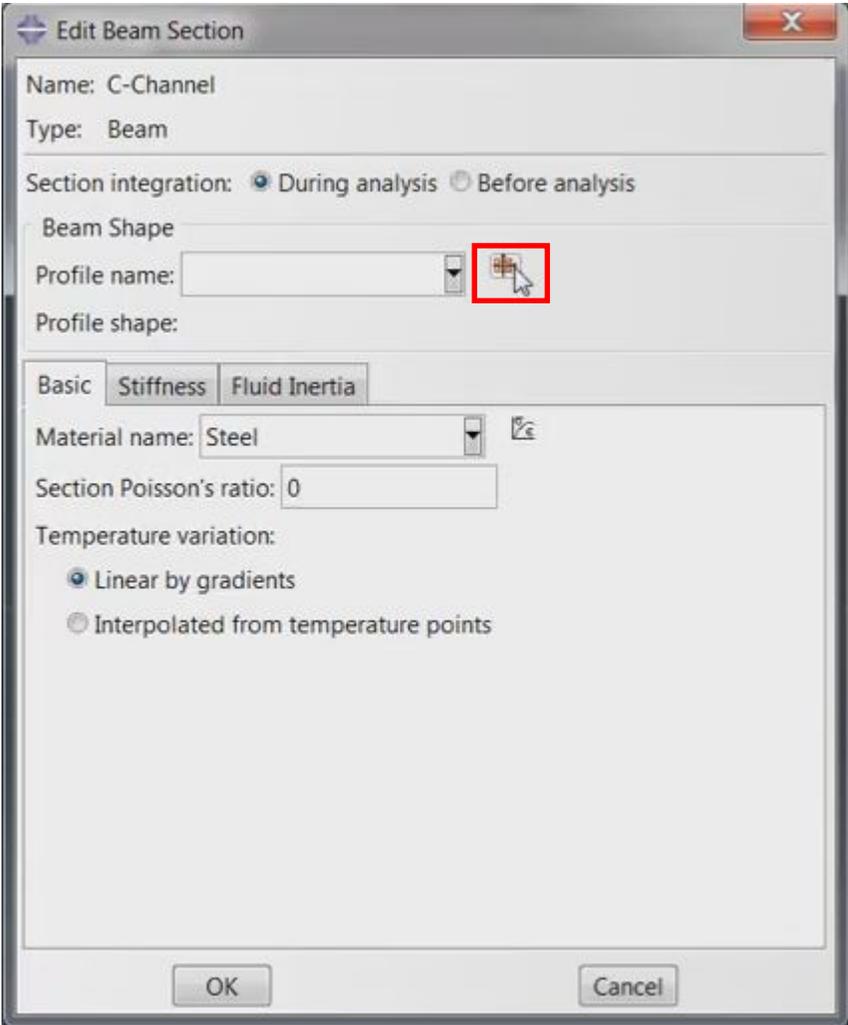
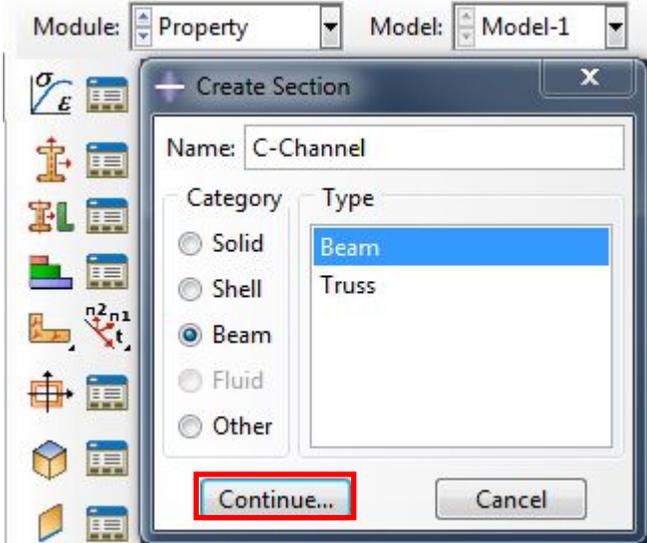
← X Sketch the section for the wire Done



2.2 В модуле Property создадим свойства материала для усиления:



2.3 В том же модуле создадим сечение для усиления:





Сечение типа Arbitrary задается с помощью координат:

**Edit Profile**

Name: C-Channel  
Shape: Arbitrary

Point	1-coordinate	2-coordinate	Segment	Thickness
1	0.3125	0.3125	-	-
2	0	0.3125	1-2	0.125
3	0	-0.3125	2-3	0.125
4	0.3125	-0.3125	3-4	0.125

**OK** Cancel



**Edit Beam Section**

Name: C-Channel  
Type: Beam

Section integration:  During analysis  Before analysis

Beam Shape

Profile name: C-Channel

Profile shape: Arbitrary

Basic **Stiffness** Fluid Inertia

Material name: Steel

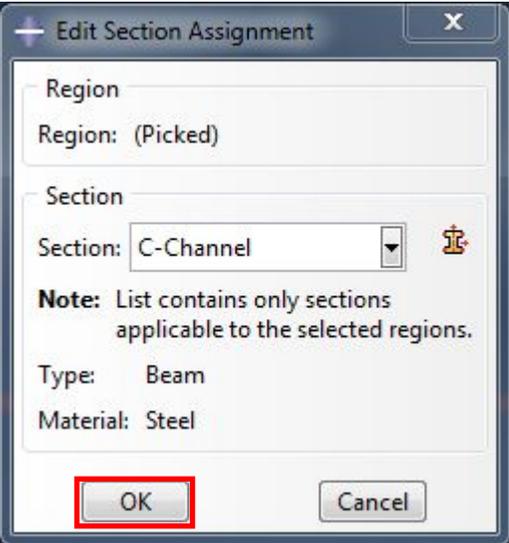
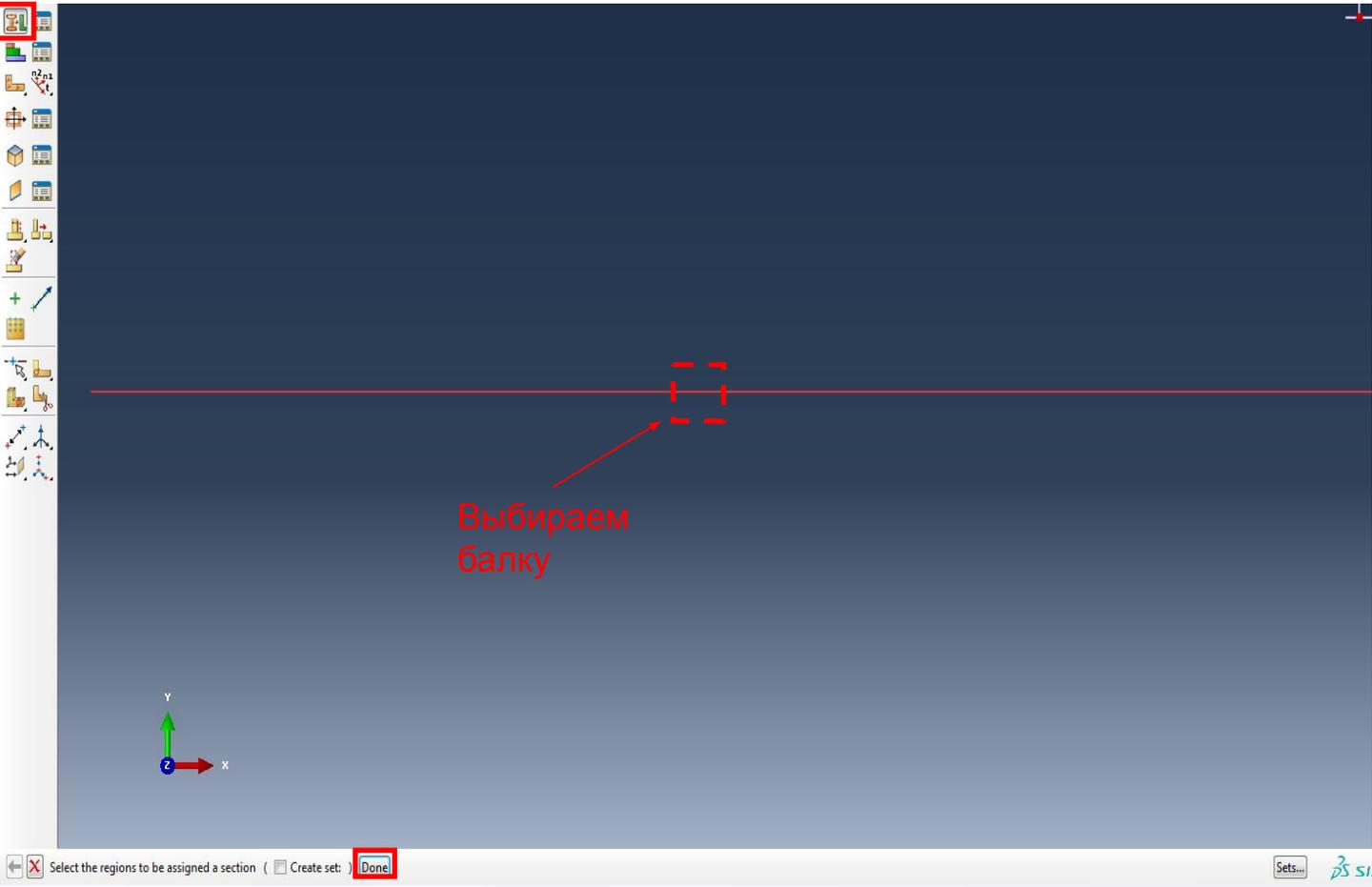
Section Poisson's ratio: 0

Temperature variation:

Linear by gradients  
 Interpolated from temperature points

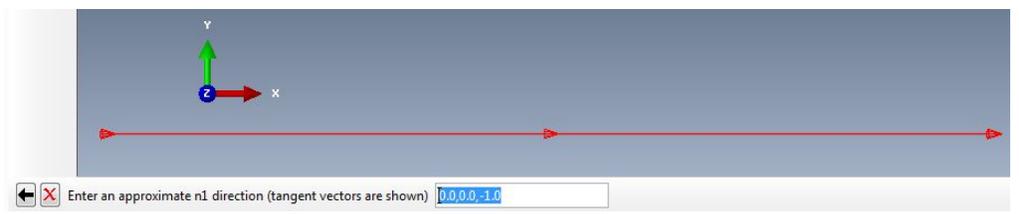
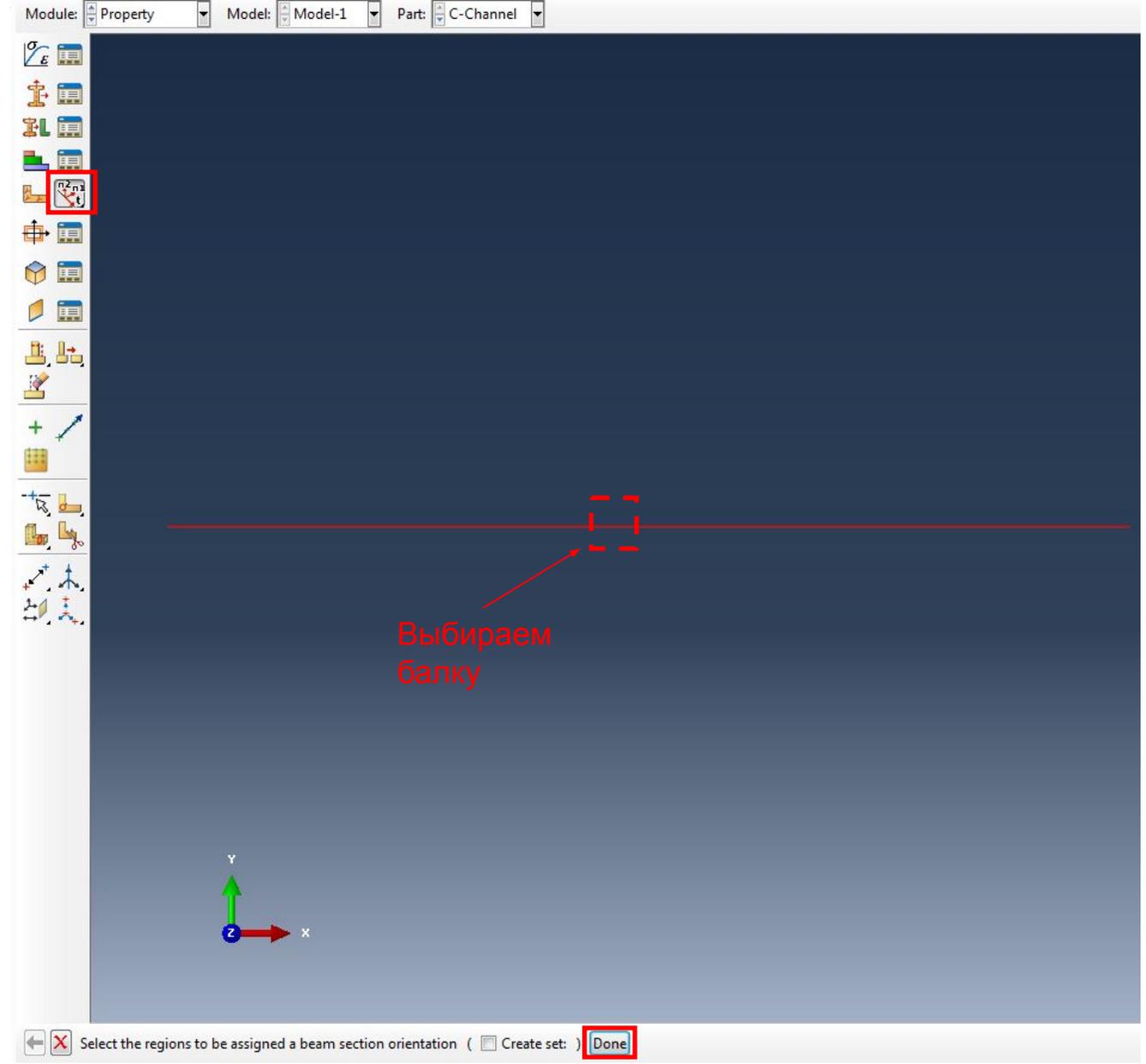
**OK** Cancel

2.4 В том же модуле назначим сечение для усиления:



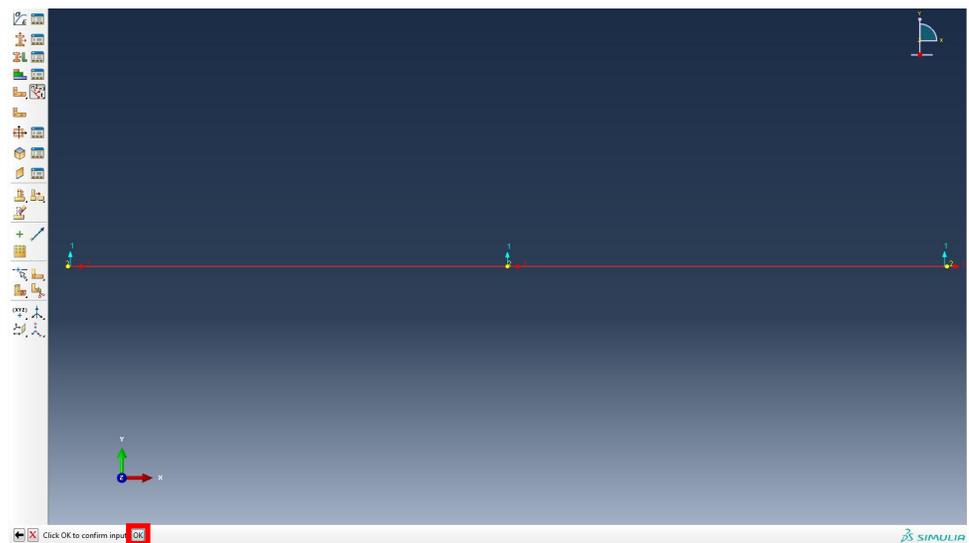
## 2.5 В том же модуле назначим ориентацию балочного элемента

усиления:



Нам нужно, чтобы начало координат проходило через нашу балку вдоль оси Z (3-ей оси) :

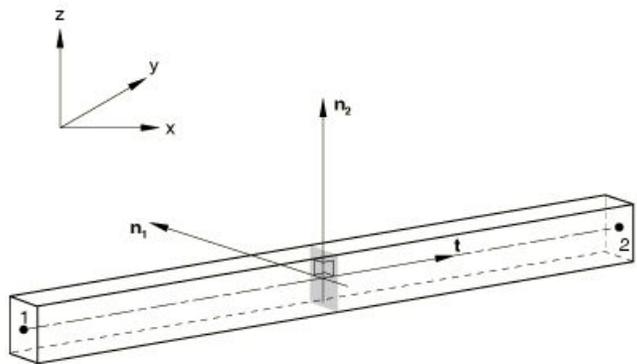
Enter an approximate n1 direction (tangent vectors are shown) 0,0,1,0,0,0



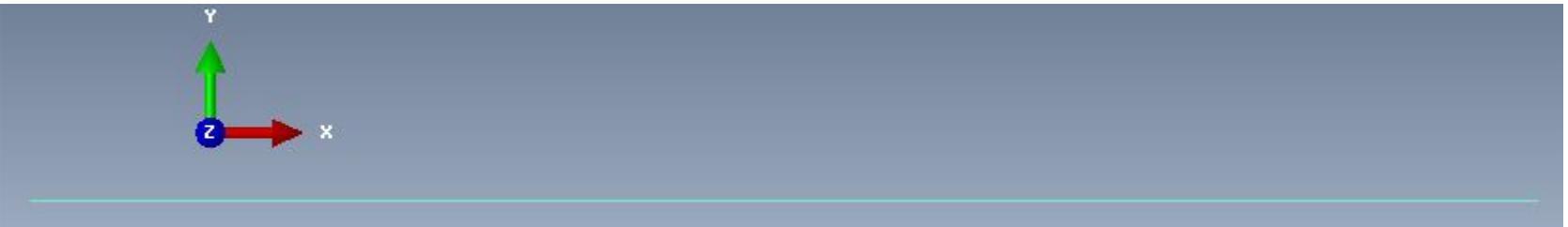
Нам нужно, чтобы ось Y была направлена в сторону открытой части сечения С-образной формы, поэтому задаем вектор (0,1,0).

Из справки:  
Балка определяется вектором  $(n_1, n_2, t)$ .  $n_1$  – является локальным направлением 1 оси сечения. Если part был создан в двухмерном пространстве, то направление  $n_1$  всегда нормально плоскости X-Y  $(0.0, 0.0, -1.0)$  – это вектор, заданный по умолчанию.  
Если вы хотите изменить ориентацию балки, введите новое направление  $n_1$ .

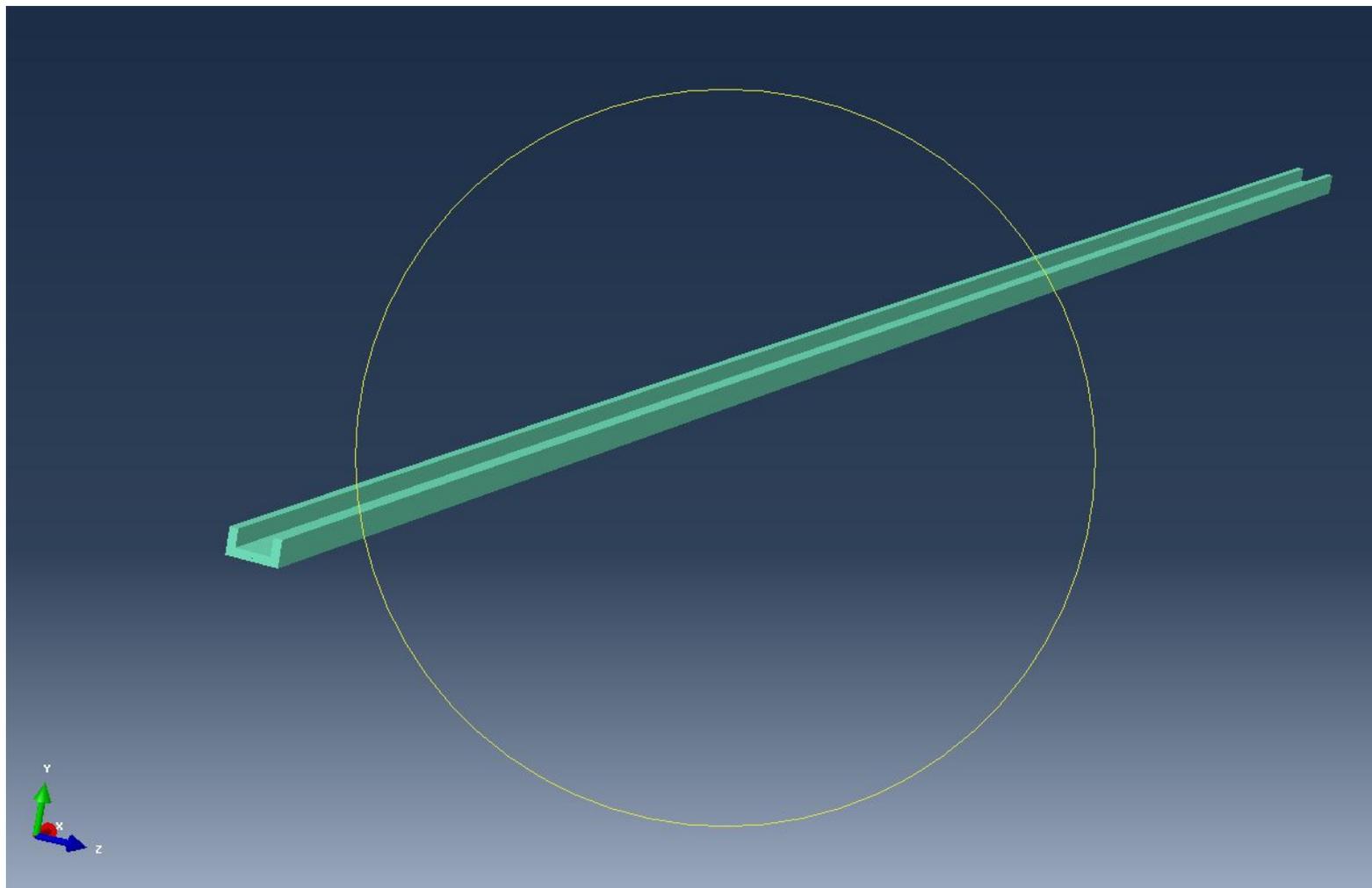
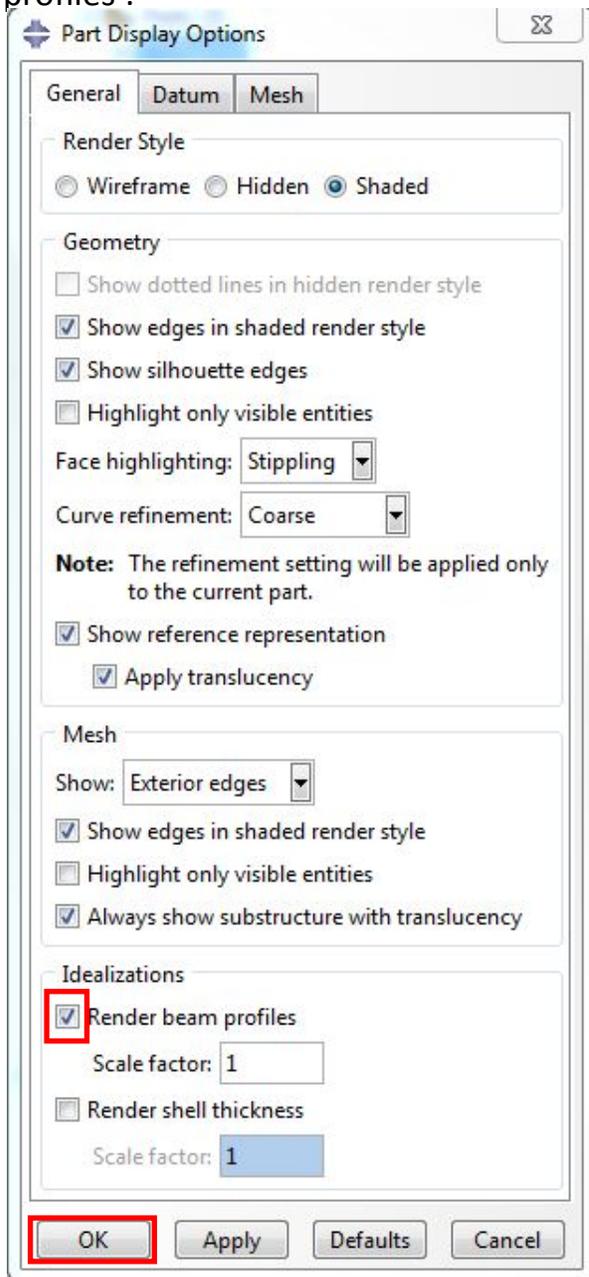
Figure 28.3.4-1 Local axis definition for beam-type elements.



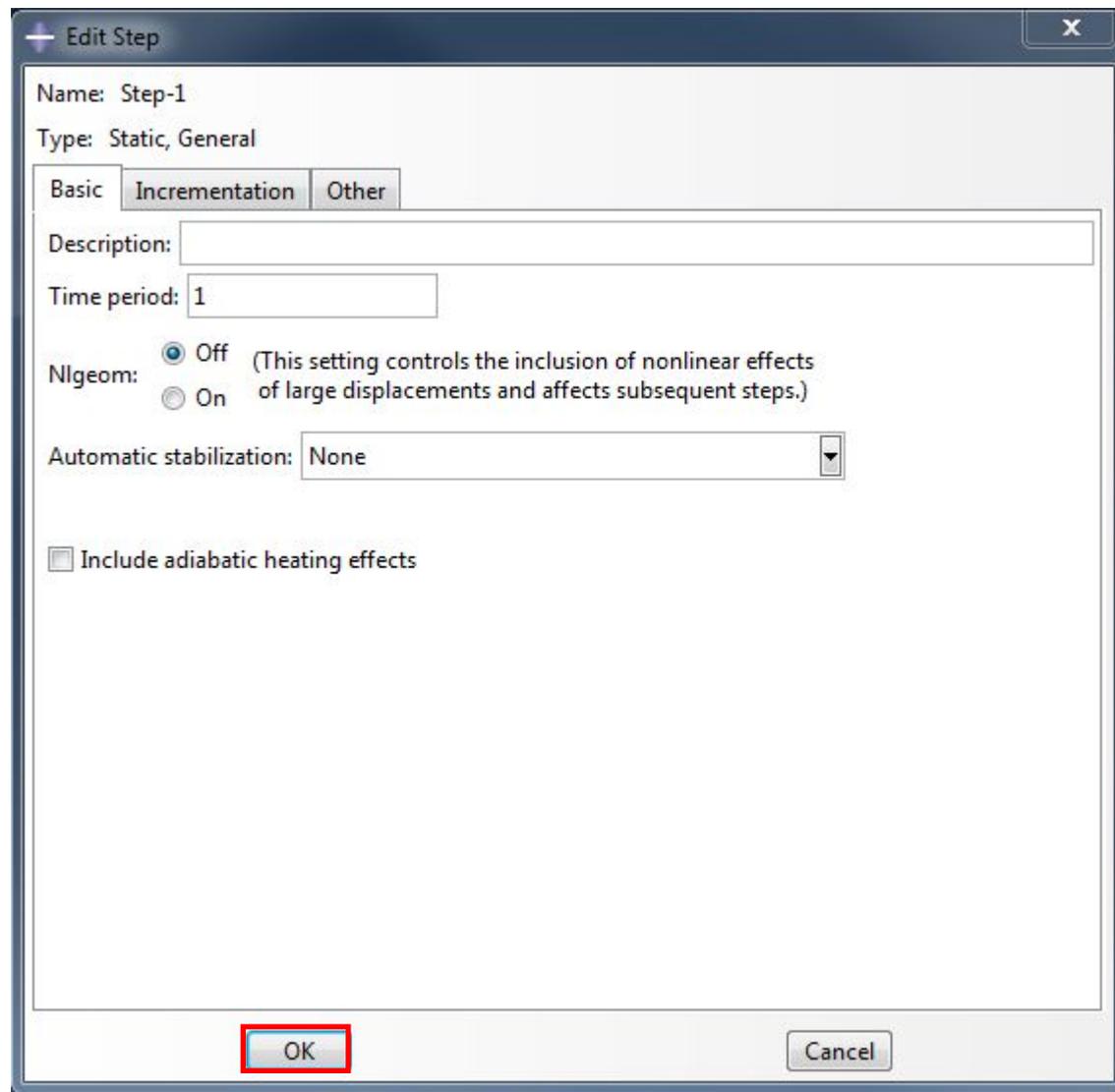
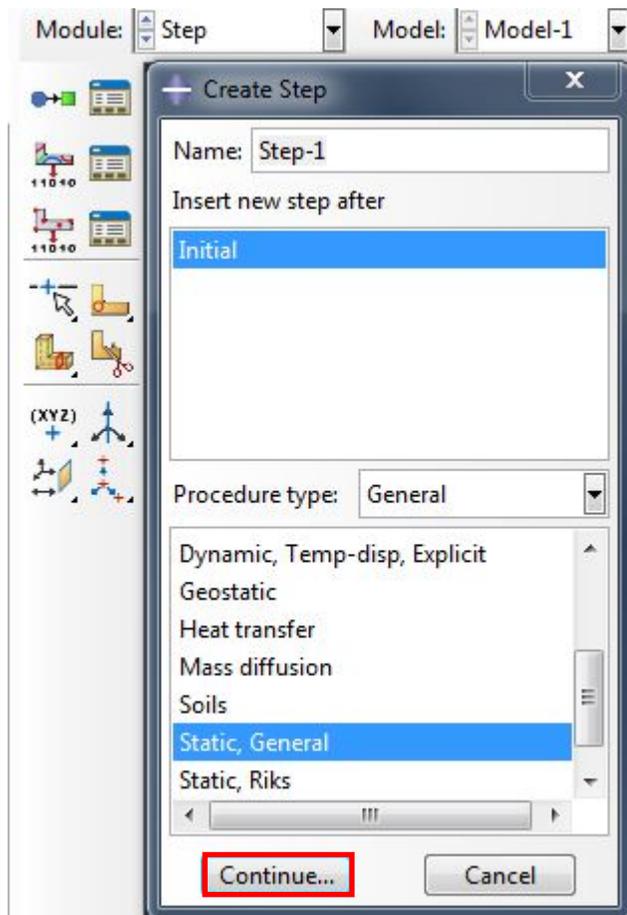
Select the regions to be assigned a beam section orientation ( Create set: ) Done



Для визуализации сечения профиля заходим в меню View>Part Display Options и ставим галочку у 'Render beam profiles':



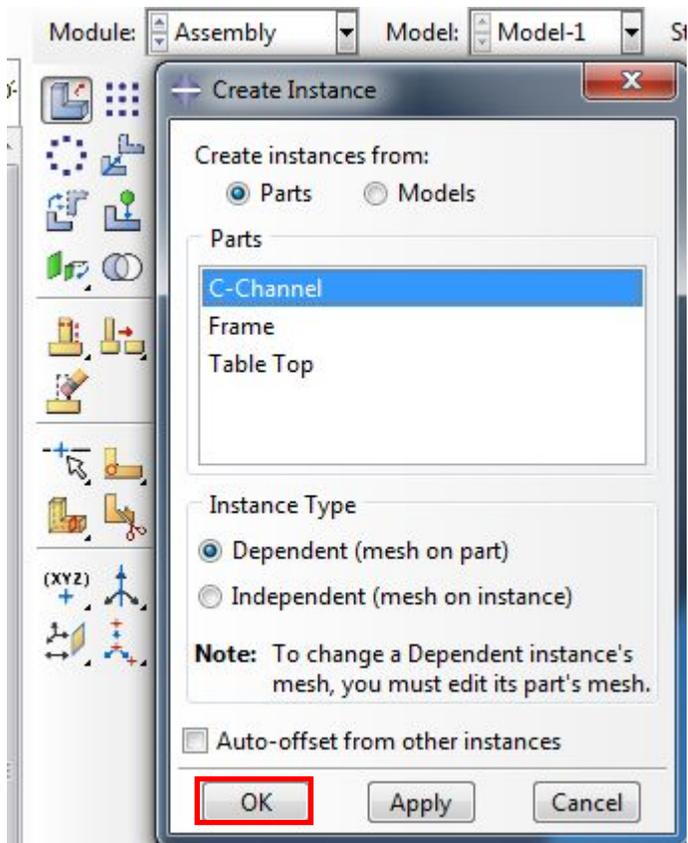
Для дальнейших действий требуется задать Step /шаг/. Для этого переходим в модуль Step и задаем следующие параметры:



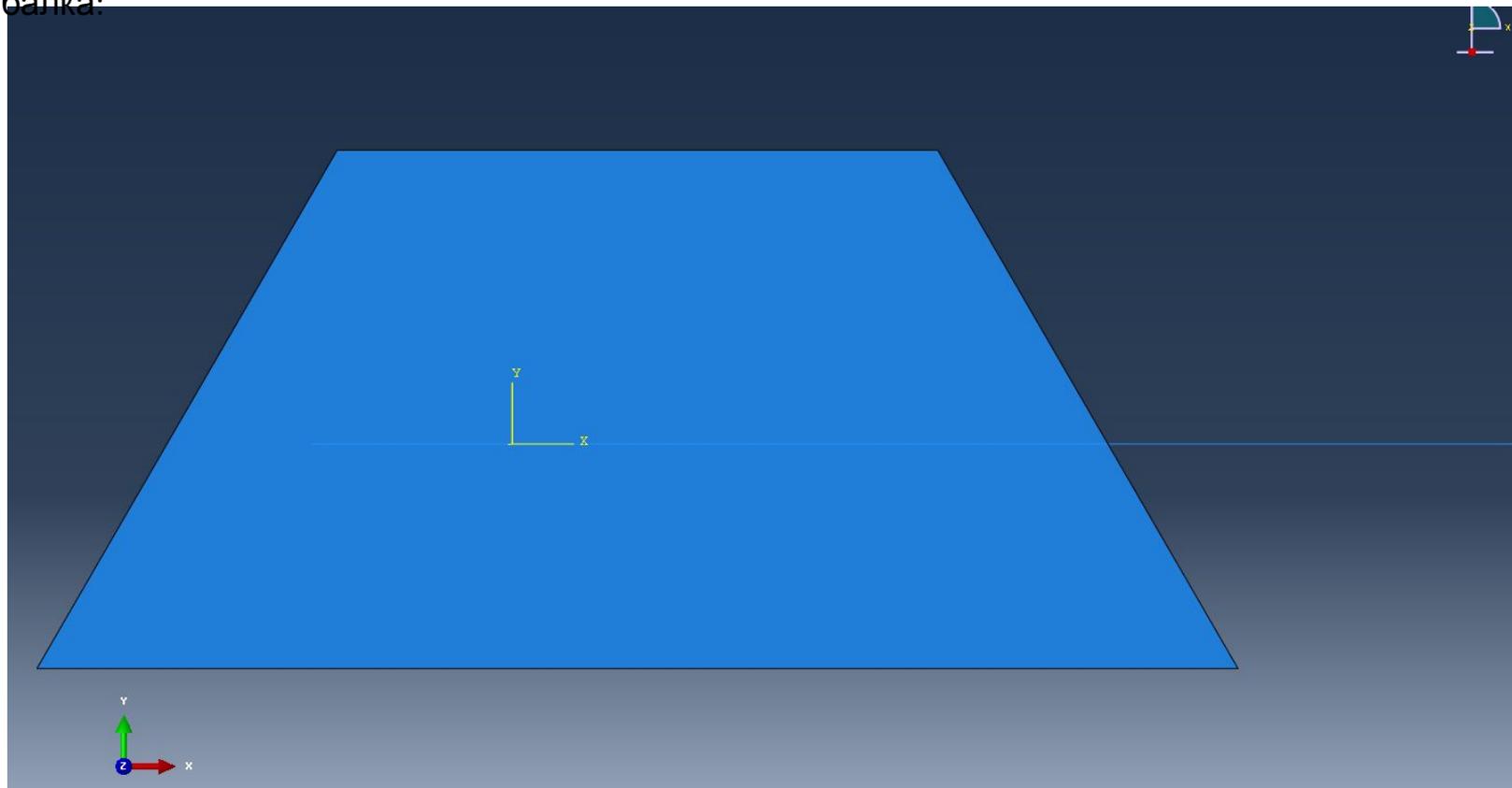
Создадим сборку столешницы с усилением: для этого перейдем в модуль



Создадим новый Part Instance, добавив к сборке C-Channel (выделив его в списке):



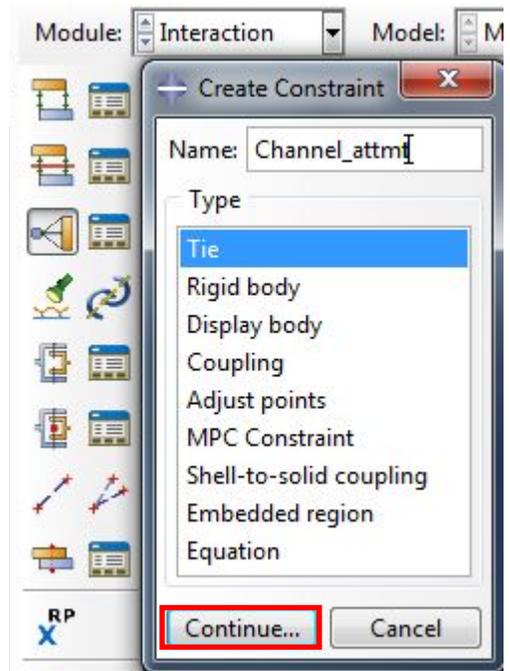
В окне рядом со столешницей появится балка:



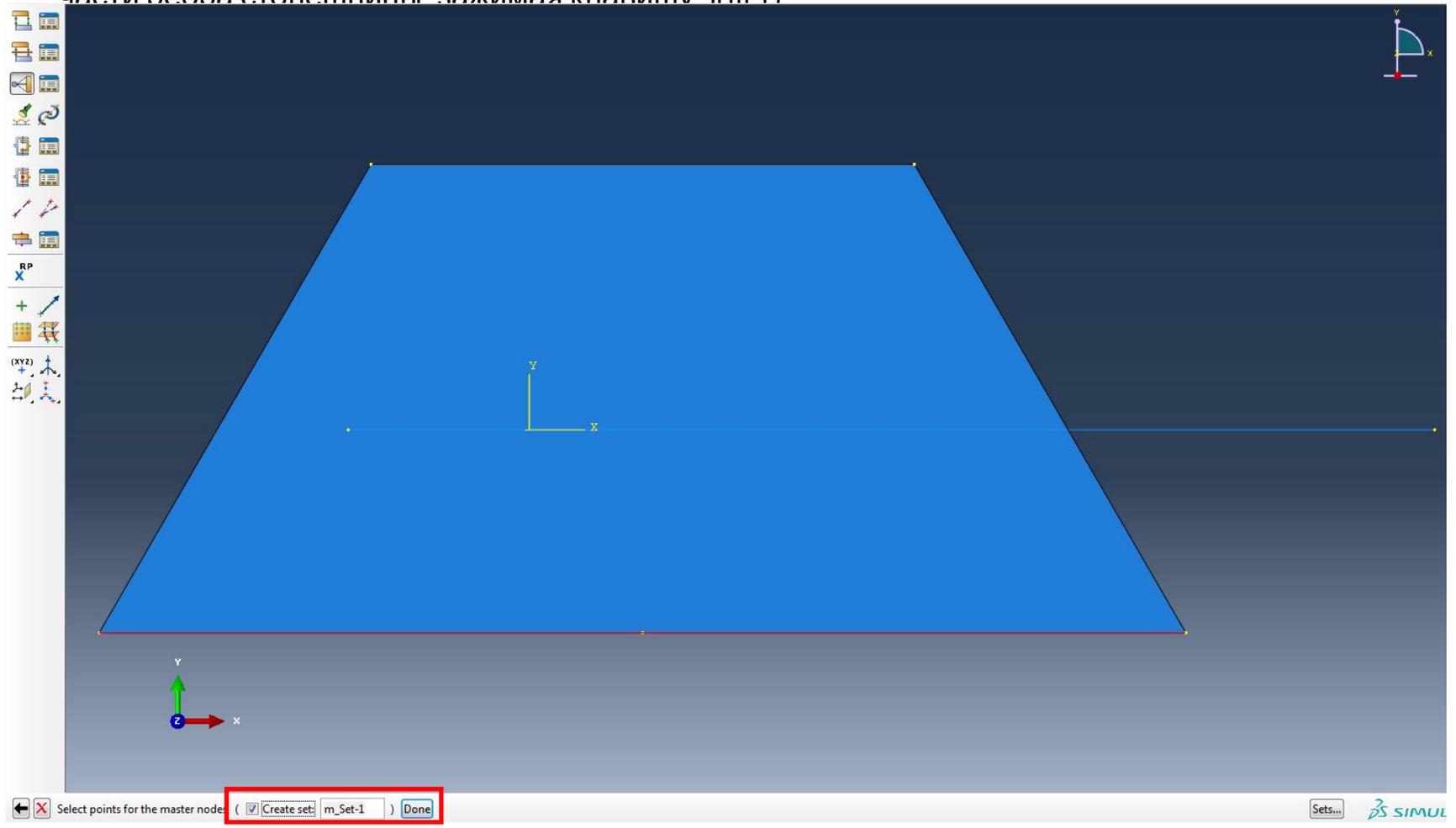
Далее нам нужно будет соединить балку усиления со столешницей, для этого перейдем в модуль

Module: Interaction

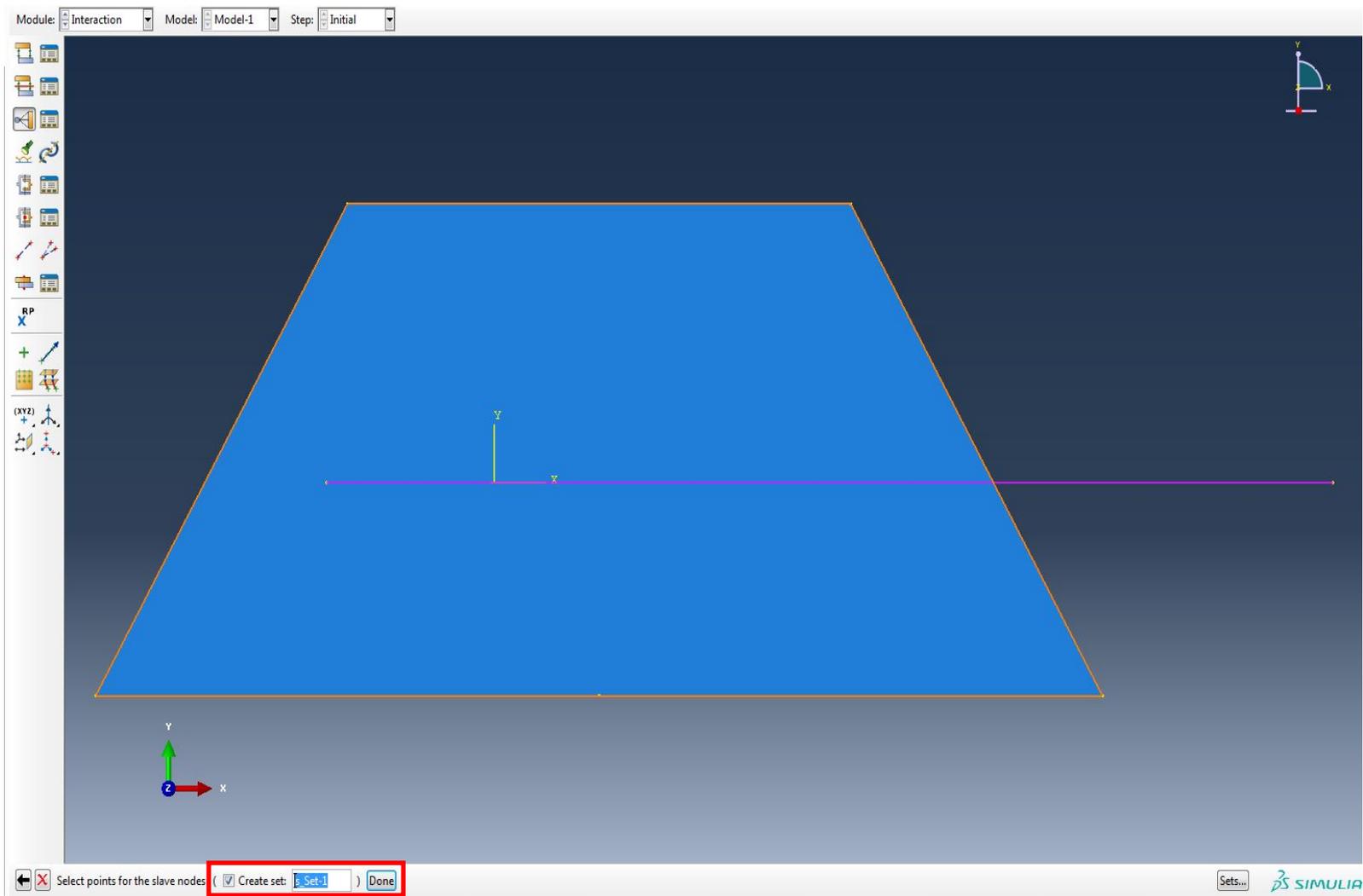
Создадим



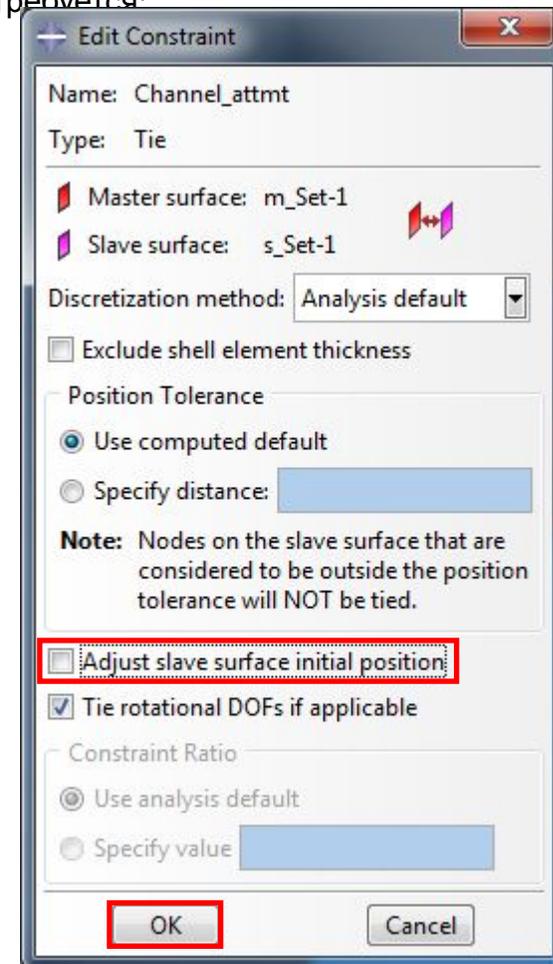
Далее мы должны выбрать регион с узлами, который будет являться главным в данной связи (выбираем обе части ребра столешницы, зажимая клавишу SHIFT):

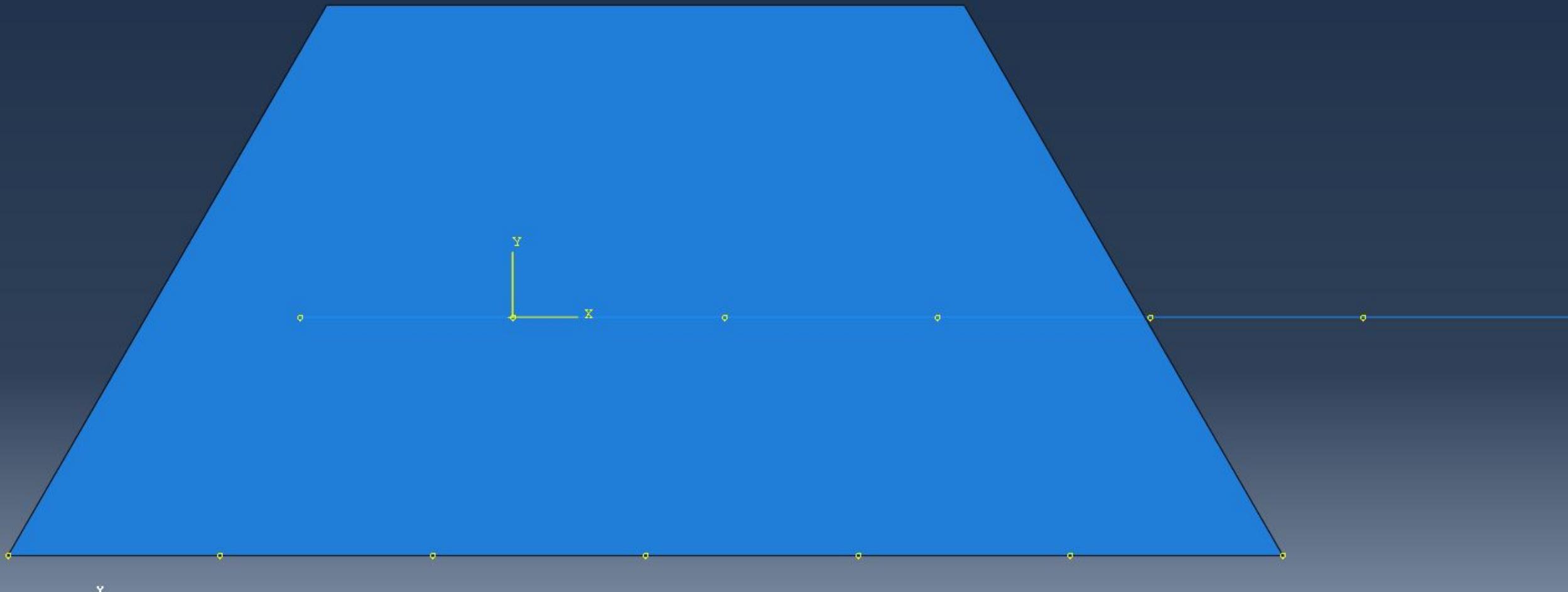


Далее выбираем балку, которая будет являться подчиненной (slave) в данной связи:

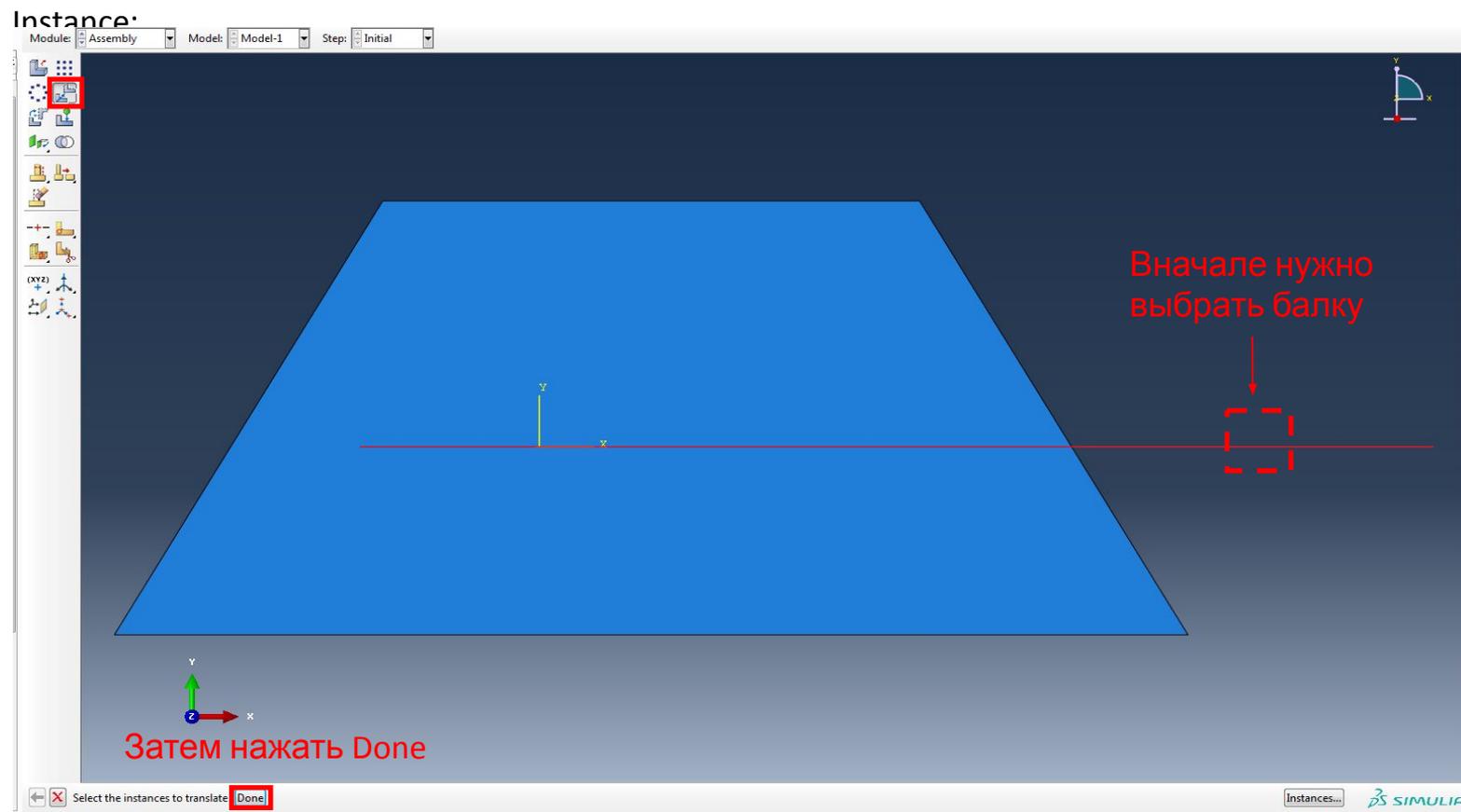


Рекомендуется отключить опцию "Adjust slave surface initial position/Подогнать исходное положение ведомой поверхности", потому что если ваши подчиненные узлы находятся слишком далеко, это просто вызовет серьезные искажения сетки, а если они находятся достаточно близко, то это и не требуется:





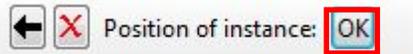
Далее мы должны переместить усиление к краю столешницы. Для этого переходим в модуль ASSEMBLY и выбираем инструмент Translate Instance:



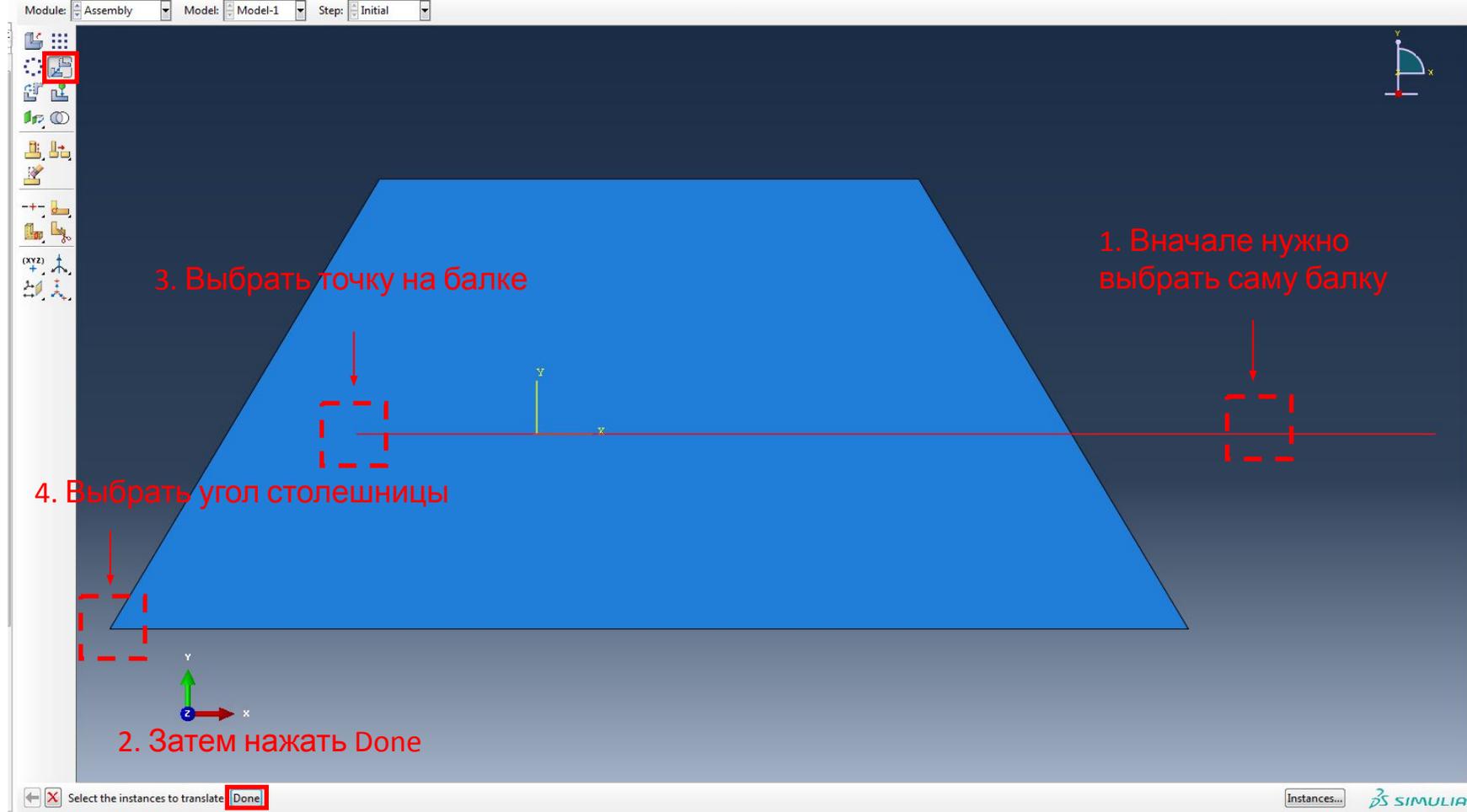
В качестве начальной точки укажем точку с координатами (0,0,0) ->

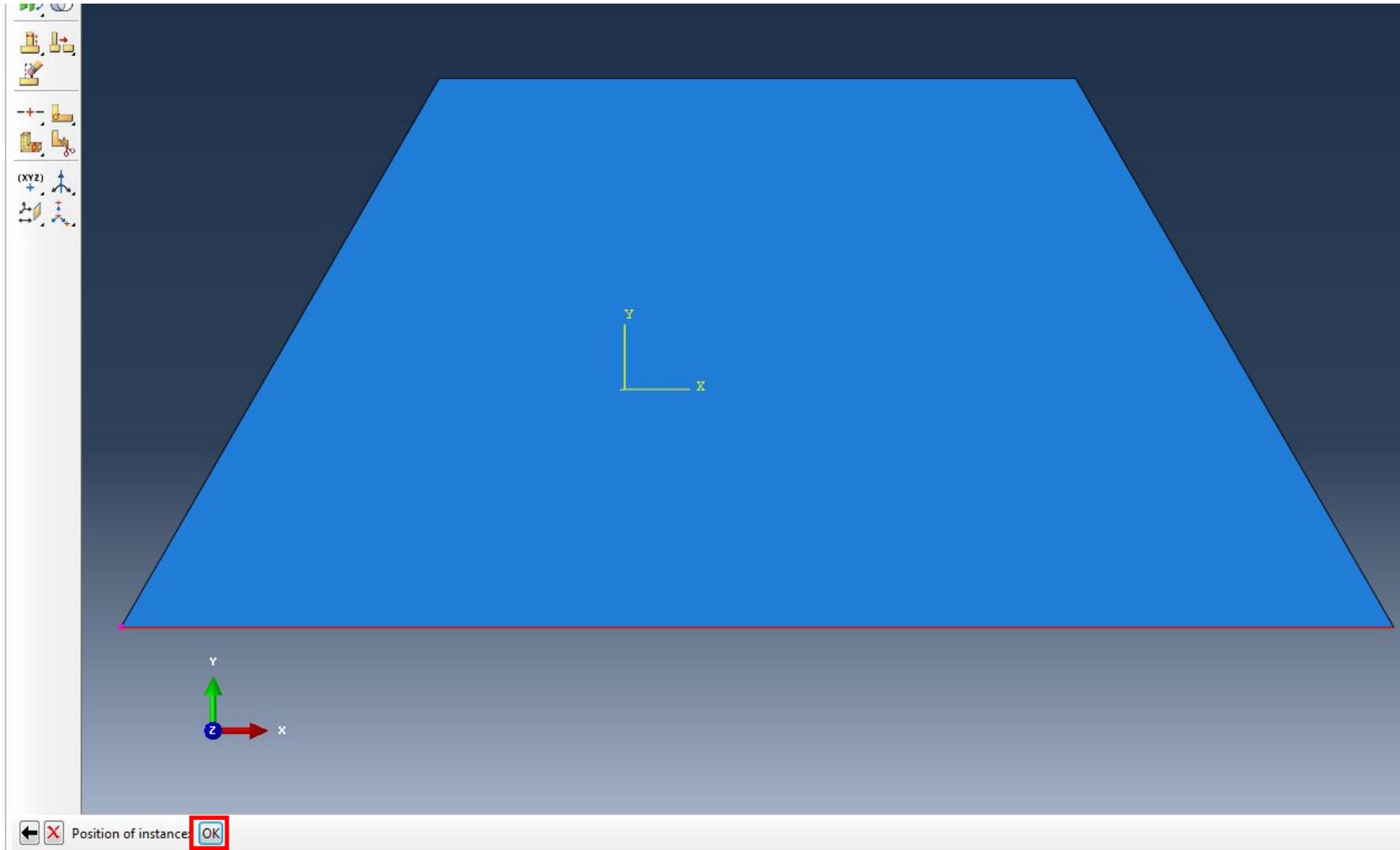


В качестве конечной точки укажем точку с координатами (0,-5,0), опустив тем самым балку по оси Y на 5

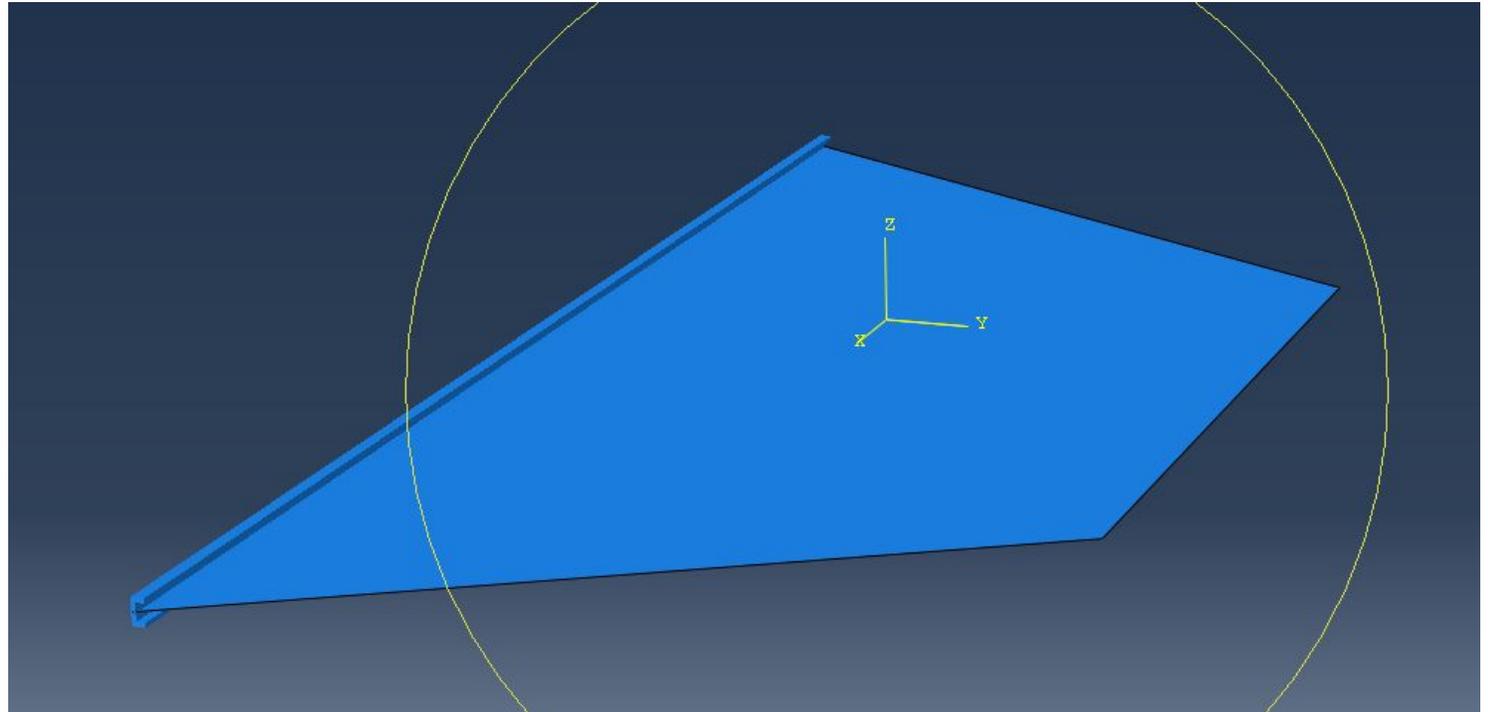
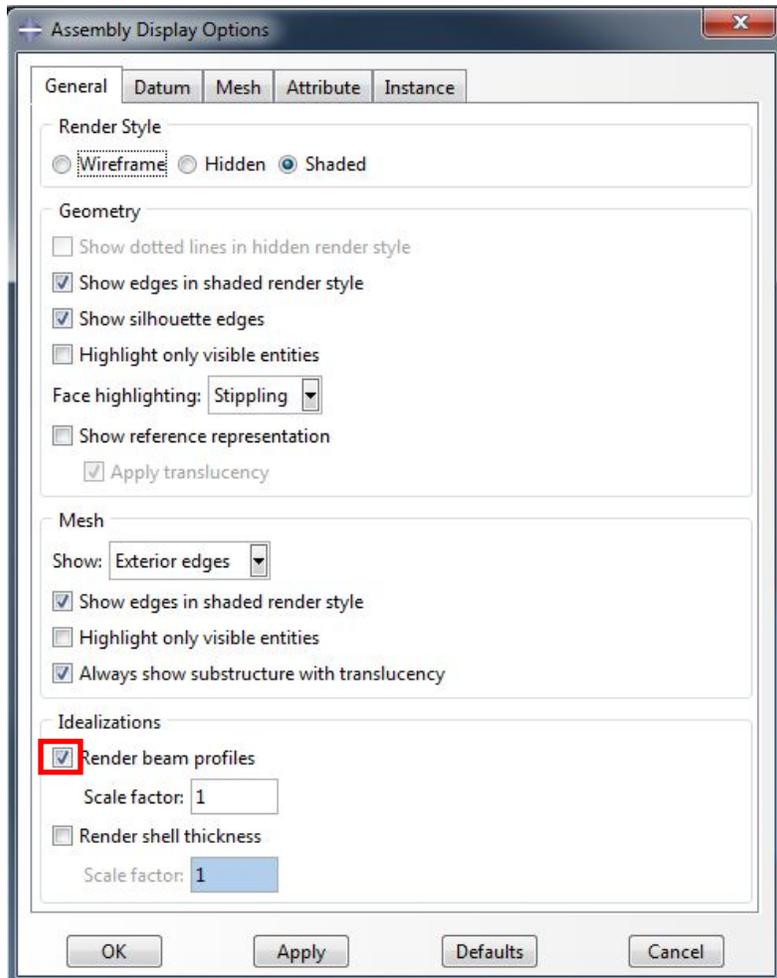


Но это, не совсем то, что нам нужно. Поэтому выполним операцию повторно, снова выбрав балку и указав в качестве начальной точки крайне левую точку балки, а в качестве конечной точки – нижний левый угол столешницы:





Чтобы визуализировать полученную сборку (где балка слилась с ребром столешницы) нужно зайти в меню View>Assembly Display Options:

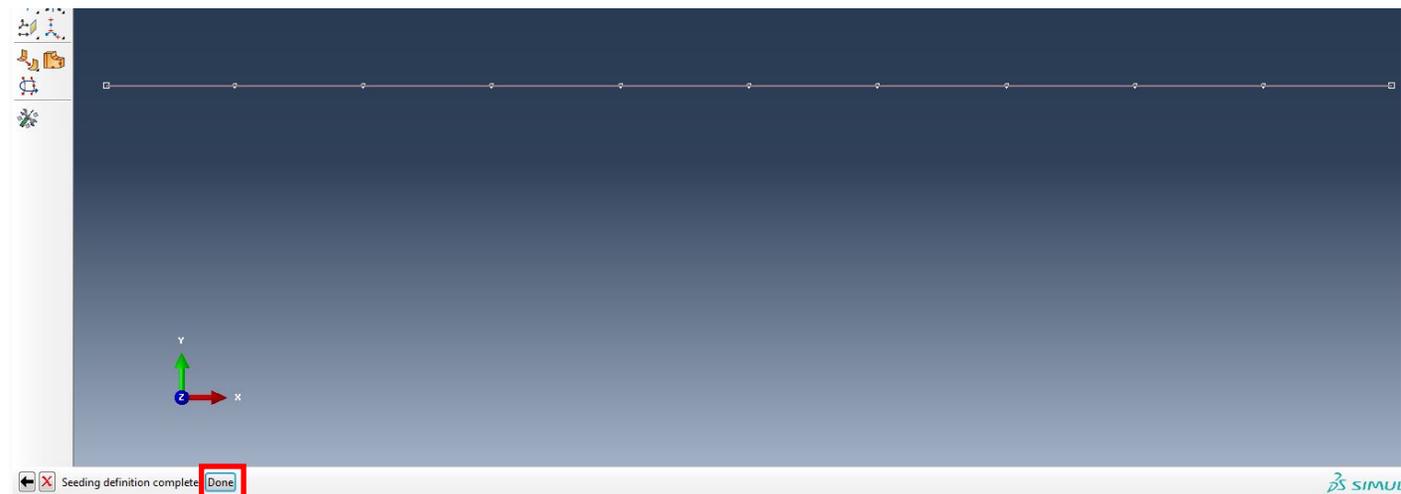
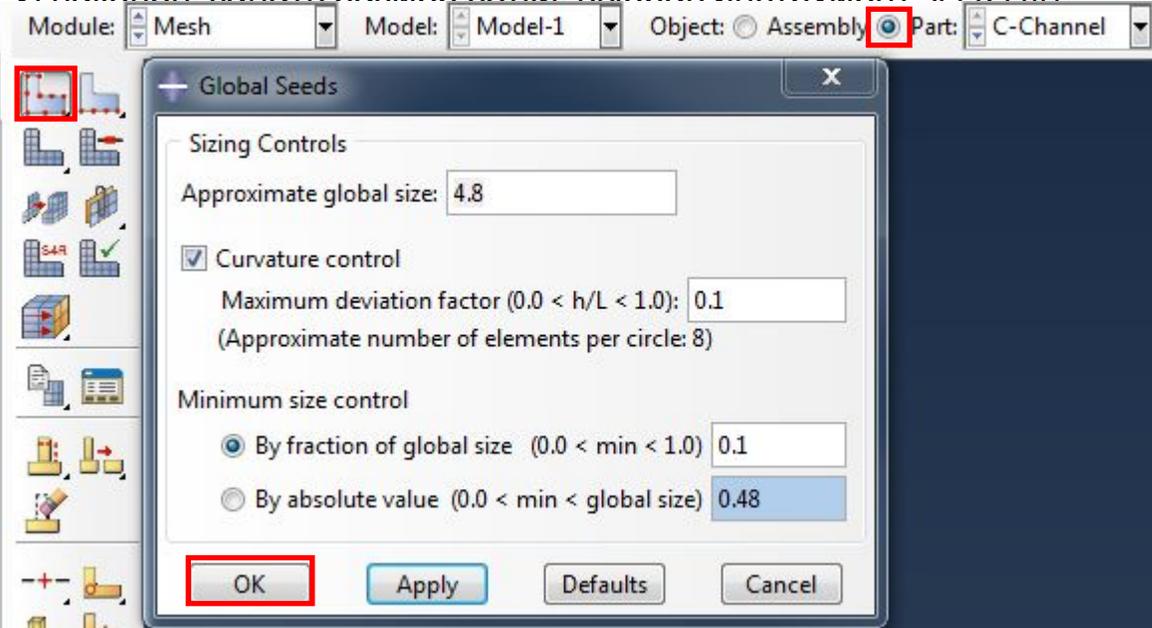


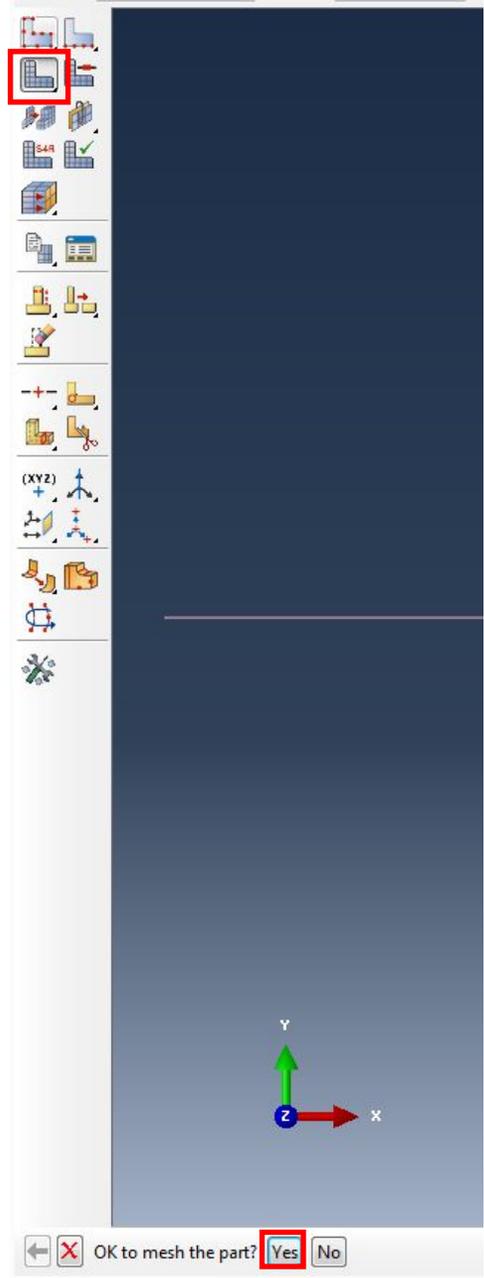
2.6 Далее в модуле Mesh нужно создать сетку для усиления столешницы.

Для этого вначале нужно переключиться в режим Part и выбрать C-Channel.

Потом нужно зайти в меню View>Part Display Options и убрать идеализацию сечения (снять галочку у 'Render beam profiles');

И наконец, задать размер сетки, выбрав инструмент Seed Part



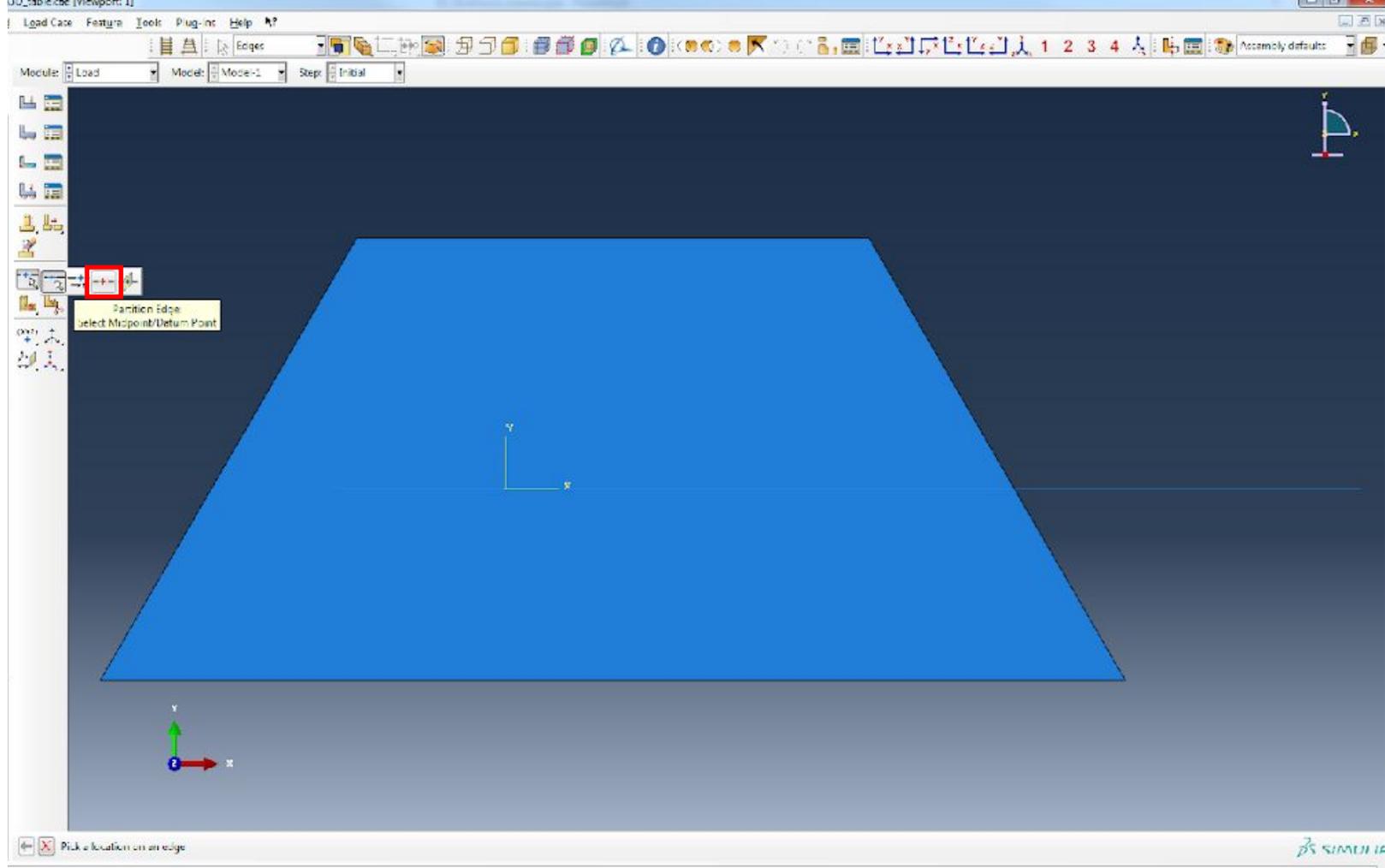


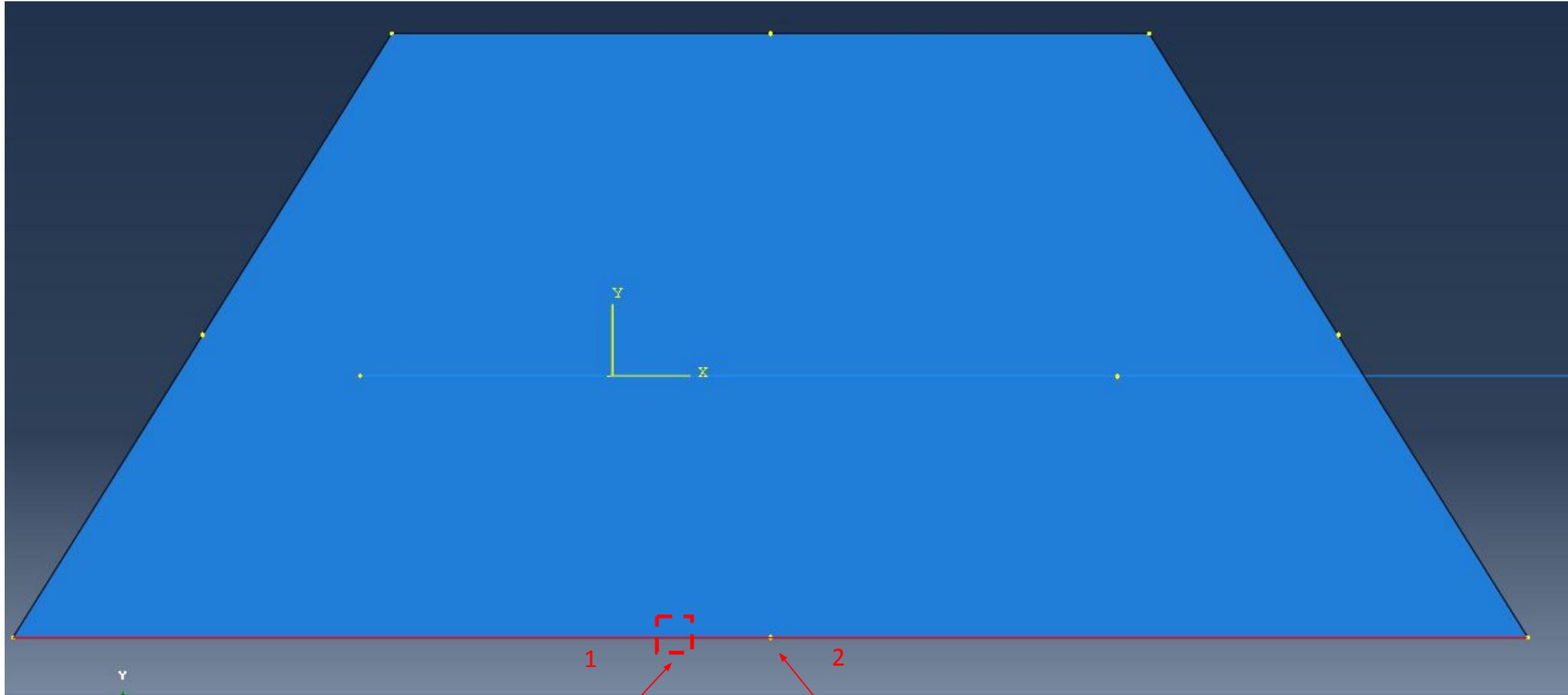
← X OK to mesh the part? Yes No

В дальнейшем нам потребуется приложить нагрузку в середине одного из краев столешницы. Но для этого нам потребуется создать точку. Создадим

Partition для края столешницы. Перейдем в модуль Load и выберем инструмент Partition Edge – он разделит наше ребро в средней точке и выберем наше

ребро:



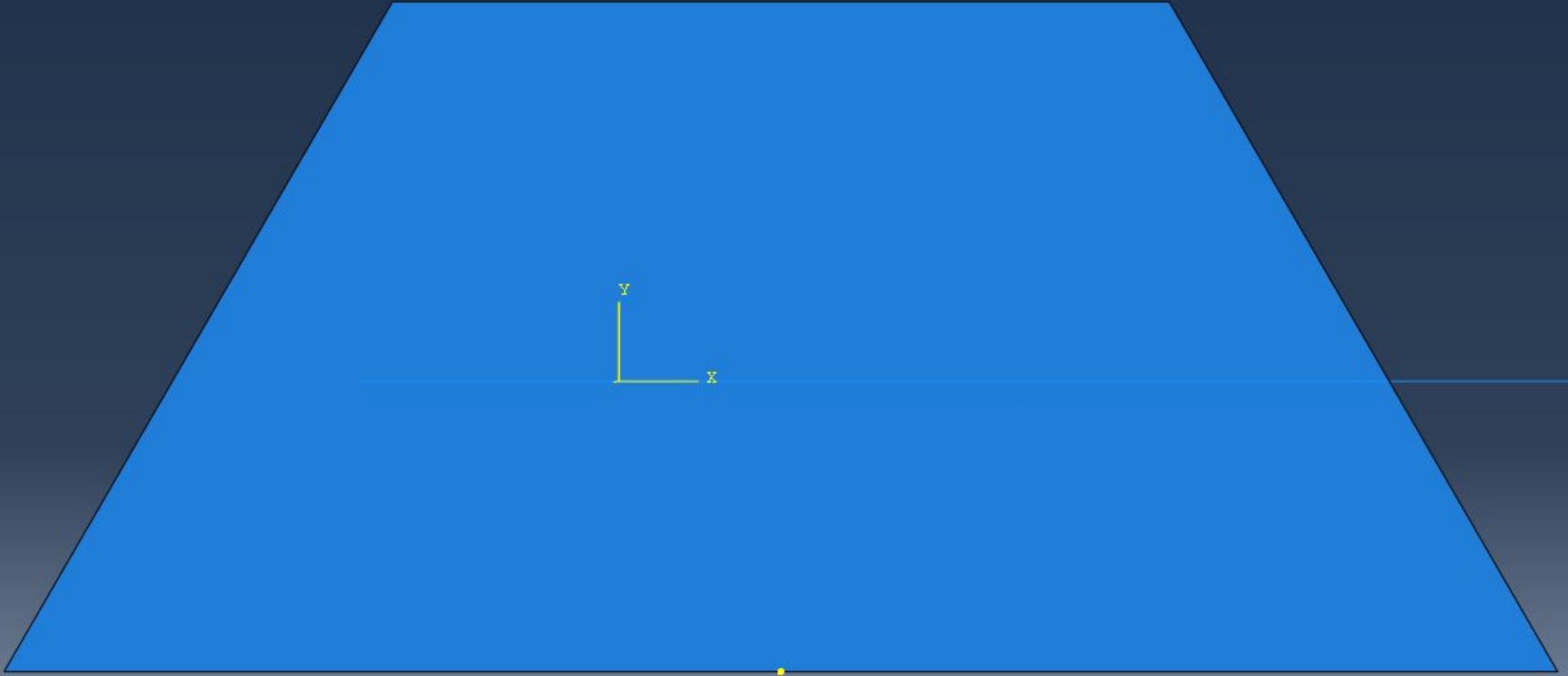


Выбираем  
ребро

Выбираем точку  
(midpoint)

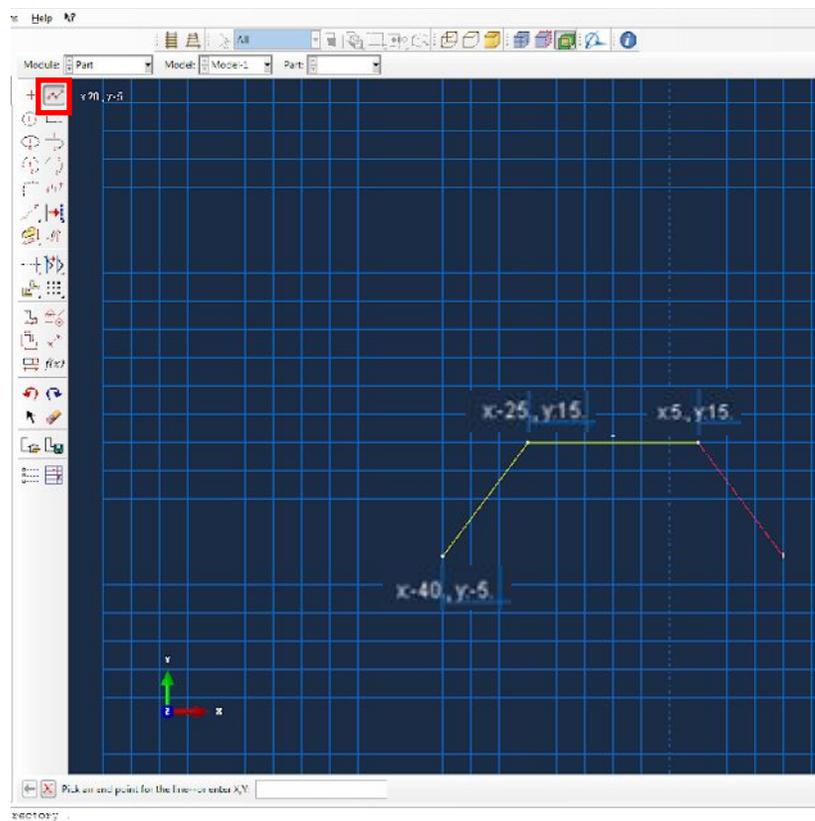
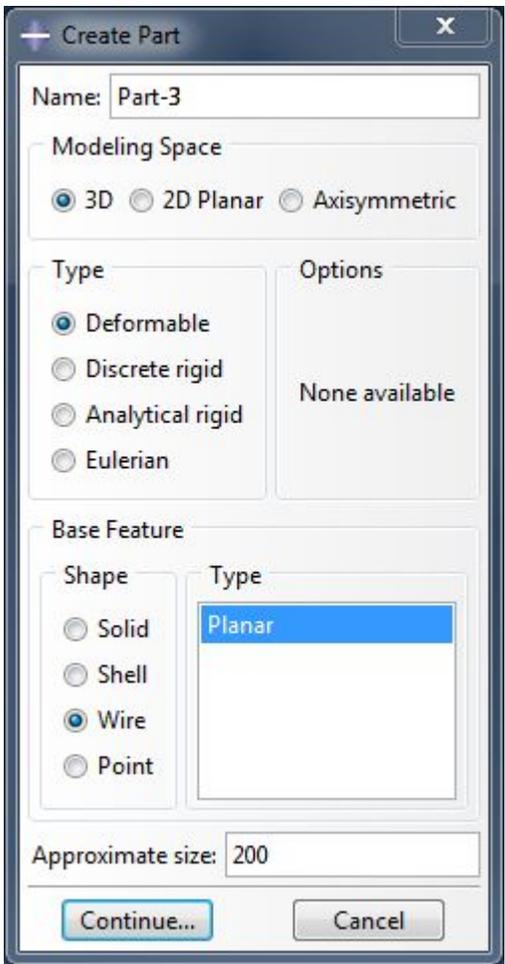


← X Partition definition complete **Create Partition**

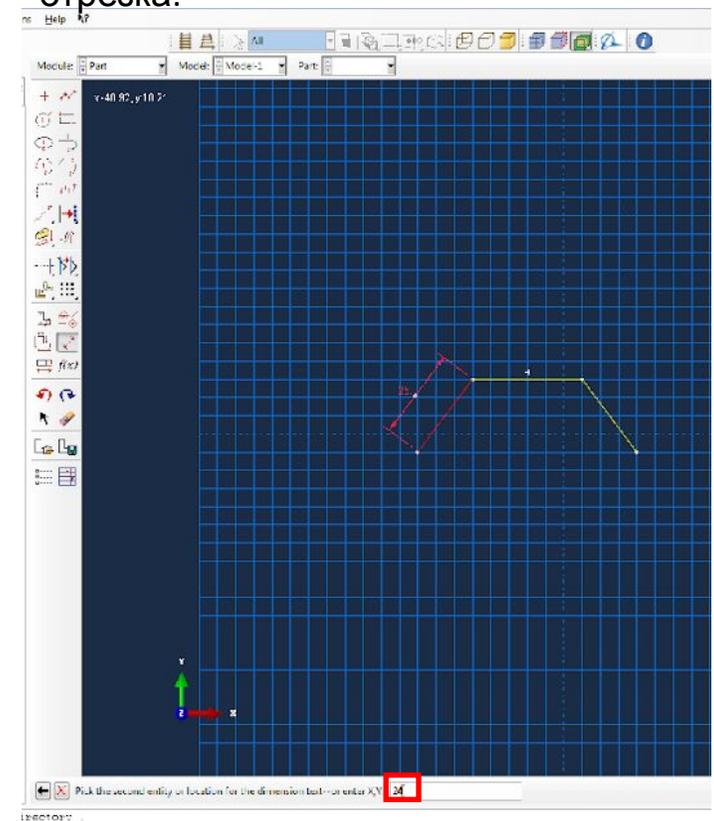


Создается точка  
(midpoint)

3. Создадим каркас столика (ножки и перекладины):

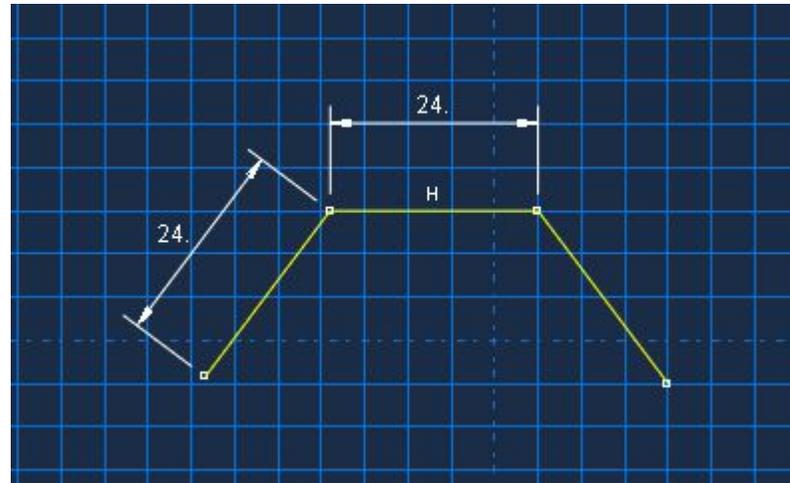
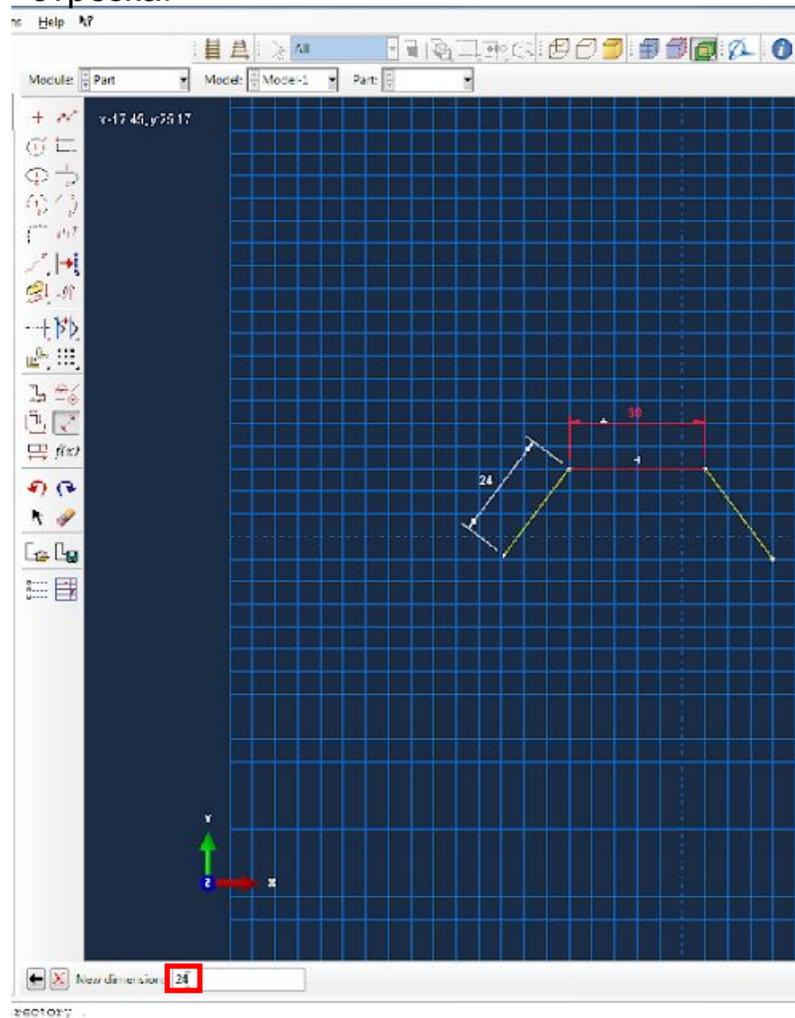


Зададим размер 24 для левого отрезка:



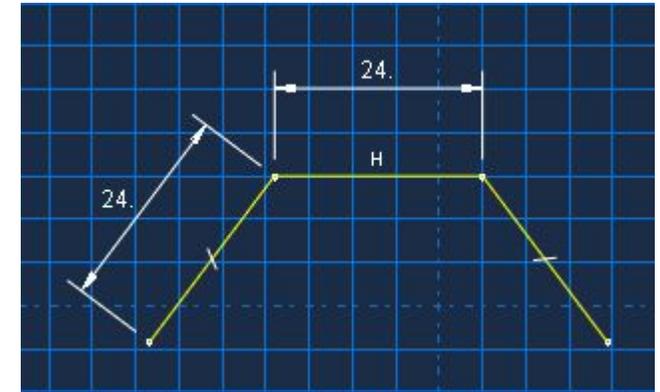
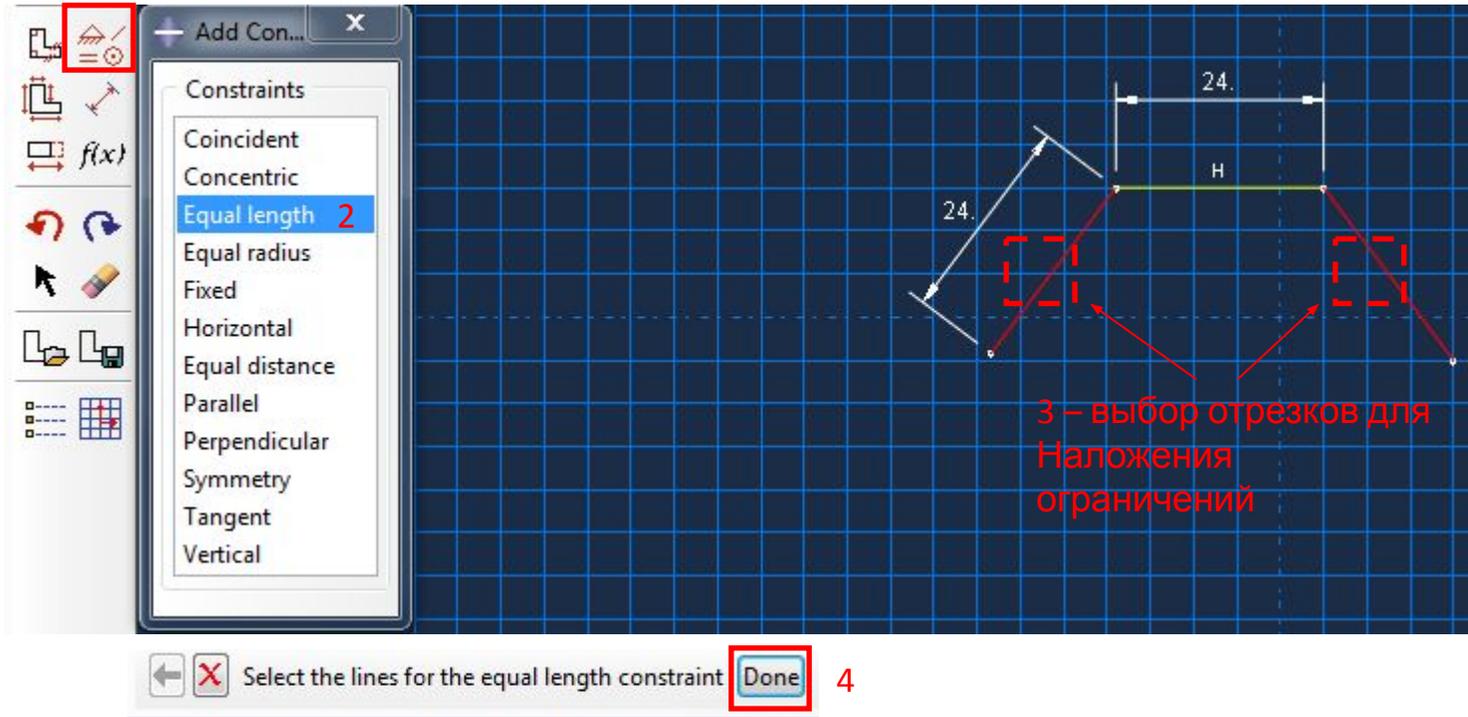


Далее такой же размер для среднего отрезка:



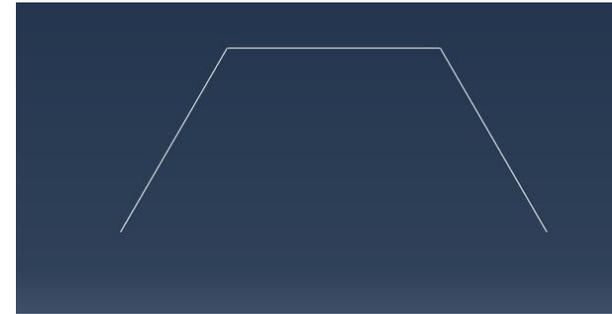
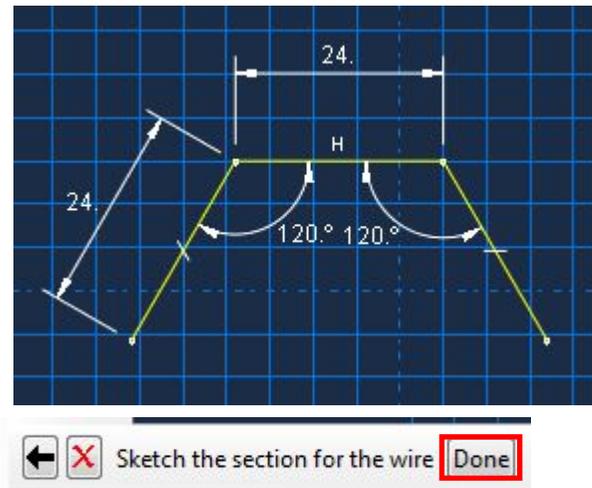
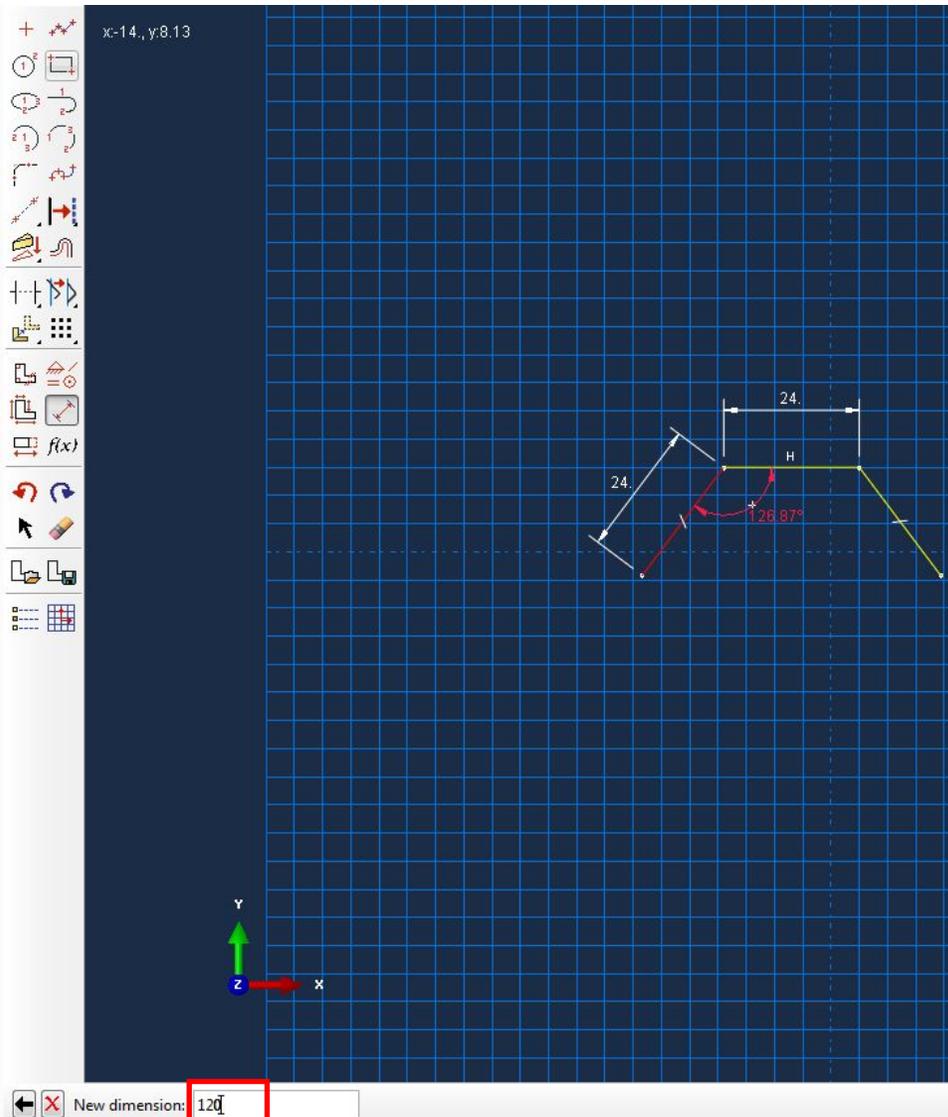


Далее применим ограничение Equal Length на правый отрезок, чтобы сделать его равным по длине с левым отрезком:



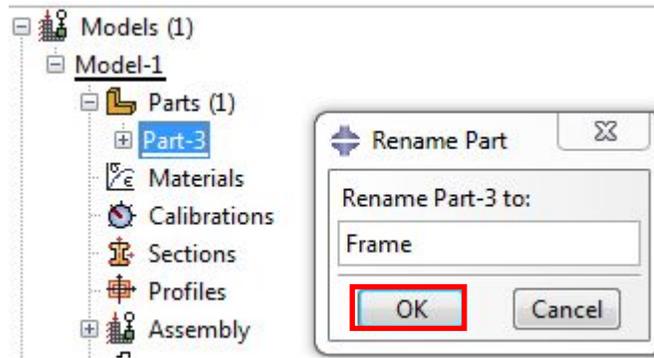


Далее образмерим углы между отрезками (ход выполнения показан только для левой стороны – для правой аналогично):



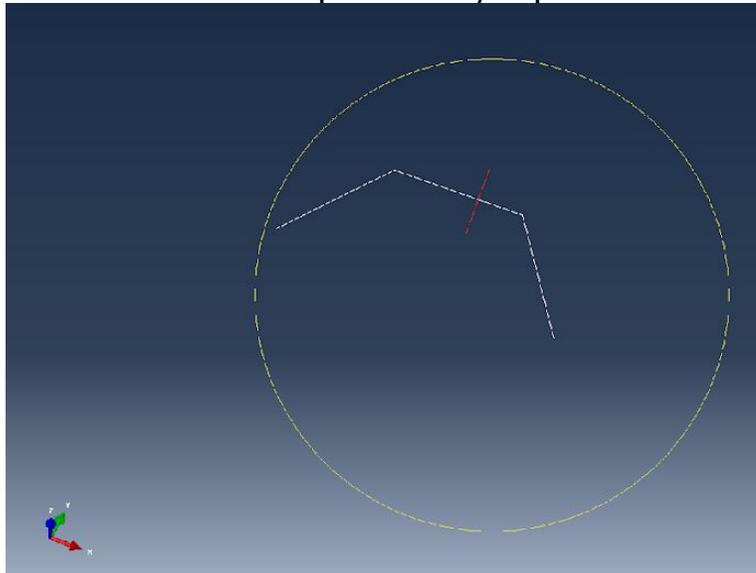
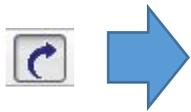
Сначала выбираем один отрезок, затем второй, затем место, где будет располагаться размерная линия, а затем – вводим размер в нижнем поле, Enter.

### 3.1 Переименуем созданный sketch с Part-3 на Frame:



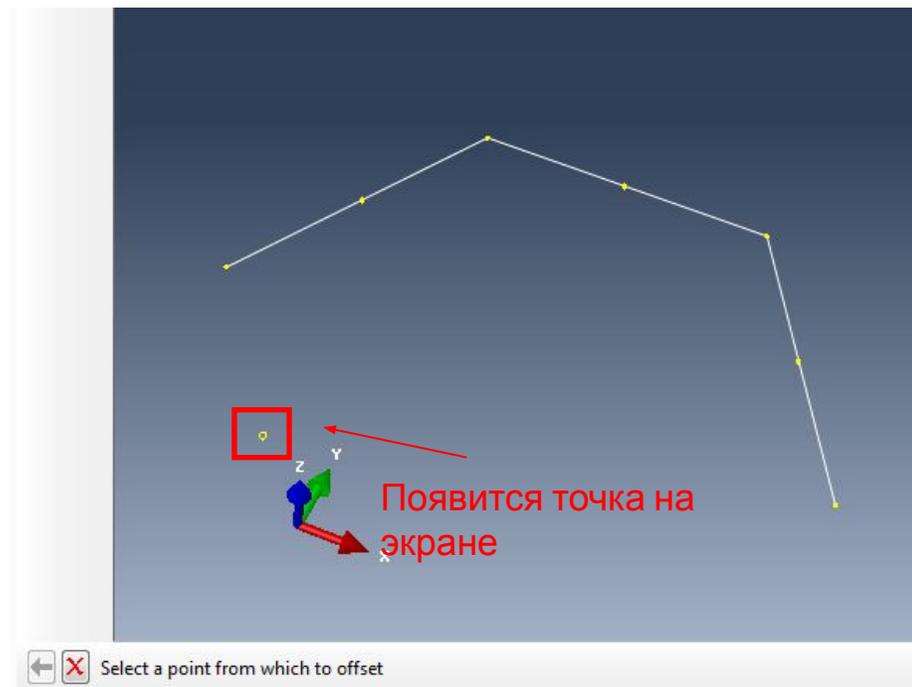
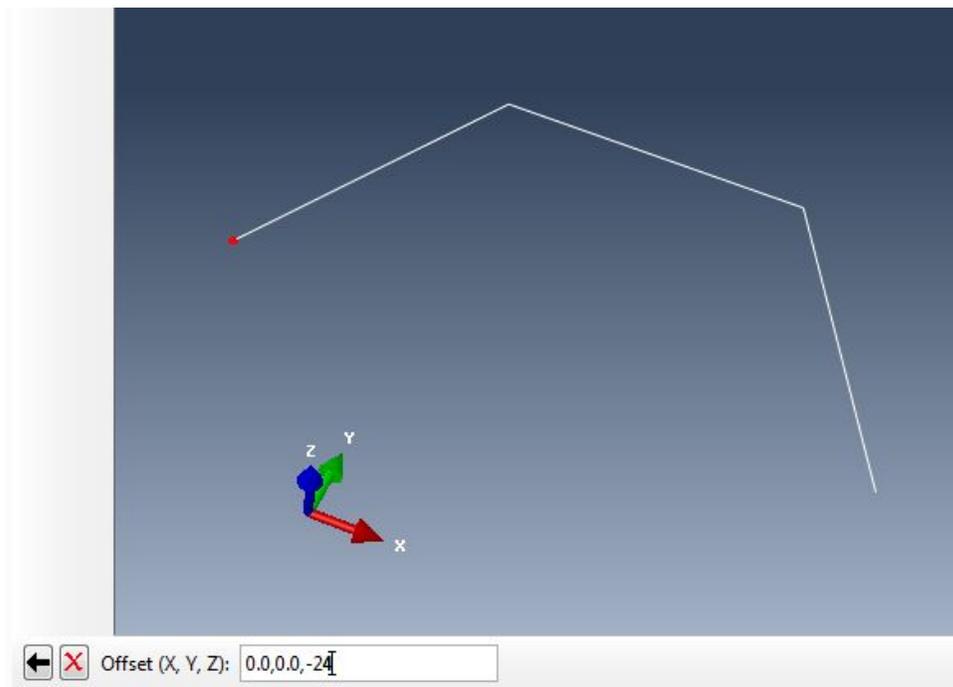
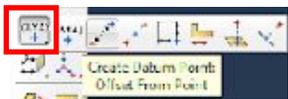
Далее необходимо добавить ножки, которые будут соединяться с созданной перекладиной предварительно создав для этого несколько опорных точек.

Но вначале немного изменим перспективу экрана:



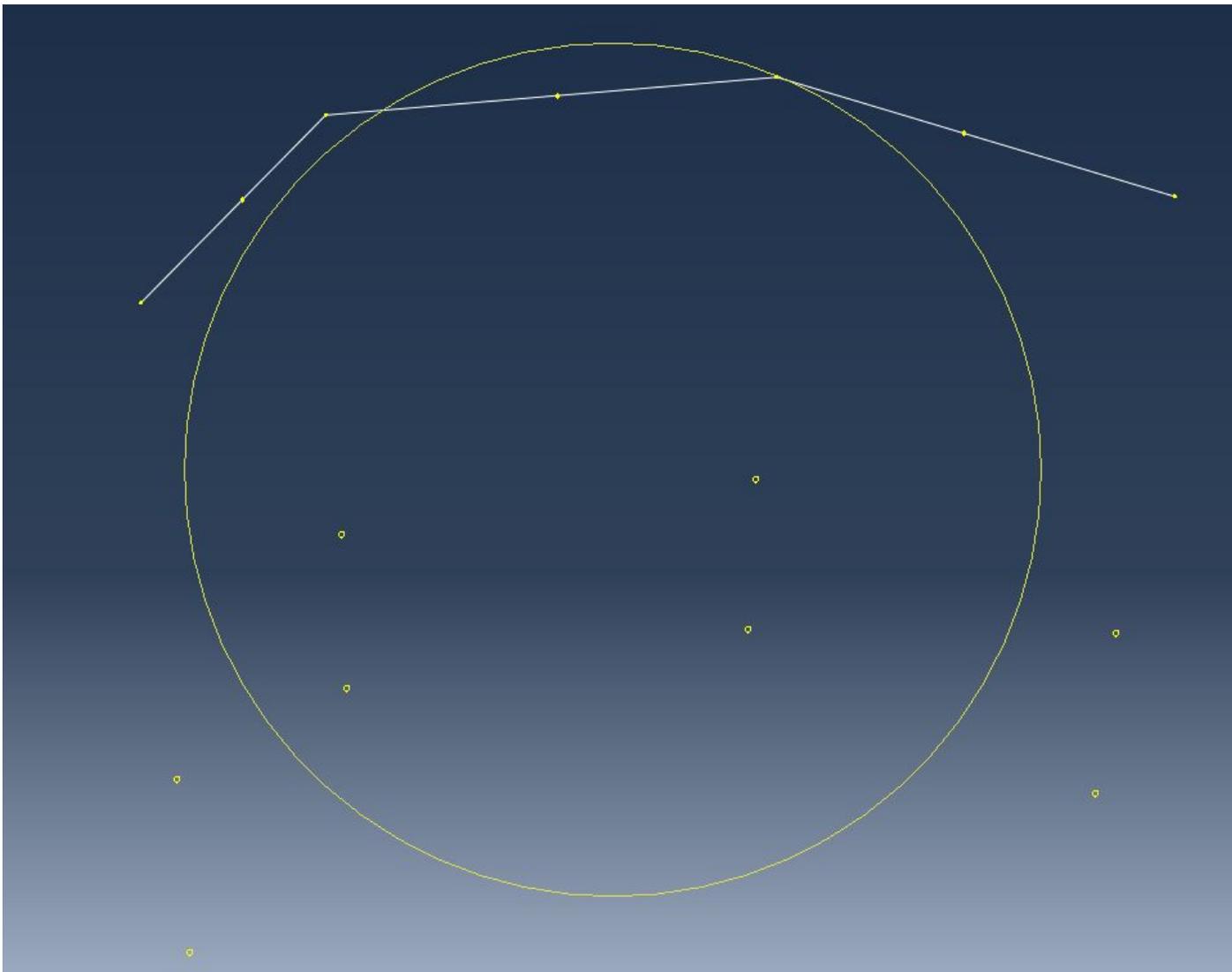


Создадим точки с помощью опции Create Datum Point: Offset From Point:



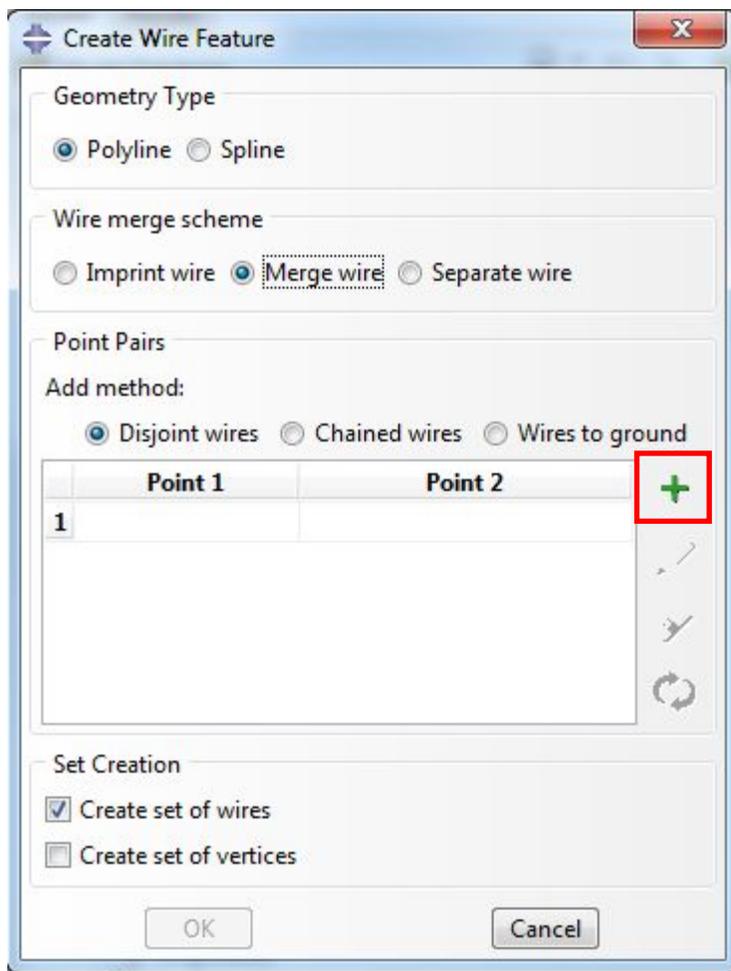
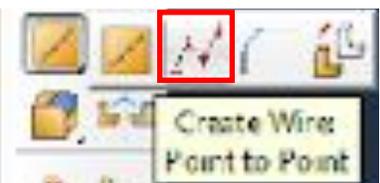


Далее проделываем то же самое для остальных углов, а затем отступив еще 10 in вниз, строим еще 4 таких точки:

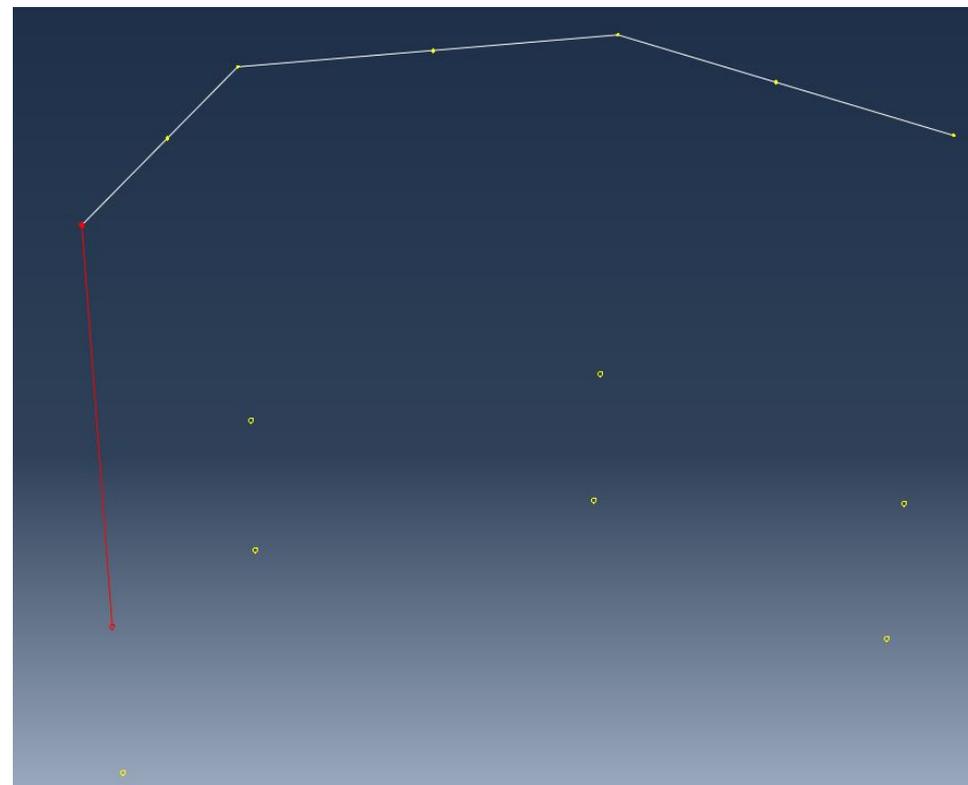




Далее создадим остальной каркас с использованием меню Create Wire> Create Wire: Point to Point:

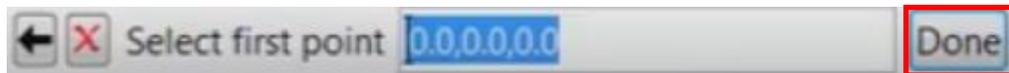
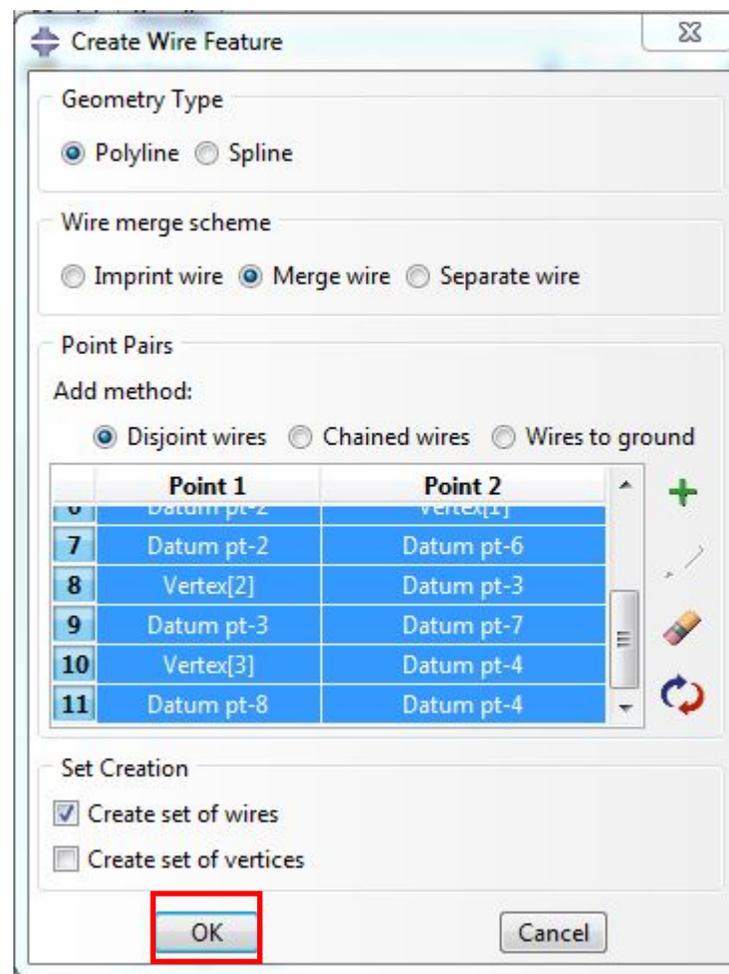
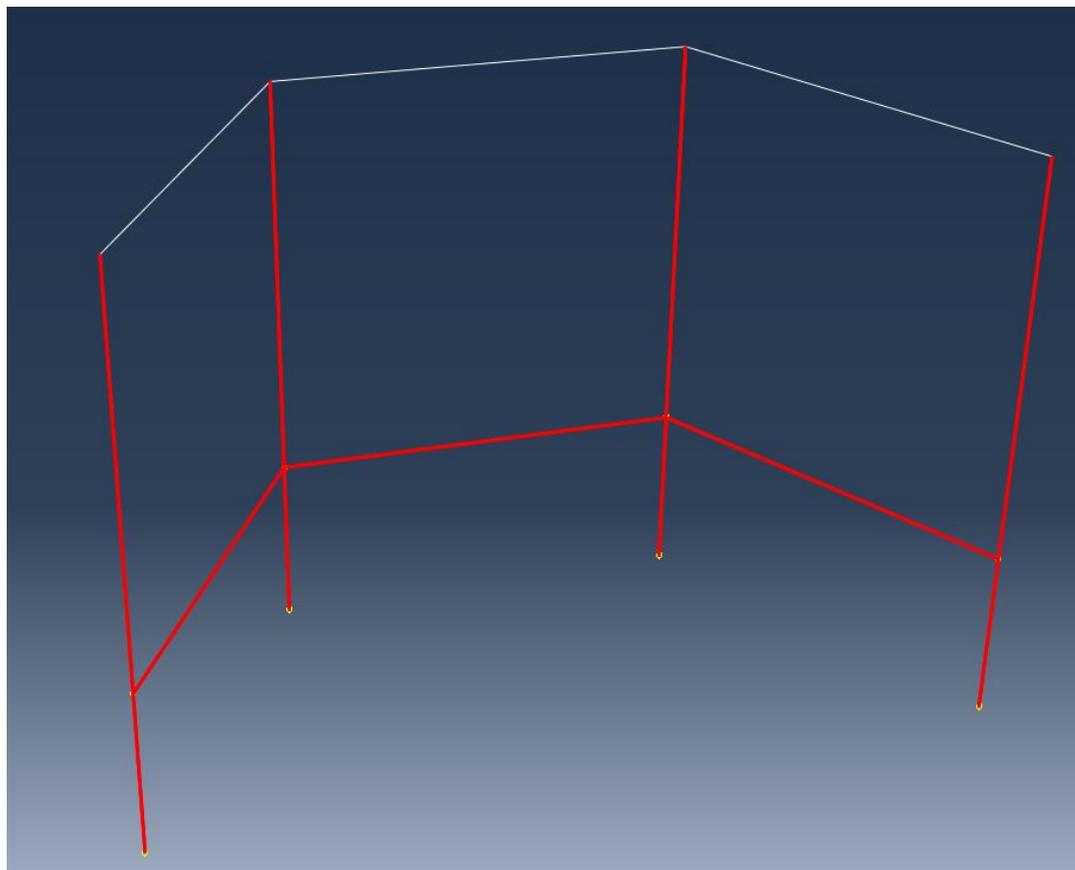


Последовательно соединяем все точки:



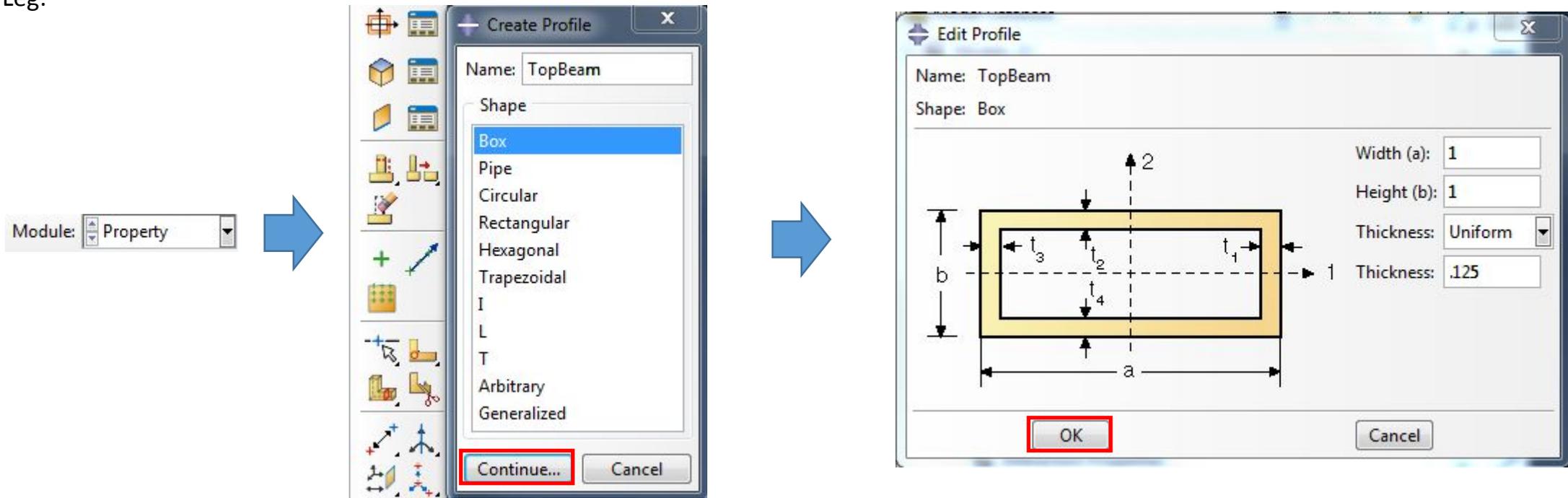


Пока не создадим весь каркас:

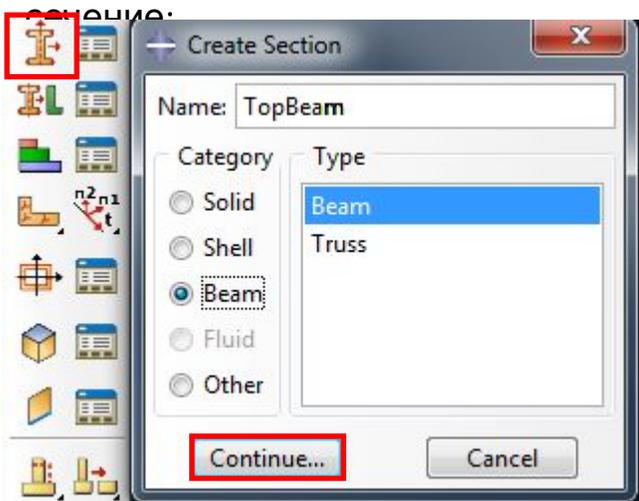


### 3.2 Создадим дополнительные профили для каркаса – TopBeam и Leg:

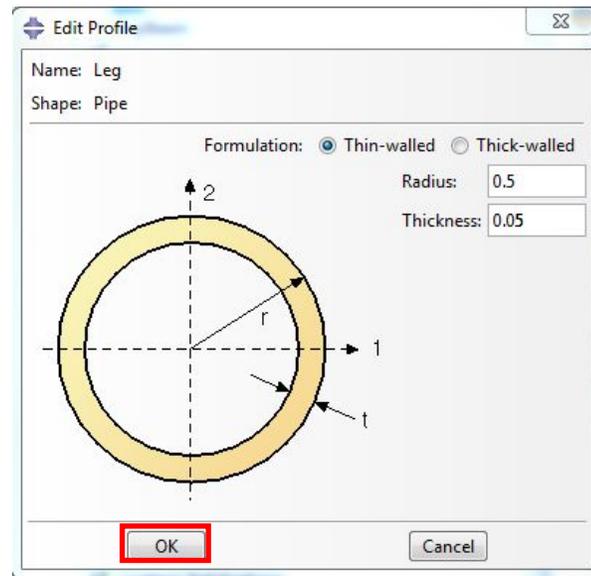
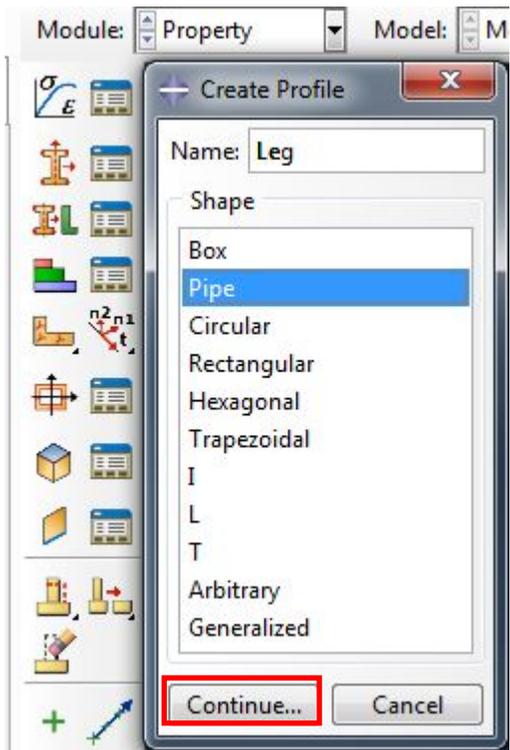
Leg:



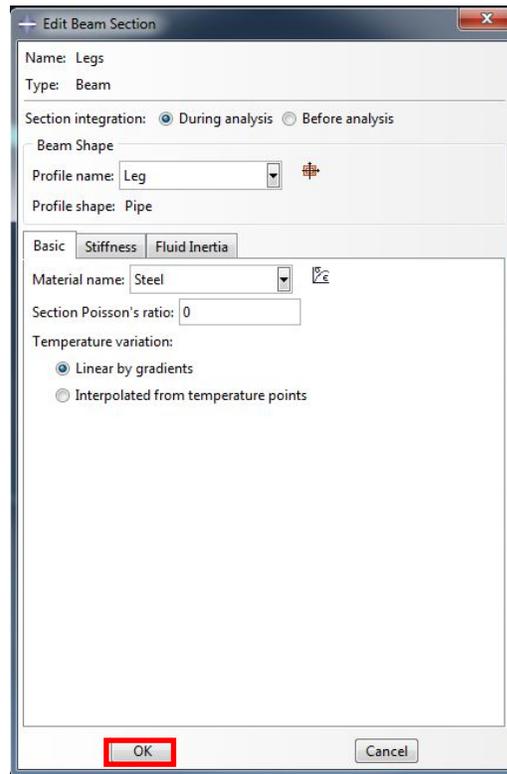
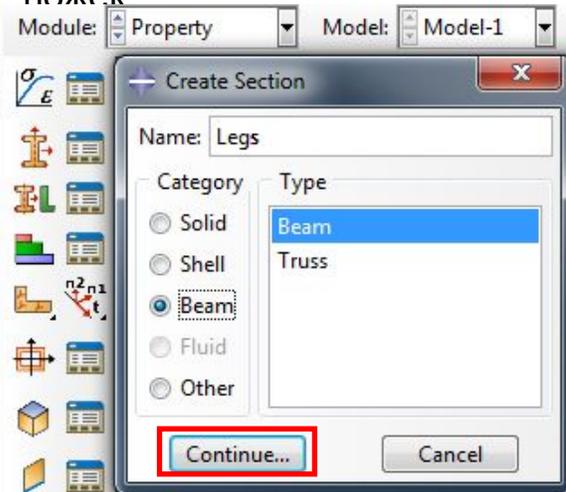
### 2.1 Далее создаем



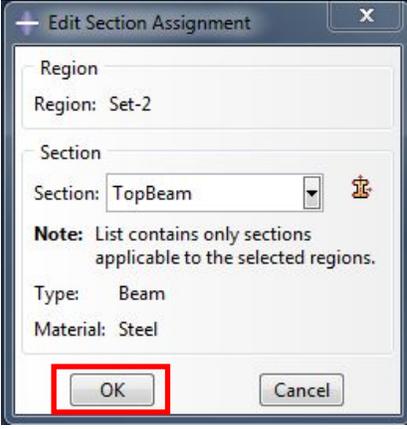
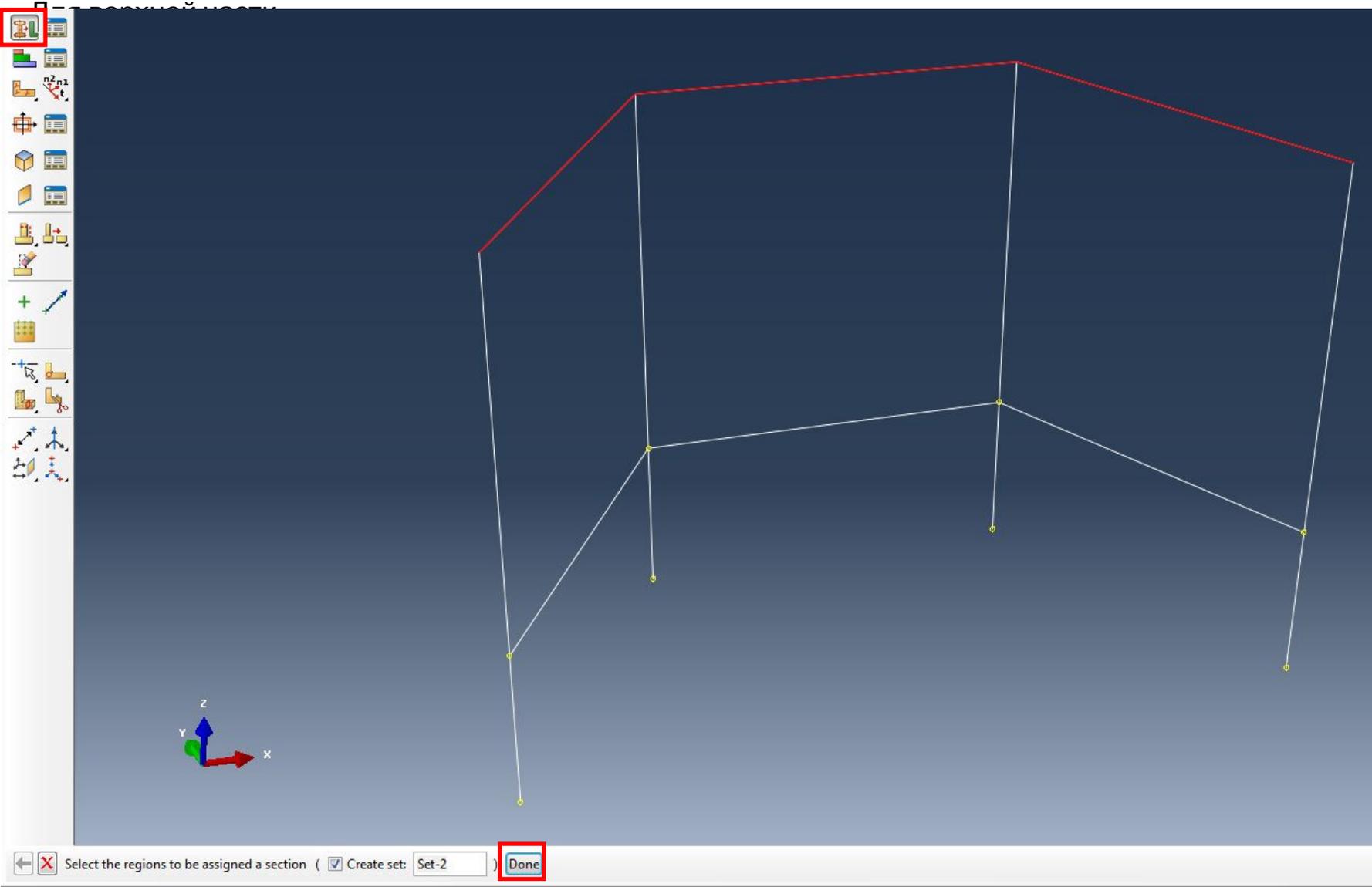
В появившемся далее окне нажимаем OK.



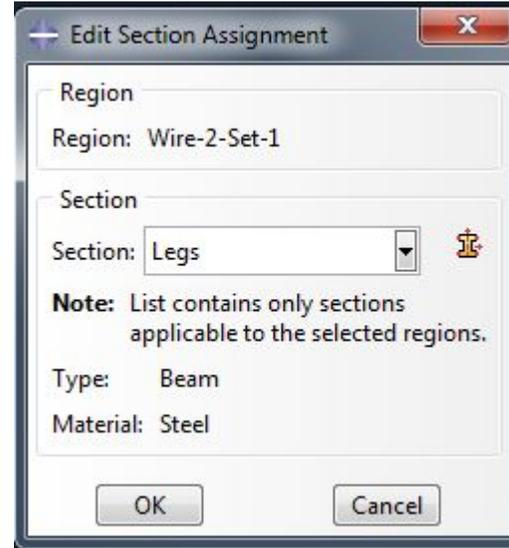
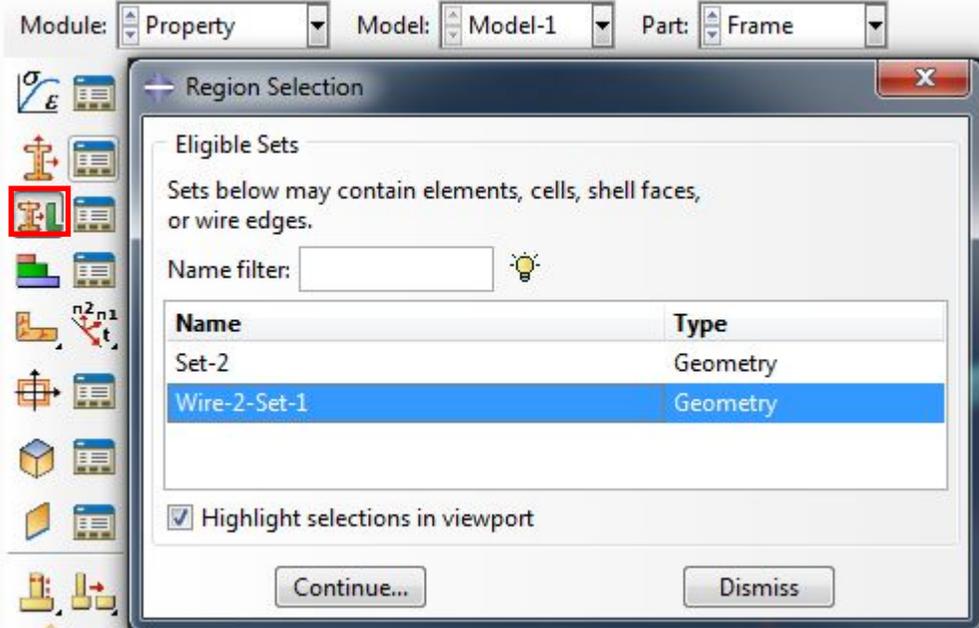
Далее создаем сечение для ножек:



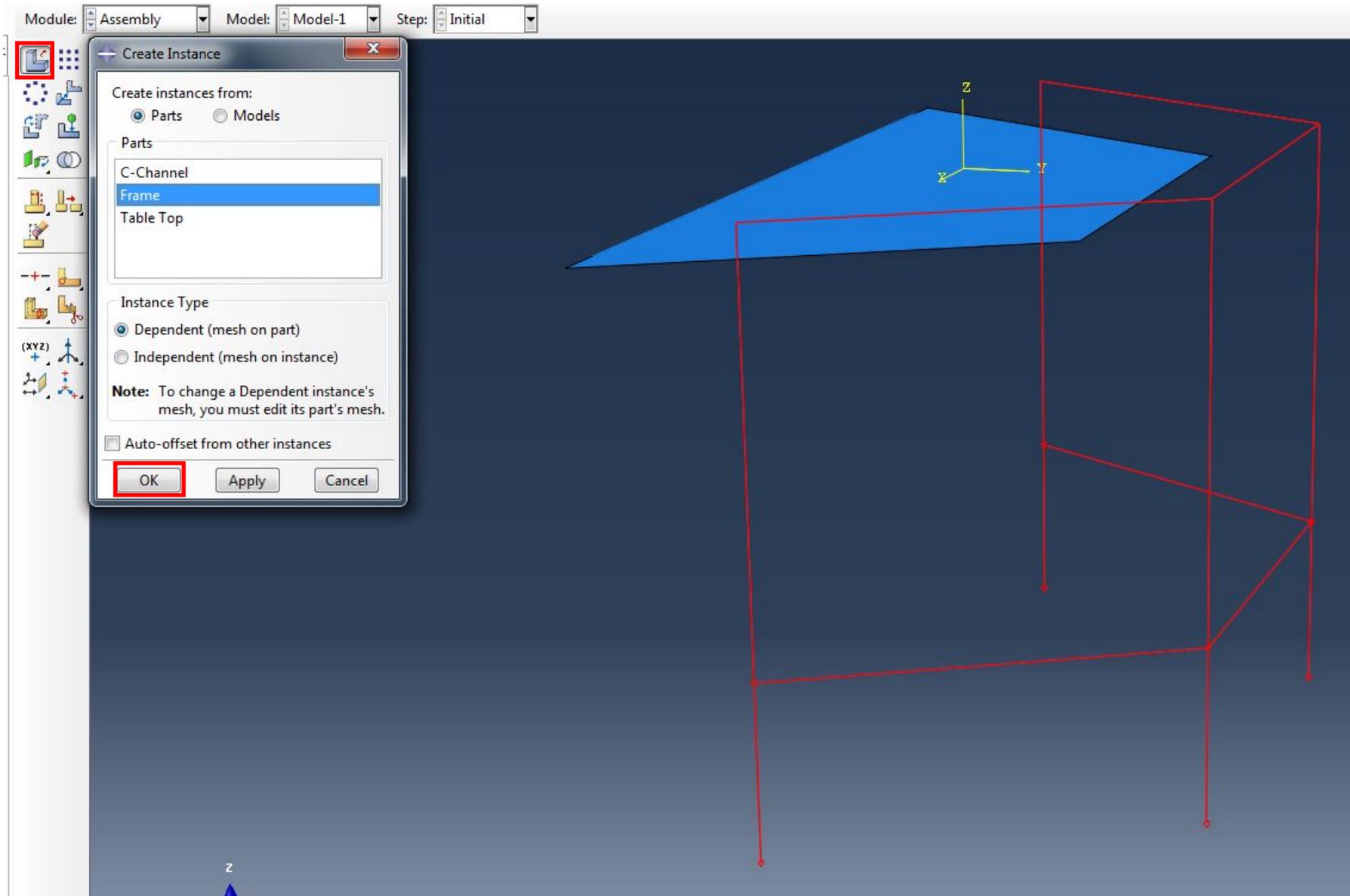
### 3.3 Далее назначаем сечение



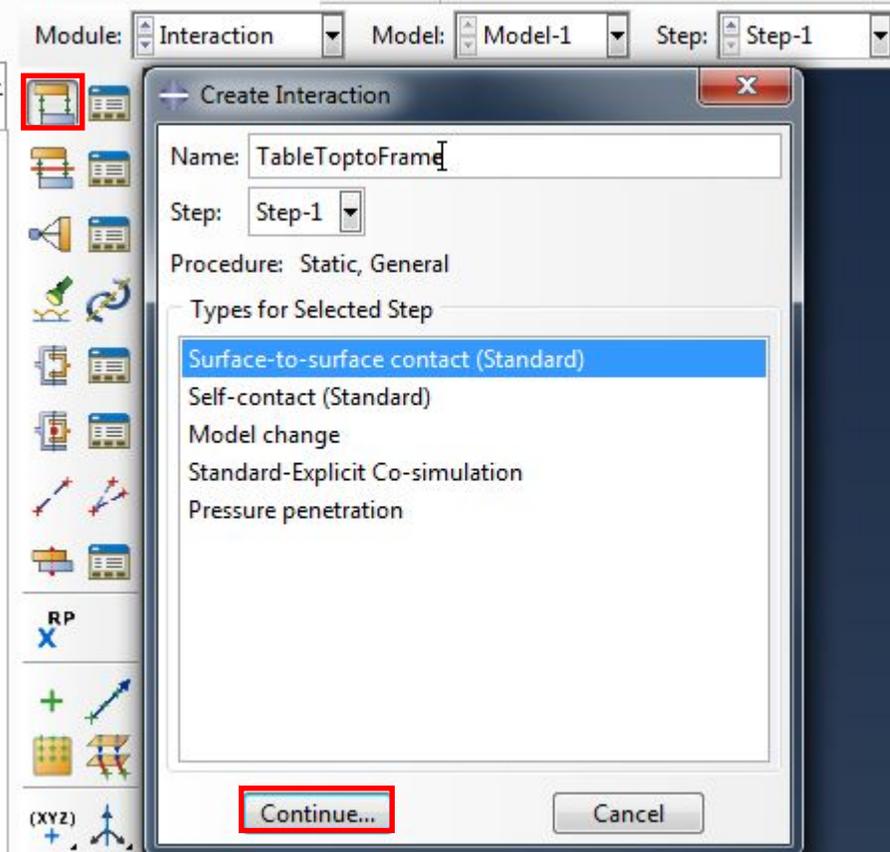
- Для нижней части  
каркаса:



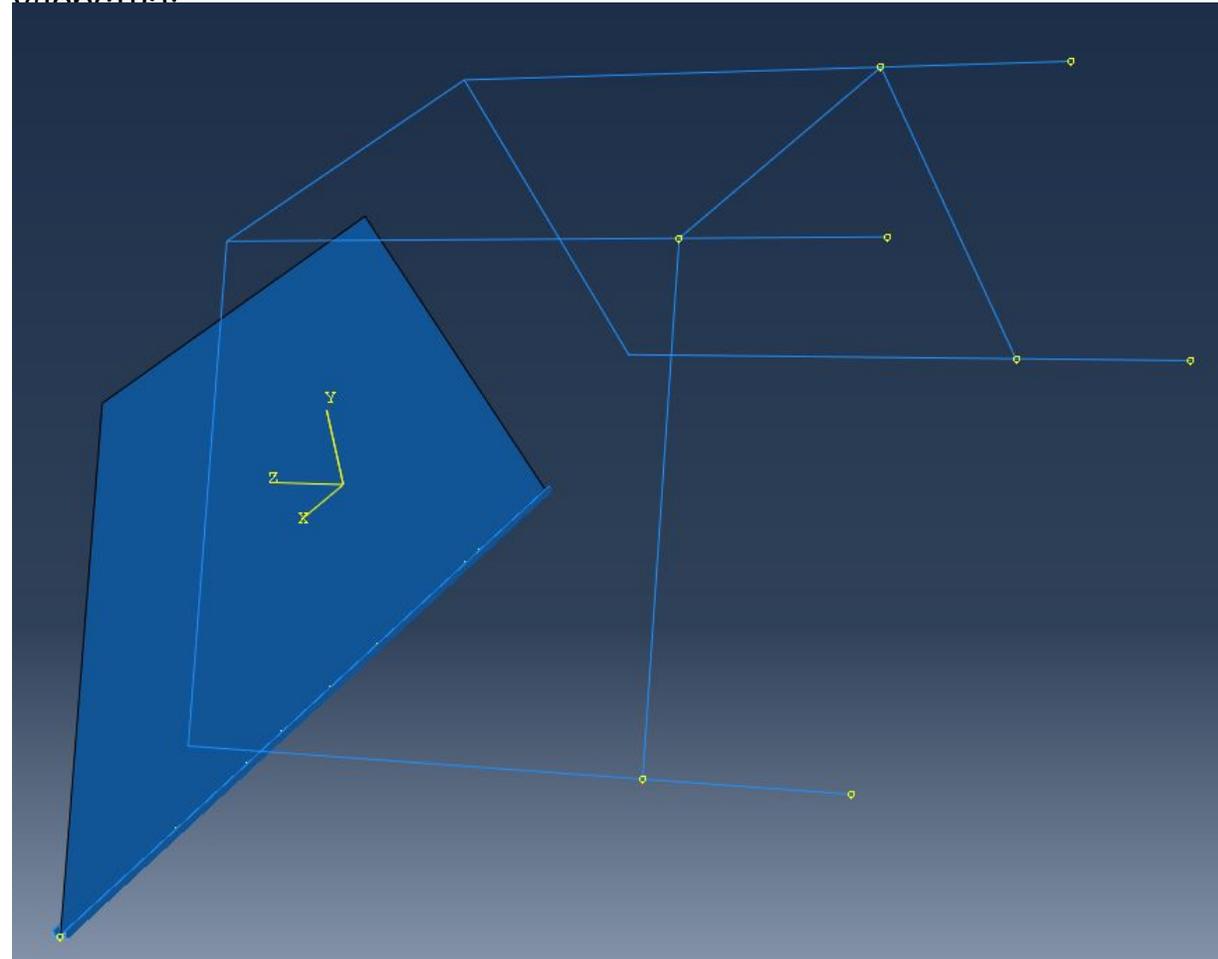
4. Далее нам нужно создать сборку столешницы с каркасом. Для этого перейдем в модуль ASSEMBLY и добавим Frame, выберем инструмент Create Instance и добавим Frame, выделив его в списке:



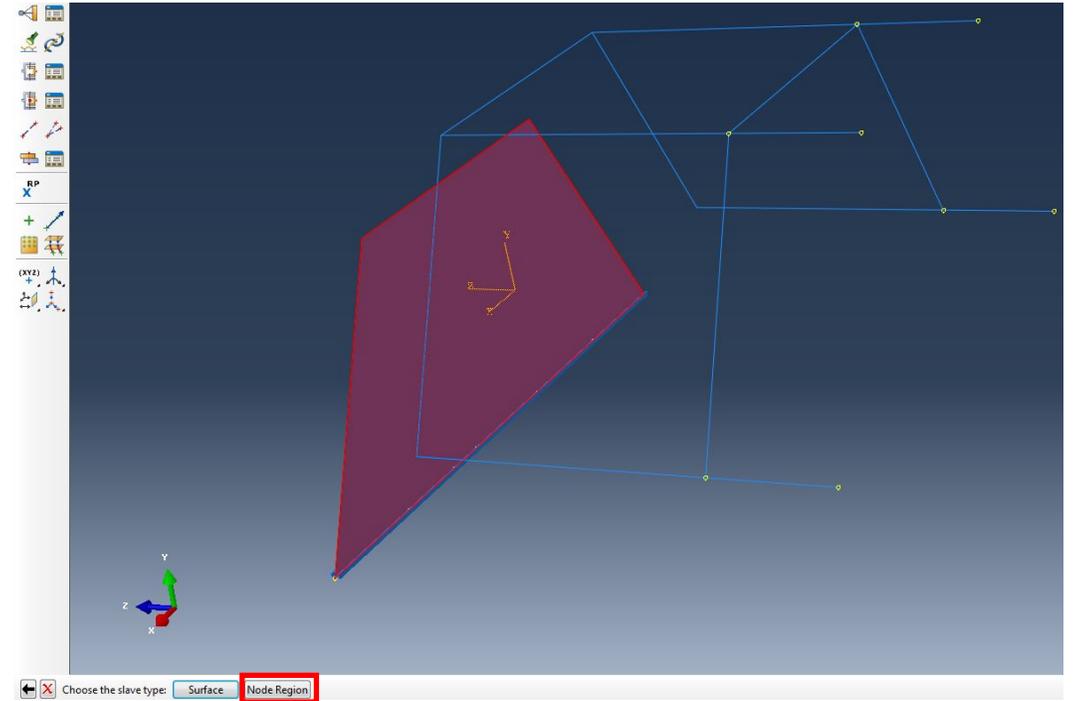
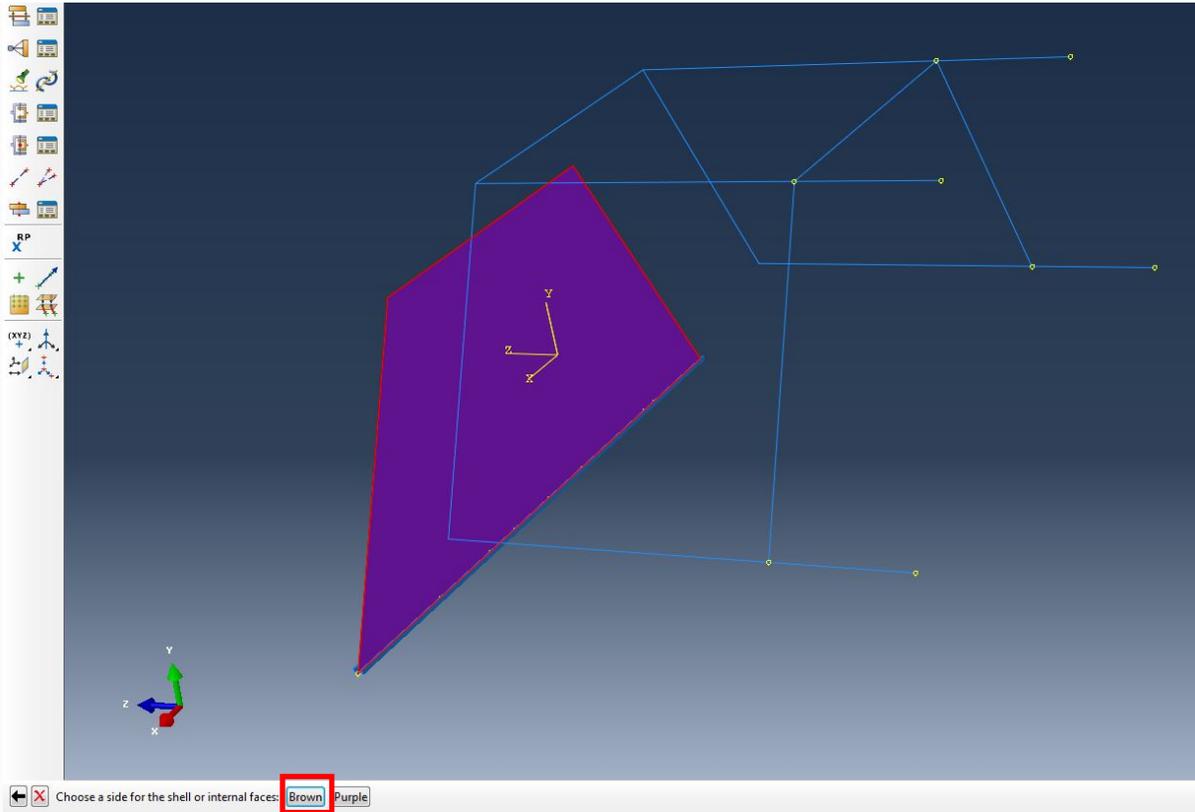
4.1 Далее нам нужно совместить сборку столешницы с каркасом. Для этого перейдем в модуль INTERACTION:



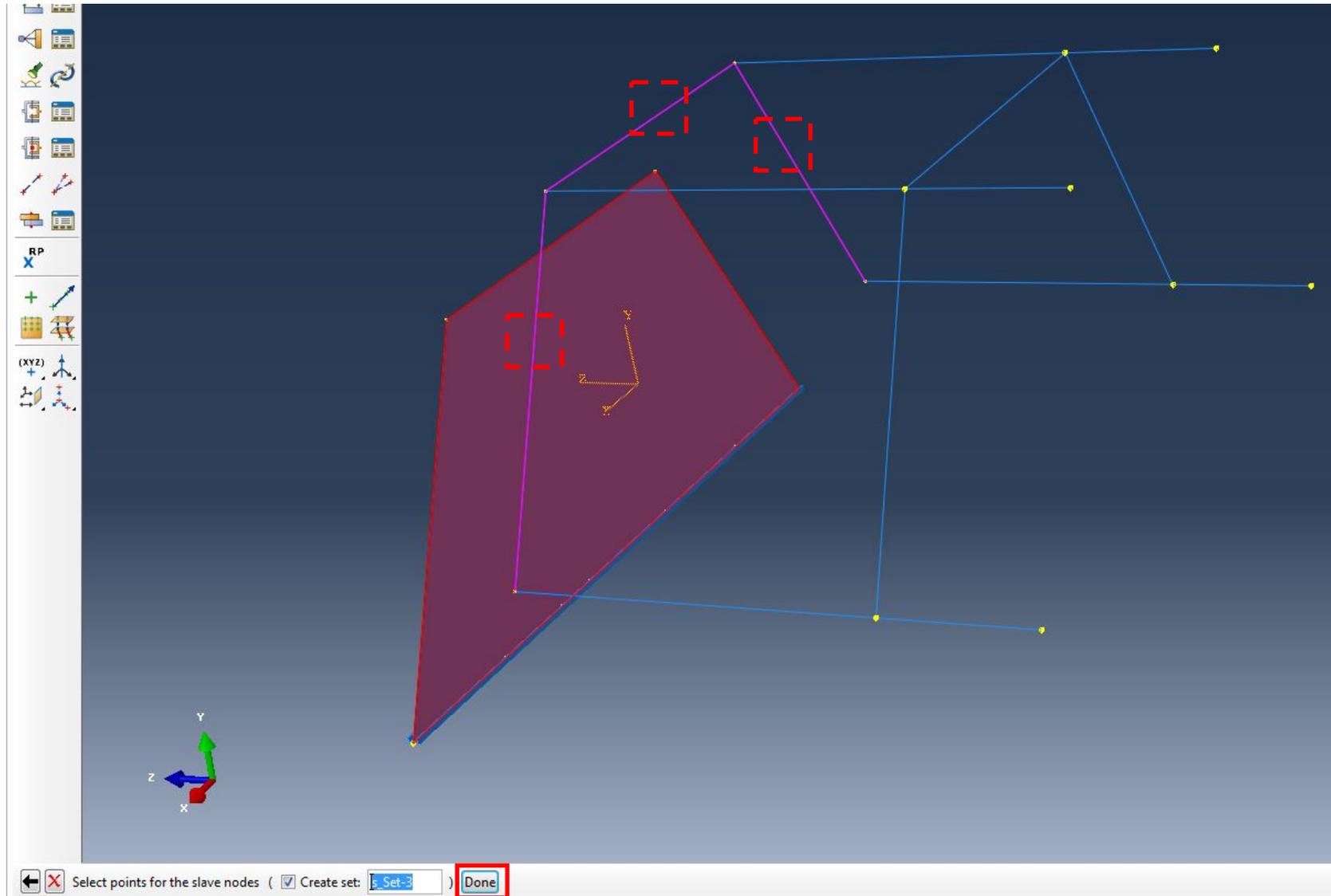
Немного повернем нашу сборку для удобства:



Далее нам нужно выбрать главную поверхность – в качестве таковой указываем столешницу и нажимаем Down.  
В диалоге “Choose a side for the shell or internal faces” выбираем Brown.  
Далее нажимаем кнопку Node Region.

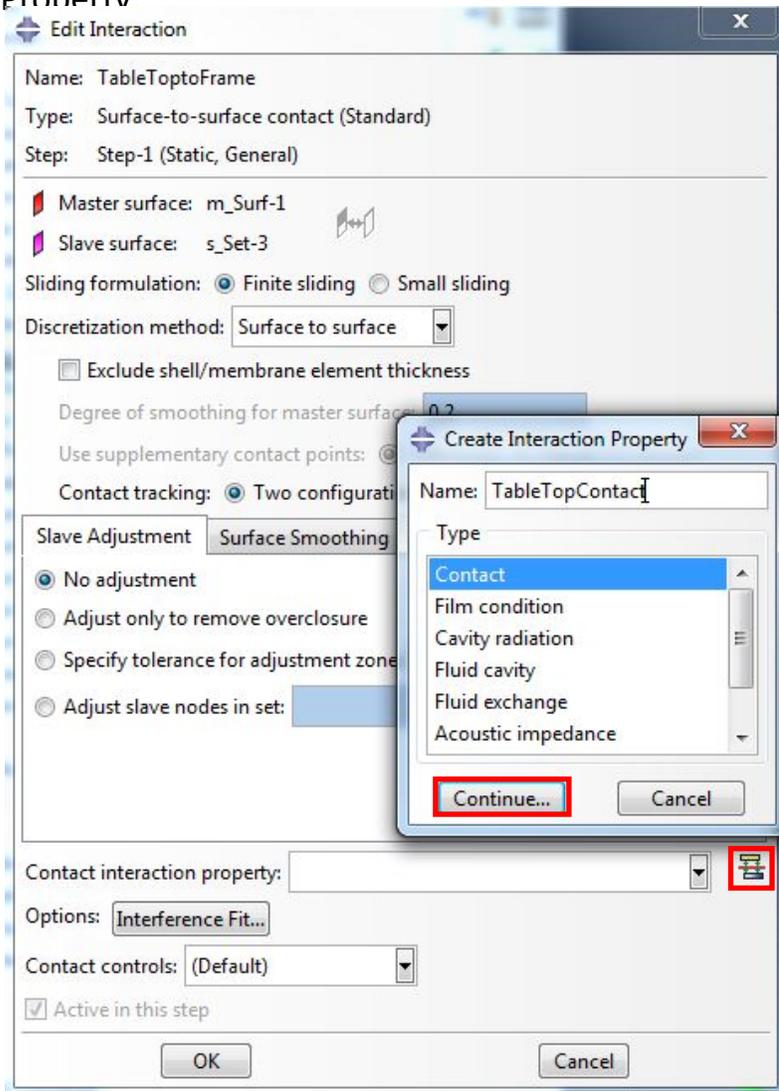


Далее в качестве подчиненного региона выбираем верхние балки нашего каркаса, удерживая клавишу SHIFT. В конце нажимаем кнопку Done.

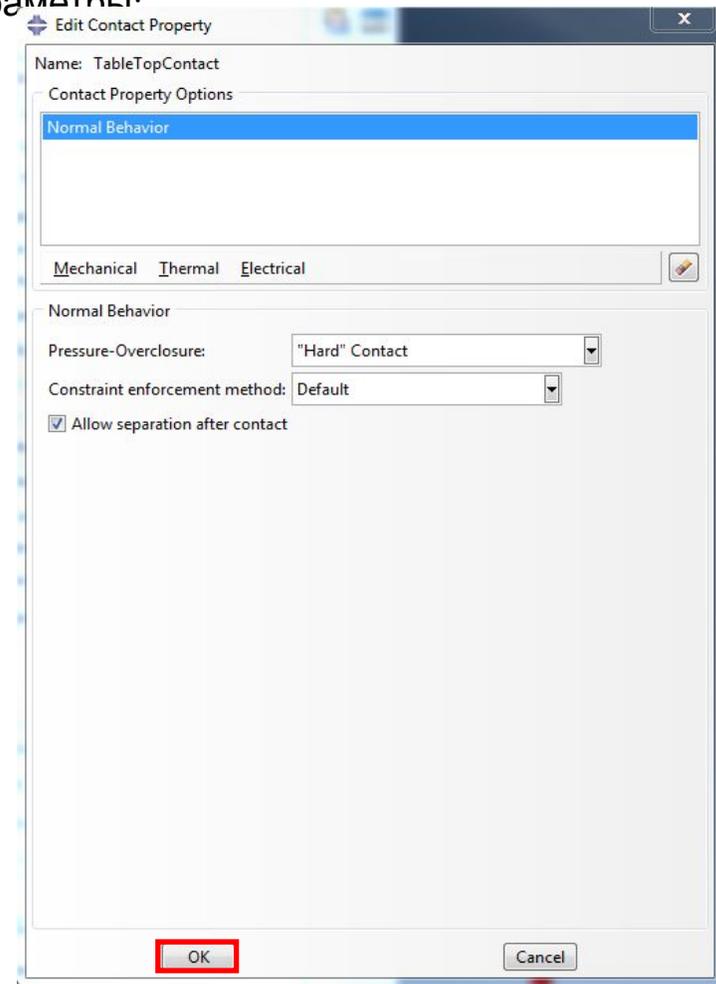


В диалоге Edit Interaction выбираем инструмент Create Interaction

Property:

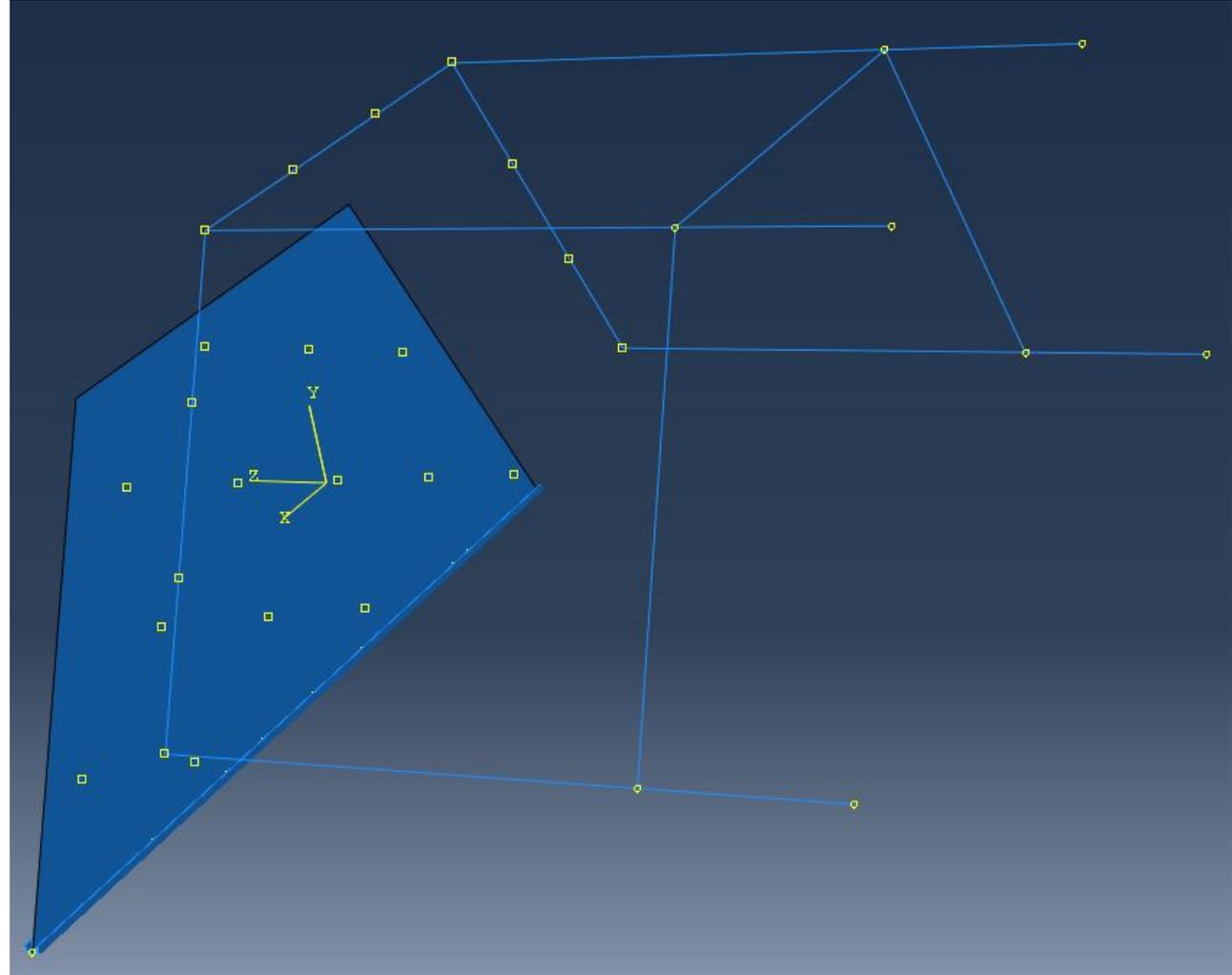
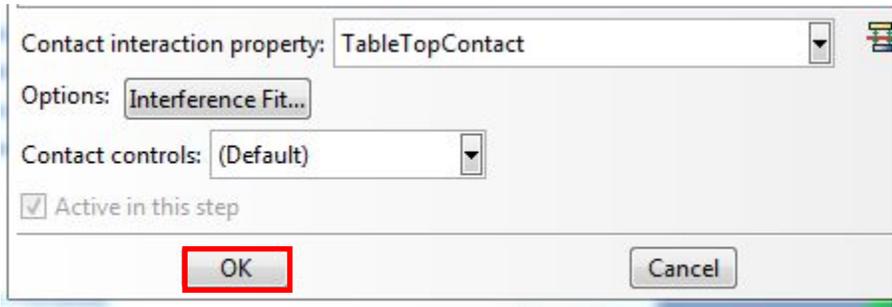


В диалоге Edit Contact Property задаем следующие параметры:



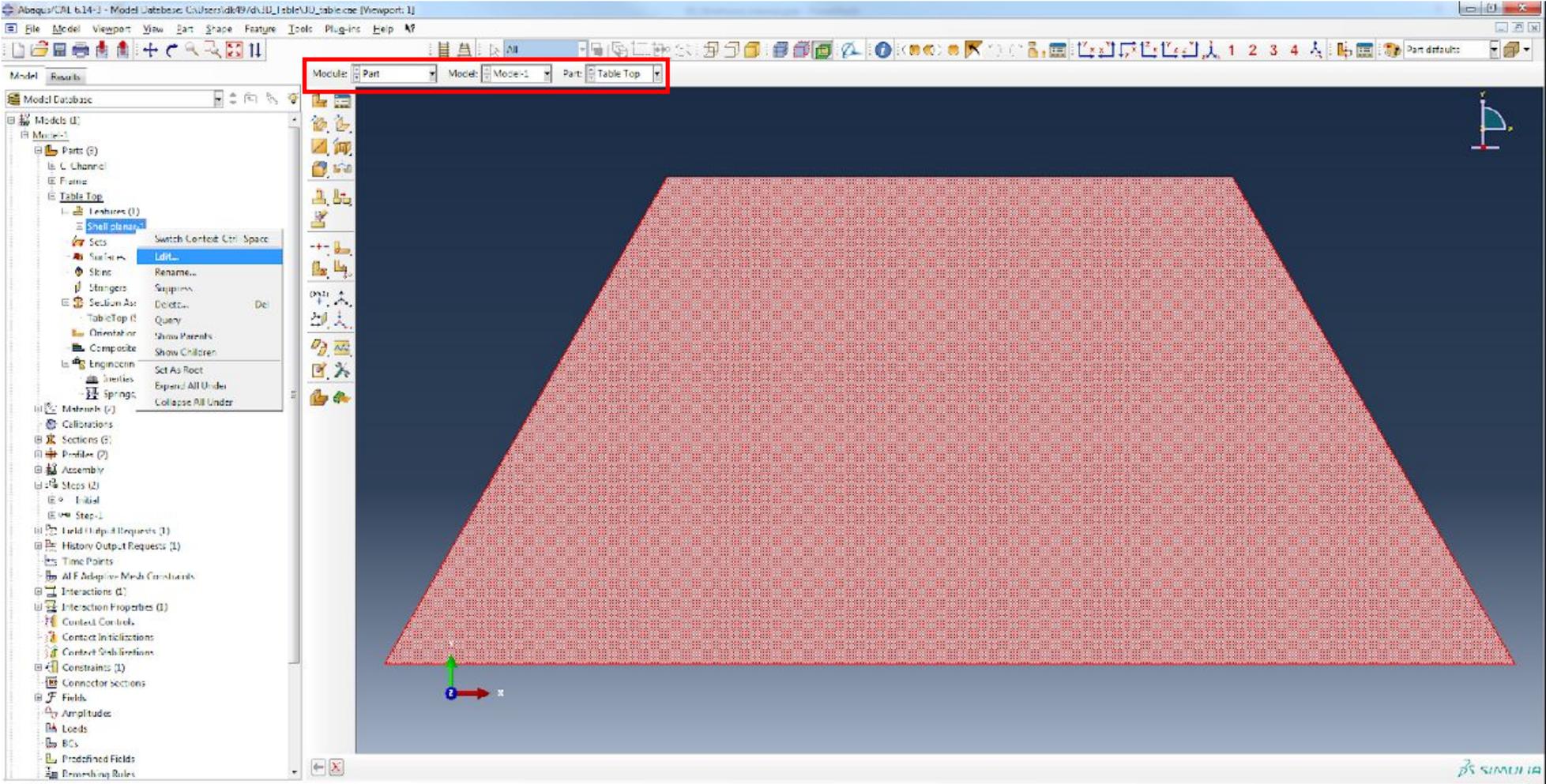


Вернувшись в диалог Edit Interaction проверяем, что в свойствах контакта выбран “TableTopContact” и нажимаем ОК:

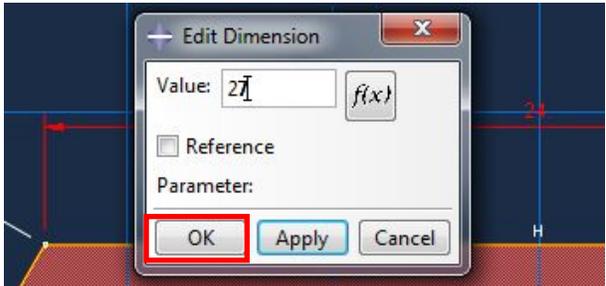
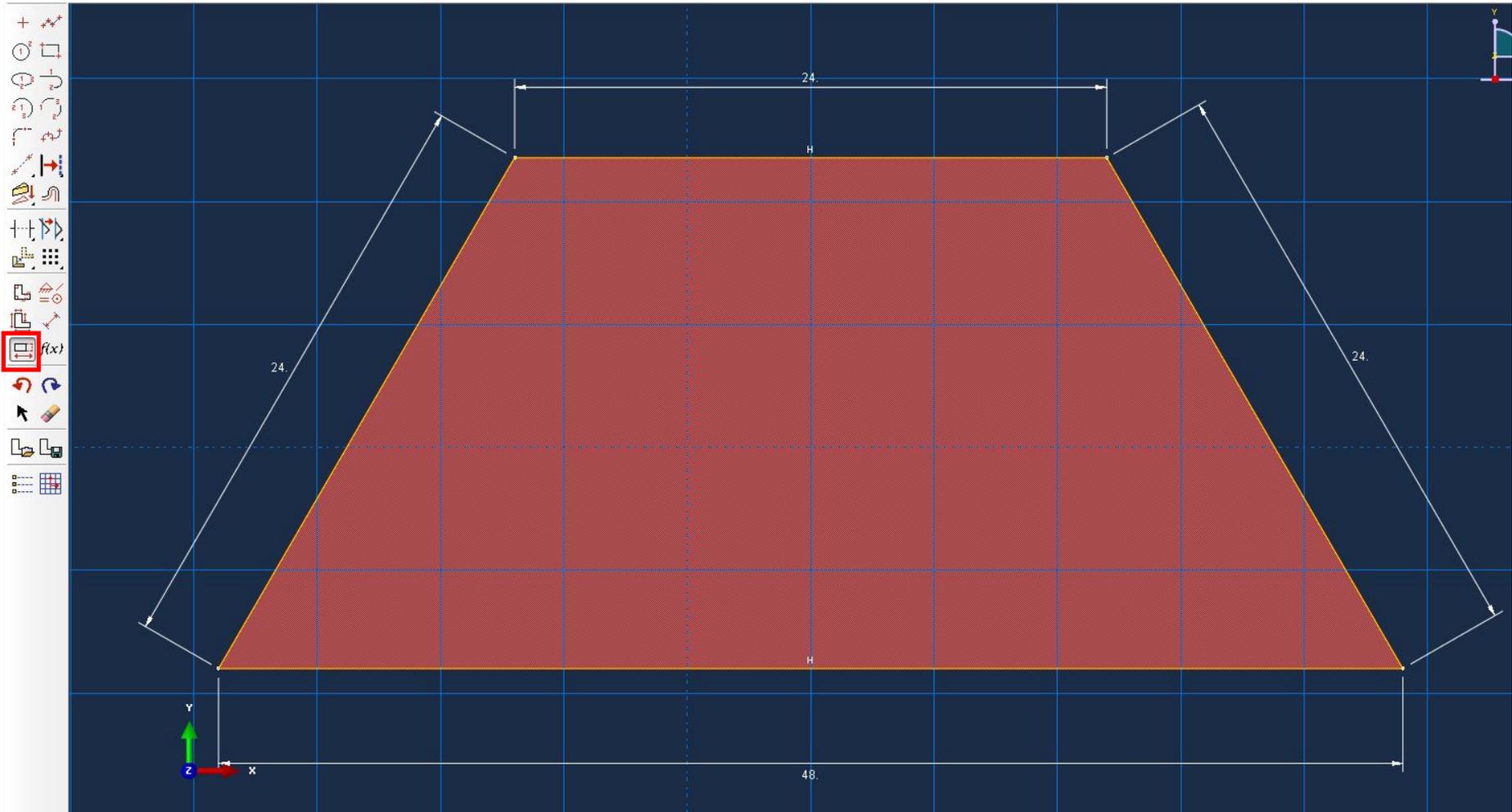
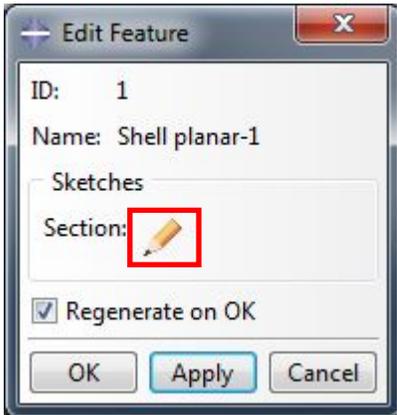


В учебных целях размеры столешницы изначально были заданы неверными, чтобы мы могли научиться их править. Чтобы их отредактировать, нужно

Перейти в модуль Part, выбрать Table Top, раскрыть список и выделить пункт Shell planar-1:

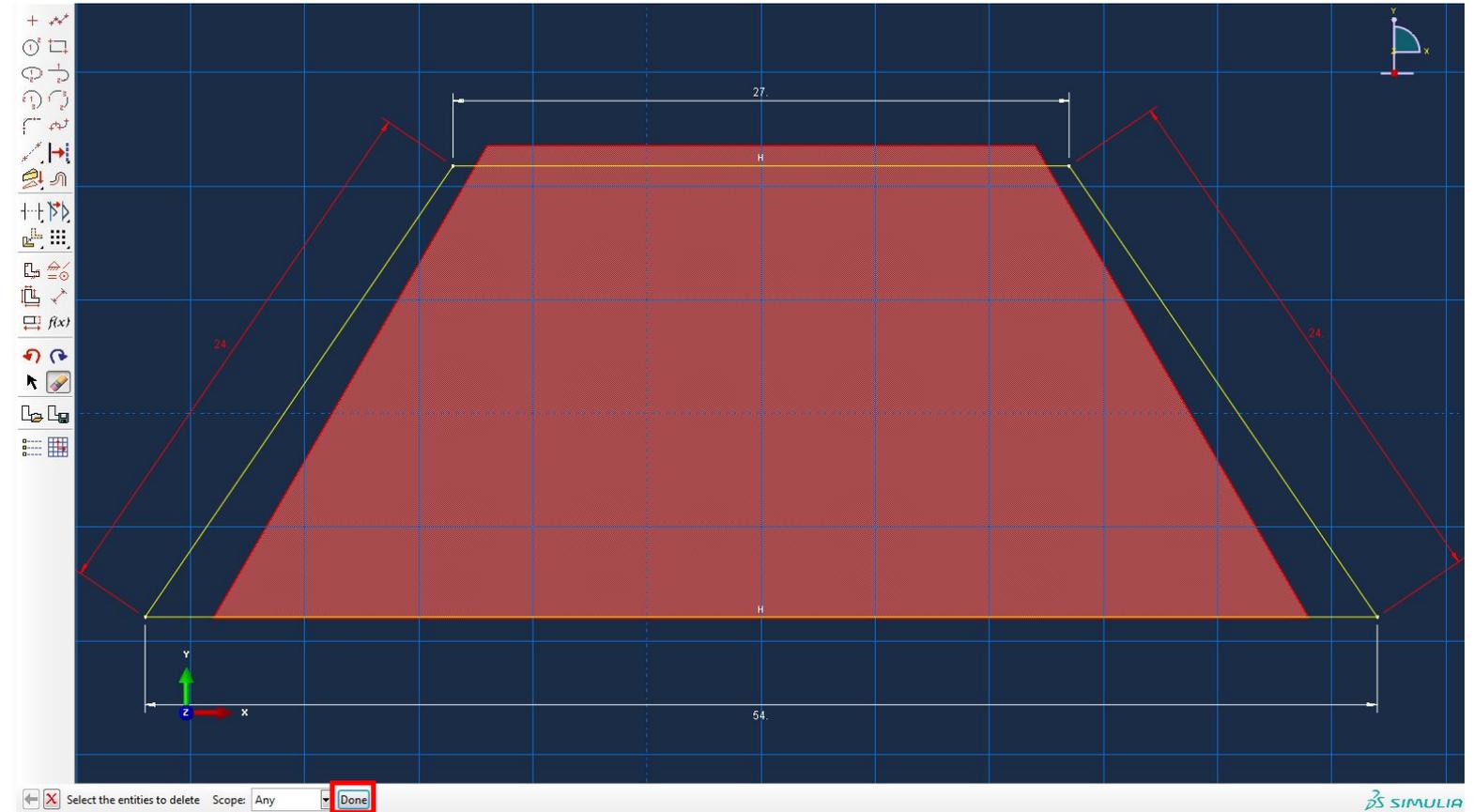


В появившемся диалоге Edit Feature нужно нажать на карандаш, чтобы начать редактирование размеров. На панели инструментов эскиза нужно выбрать инструмент "Edit Dimension Value" и нажав на размер, отредактировать его:

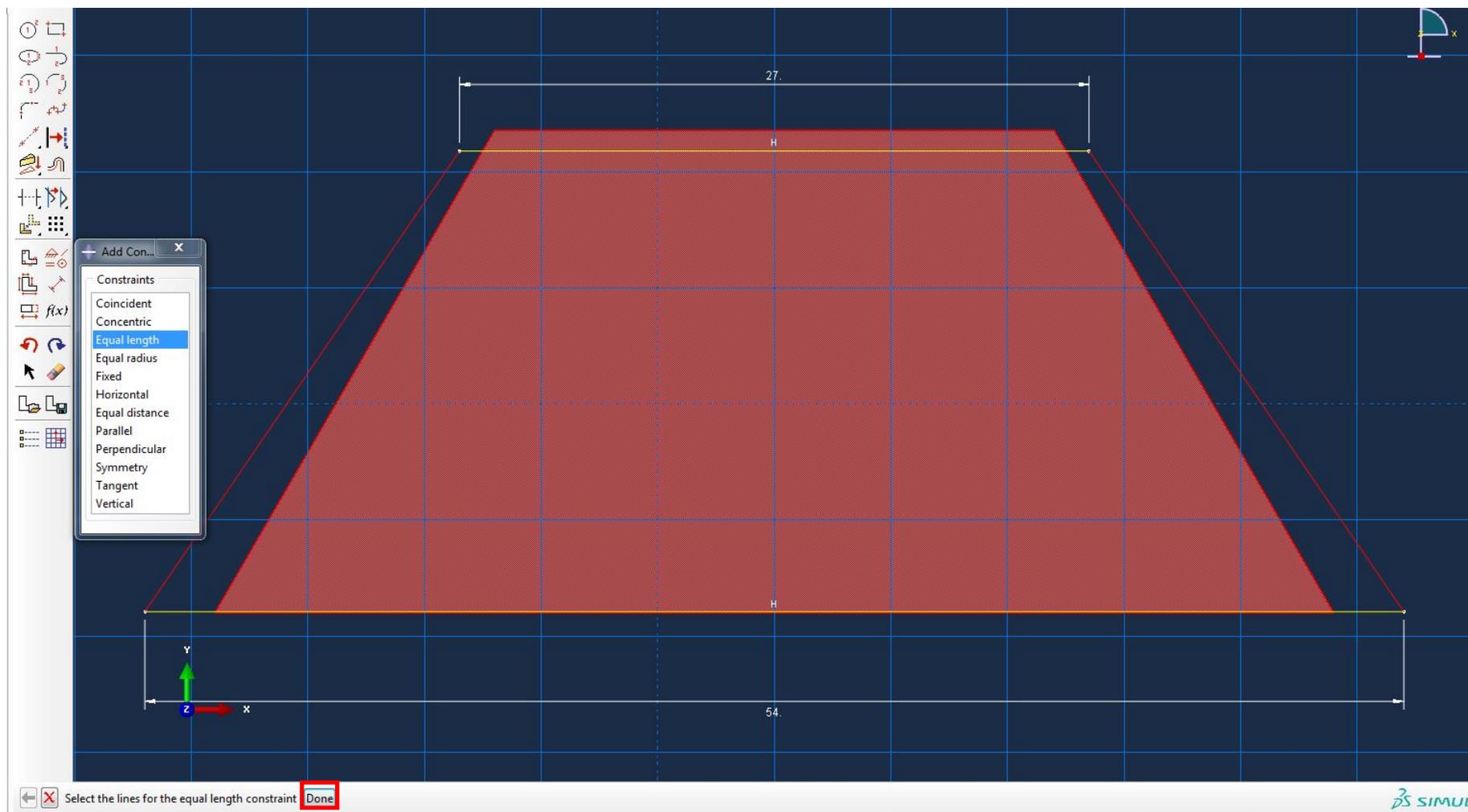


24 -> 27;  
48 -> 54.

Размеры 24 слева и справа следует удалить, выбрав инструмент Delete /ластик/:

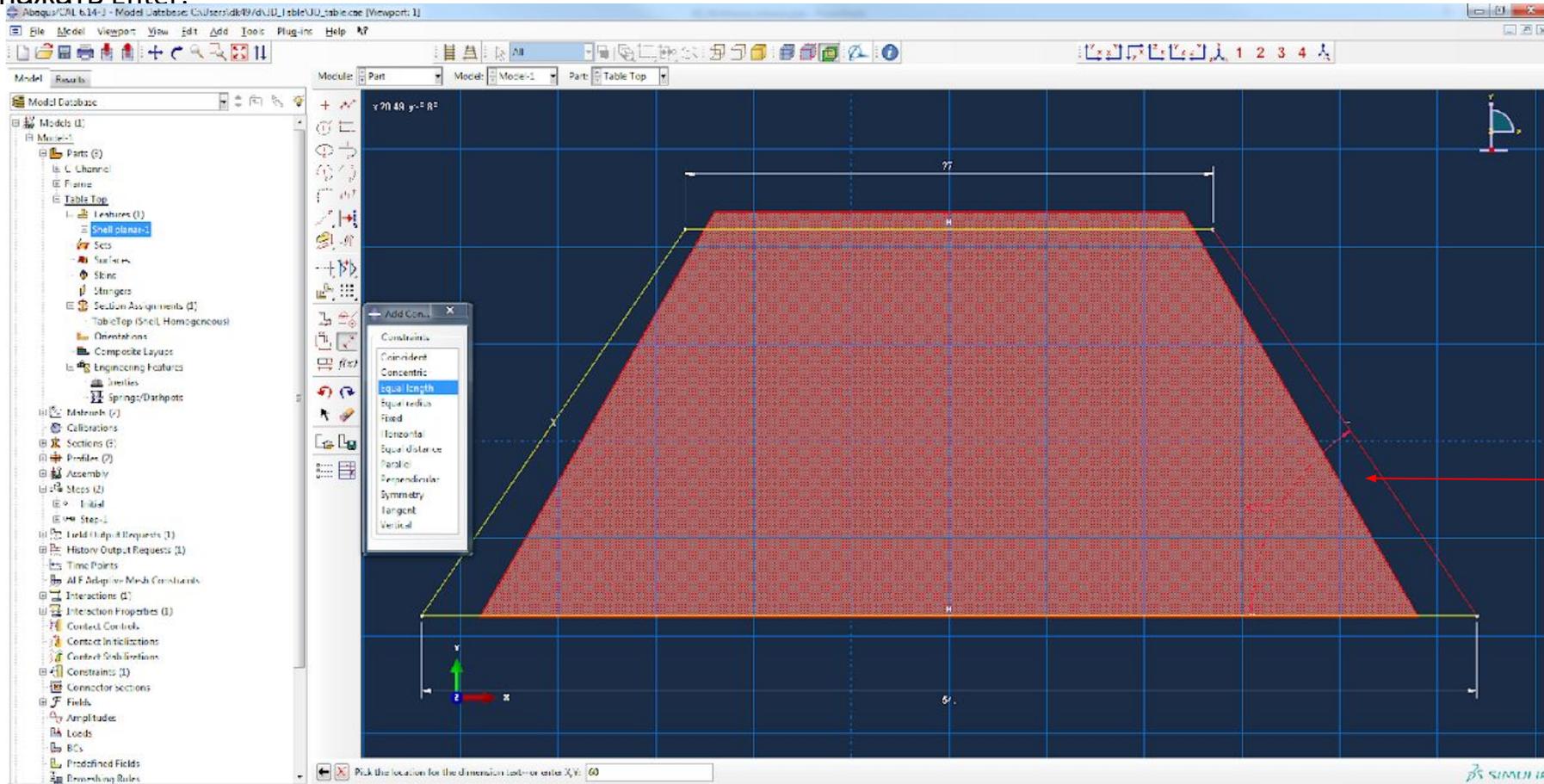


Далее нужно наложить ограничение Equal Length на левую и правую сторону трапеции:

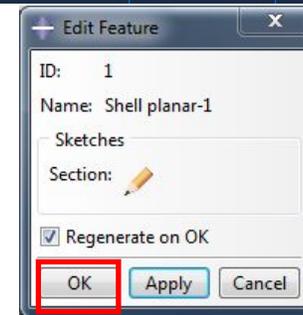
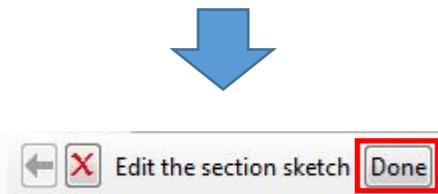
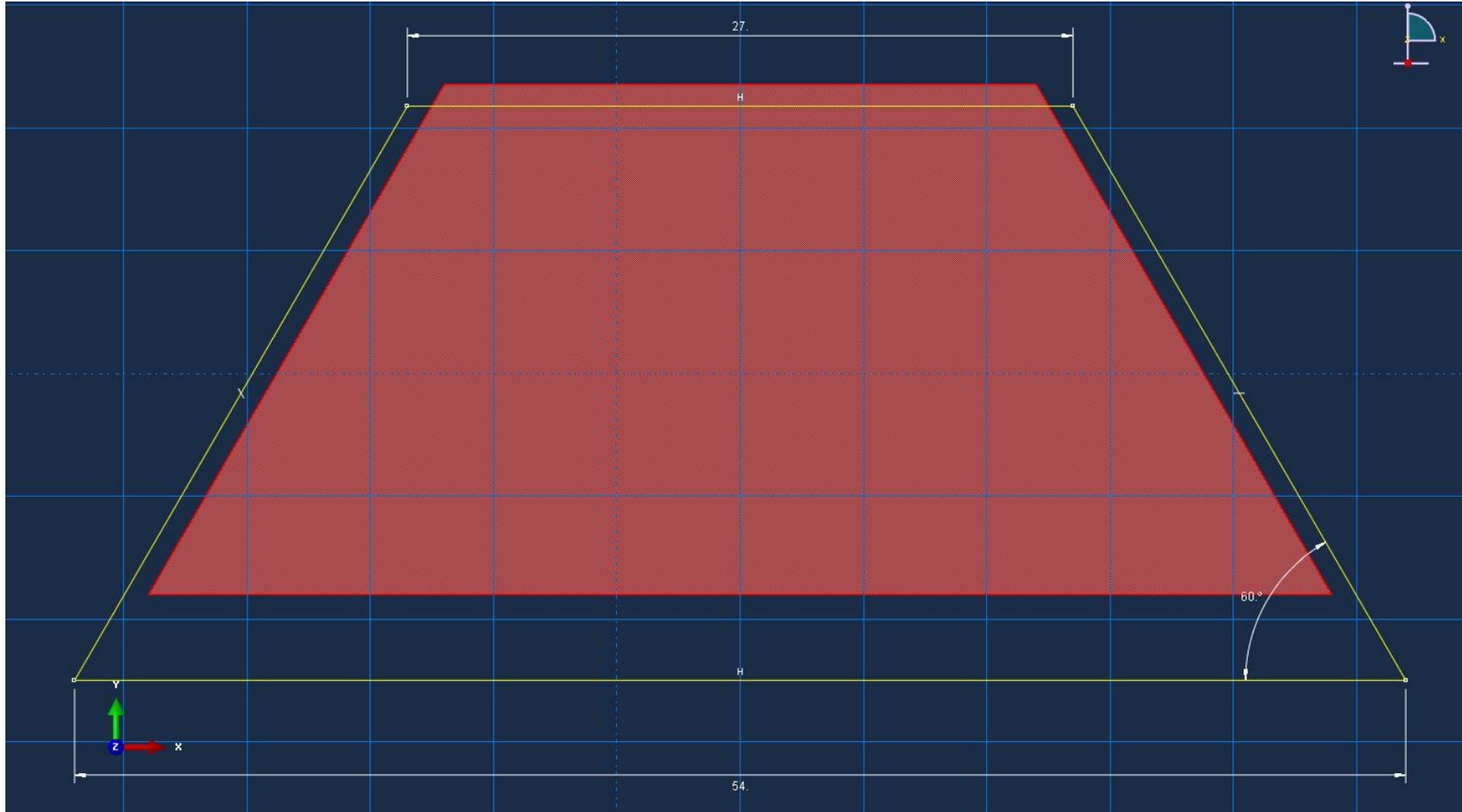




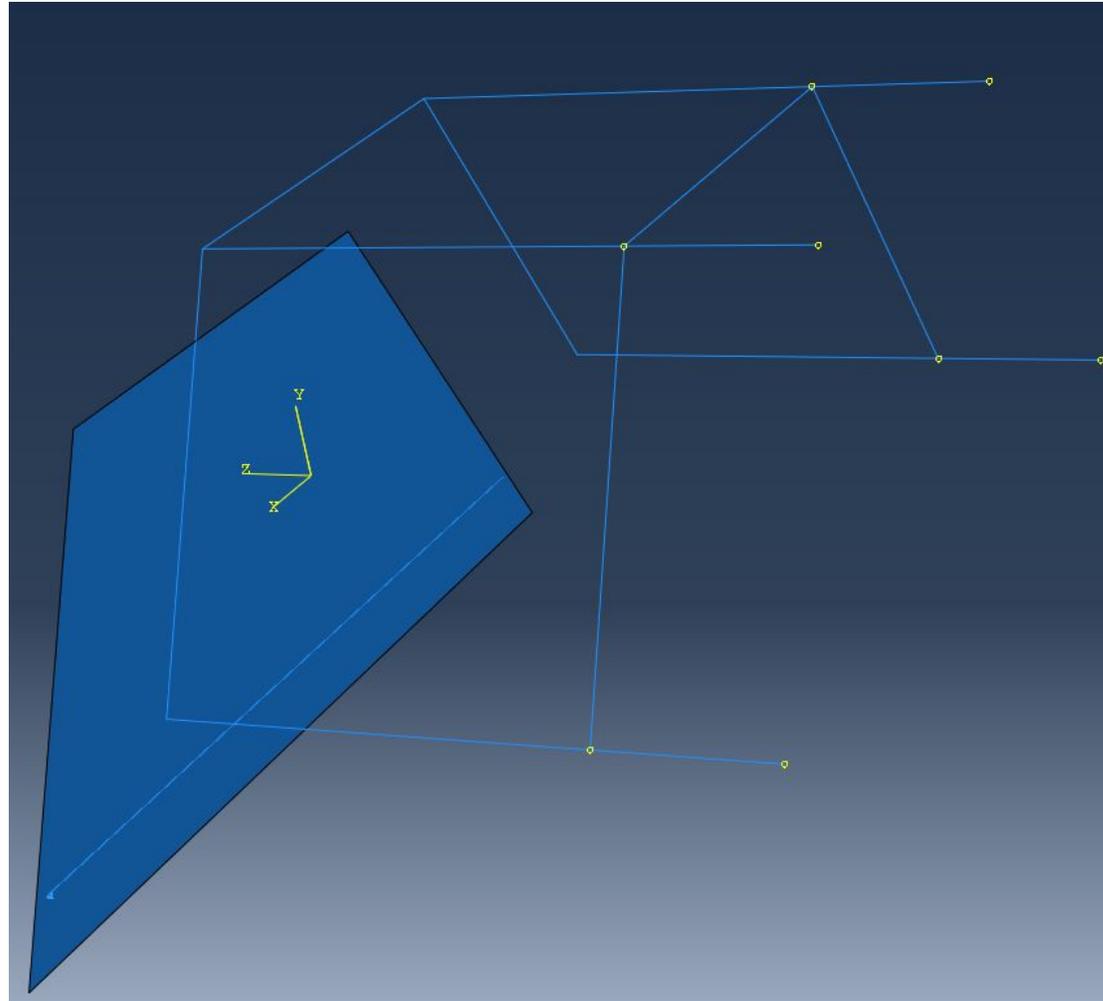
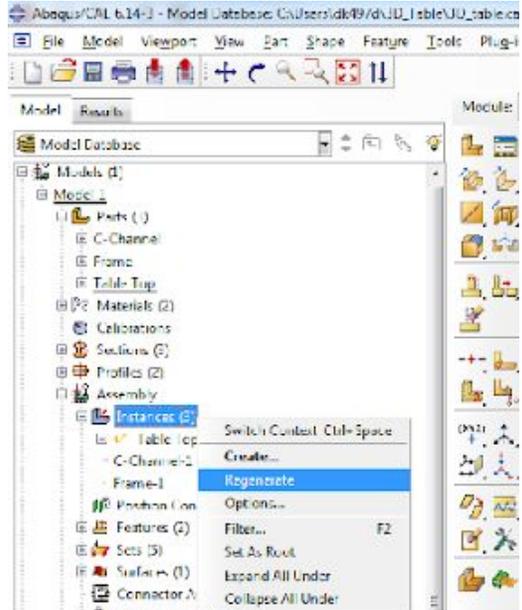
Далее нужно задать угол 60 град между основанием и правой стороной трапеции, выбрав инструмент Add Dimension и нажать Enter:



Вначале выбирается основание, Потом сторона трапеции, а затем Кликком мыши указывается, где будет размещаться размер, а только потом Вводится сам размер (60) и нажимается Enter.

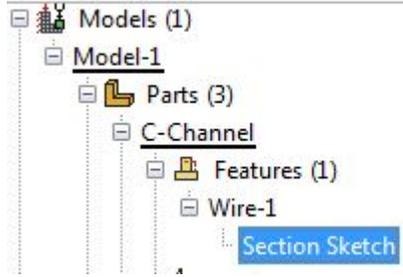


Далее нужно перерисовать столешницу, выполнив регенерацию. Для этого разворачивает ветвь дерева Assembly>Instances и нажав по последнему правой кнопкой мыши, выбрать Regenerate:

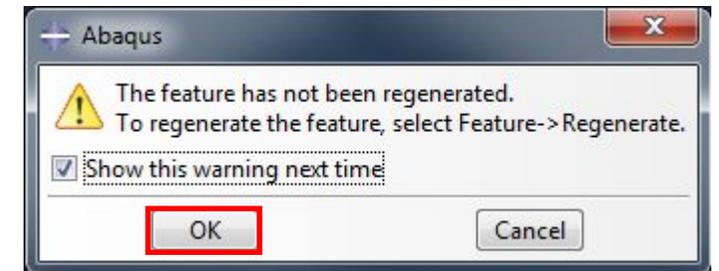
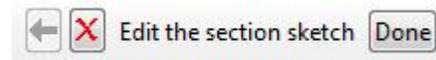
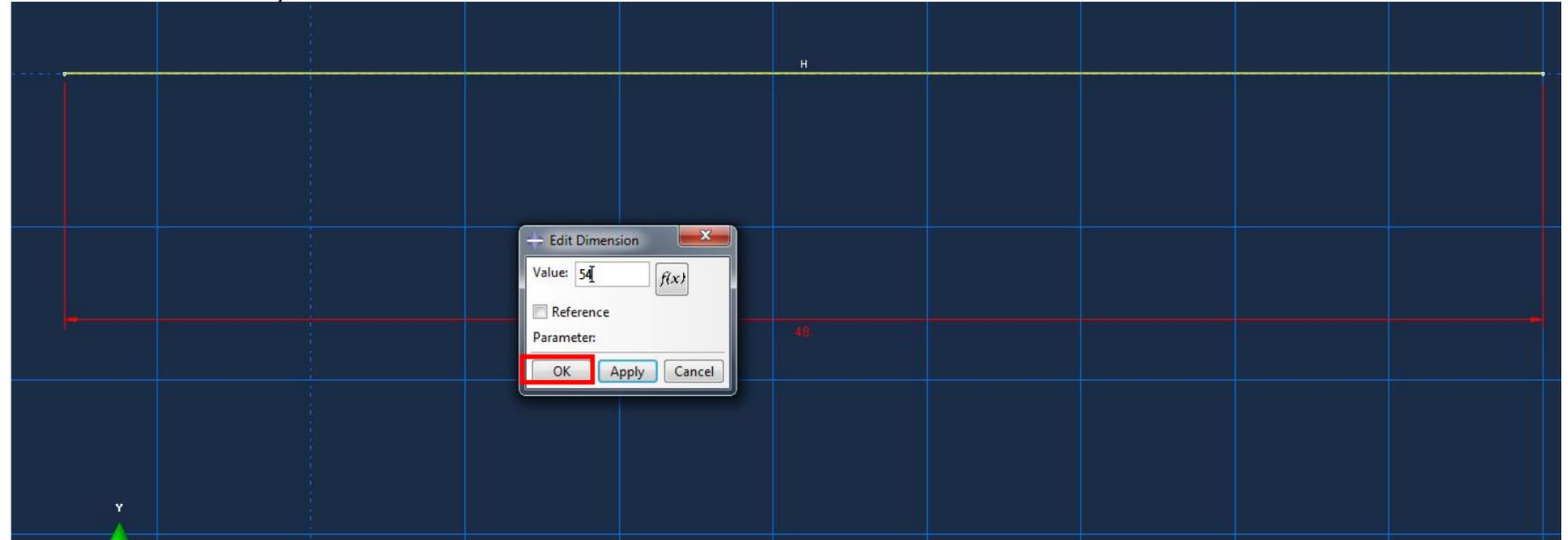


Далее нужно отредактировать размер у столешницы. Переходим в модуль Part, выбираем C-Channel. Далее разворачиваем ветвь Parts>C-Channel>Features

И два раза кликаем по пункту Section Sketch:

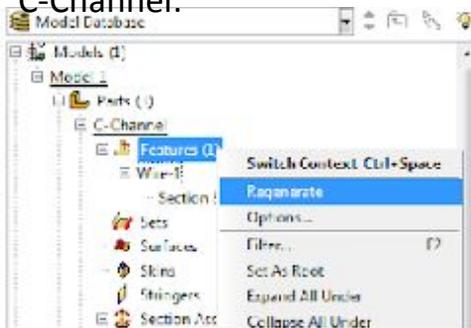


Аналогичным образом редактируем размер балки (48 -> 54):



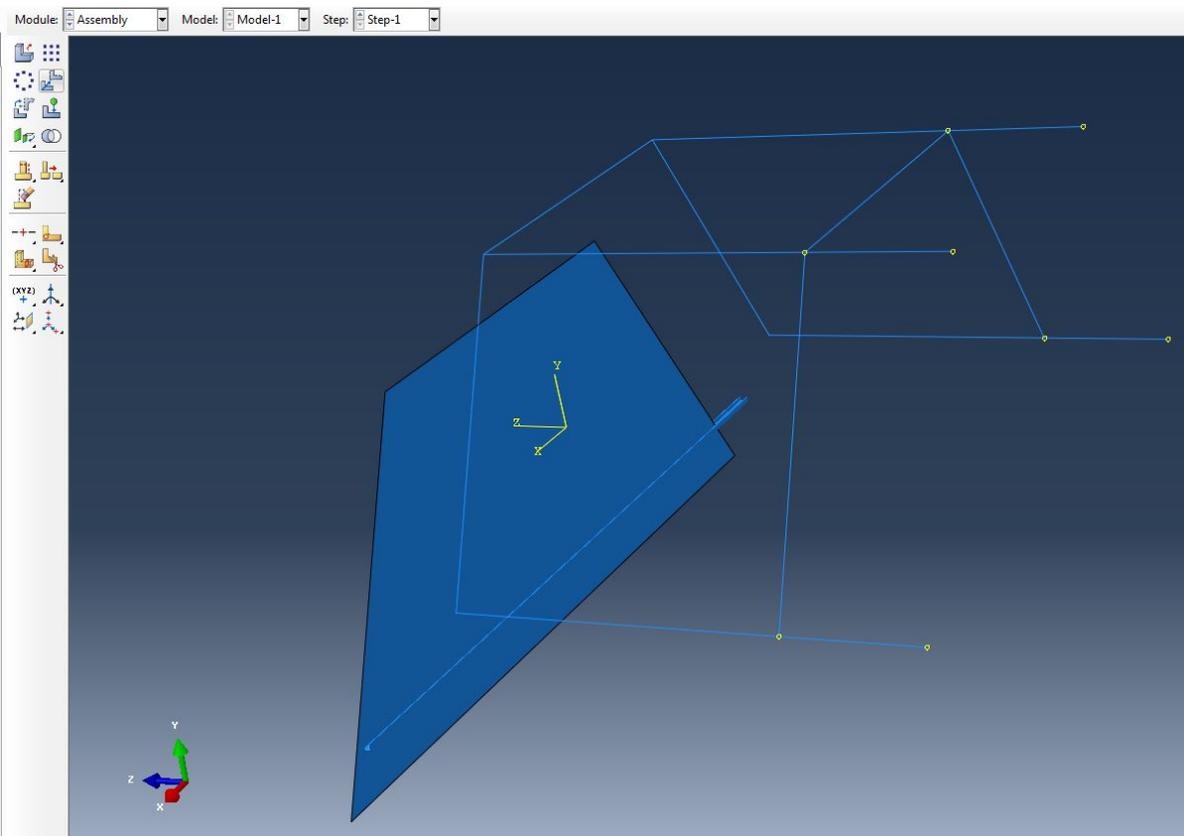
Регенерируем

C-Channel:



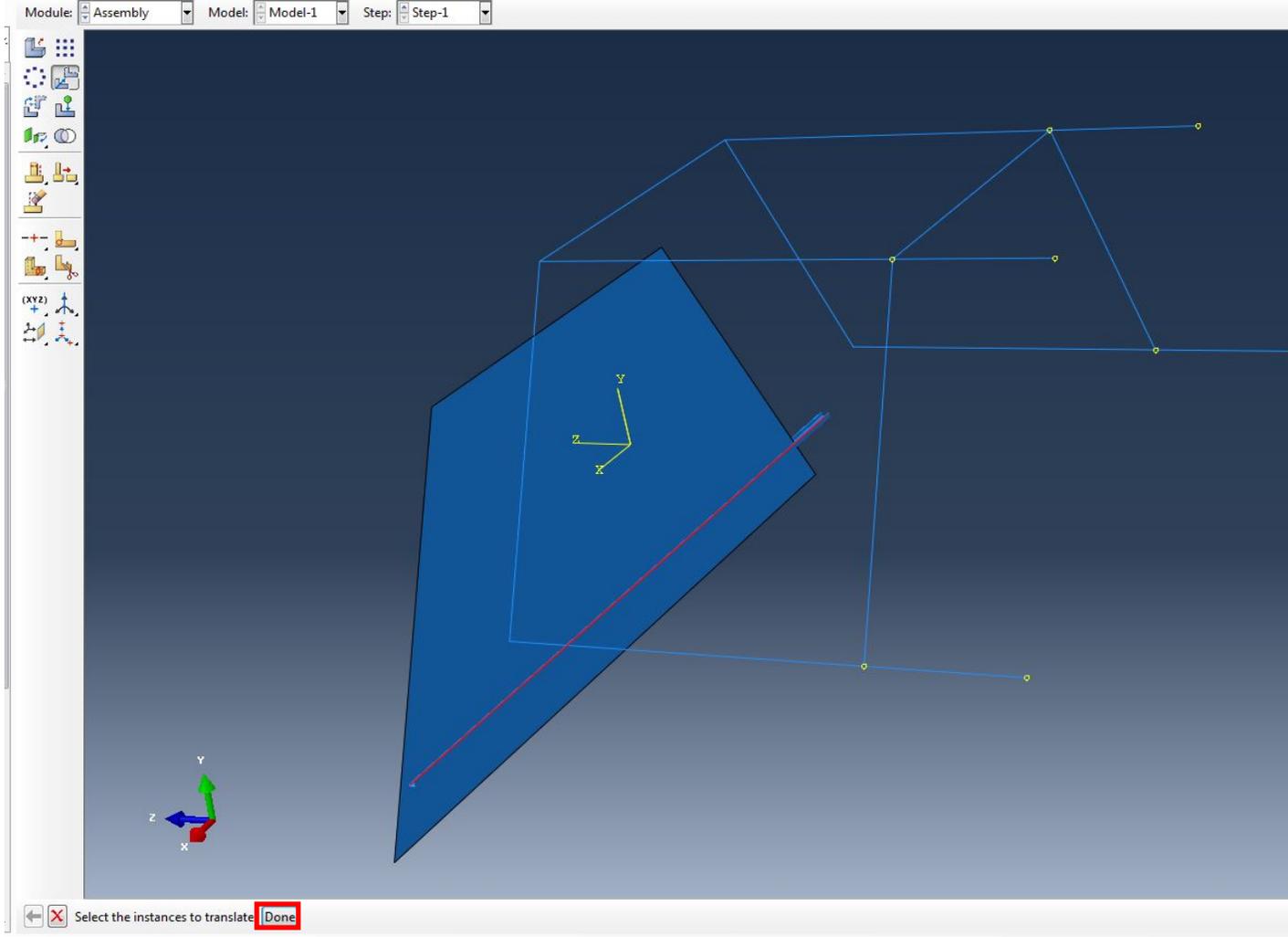
Переходим в модуль

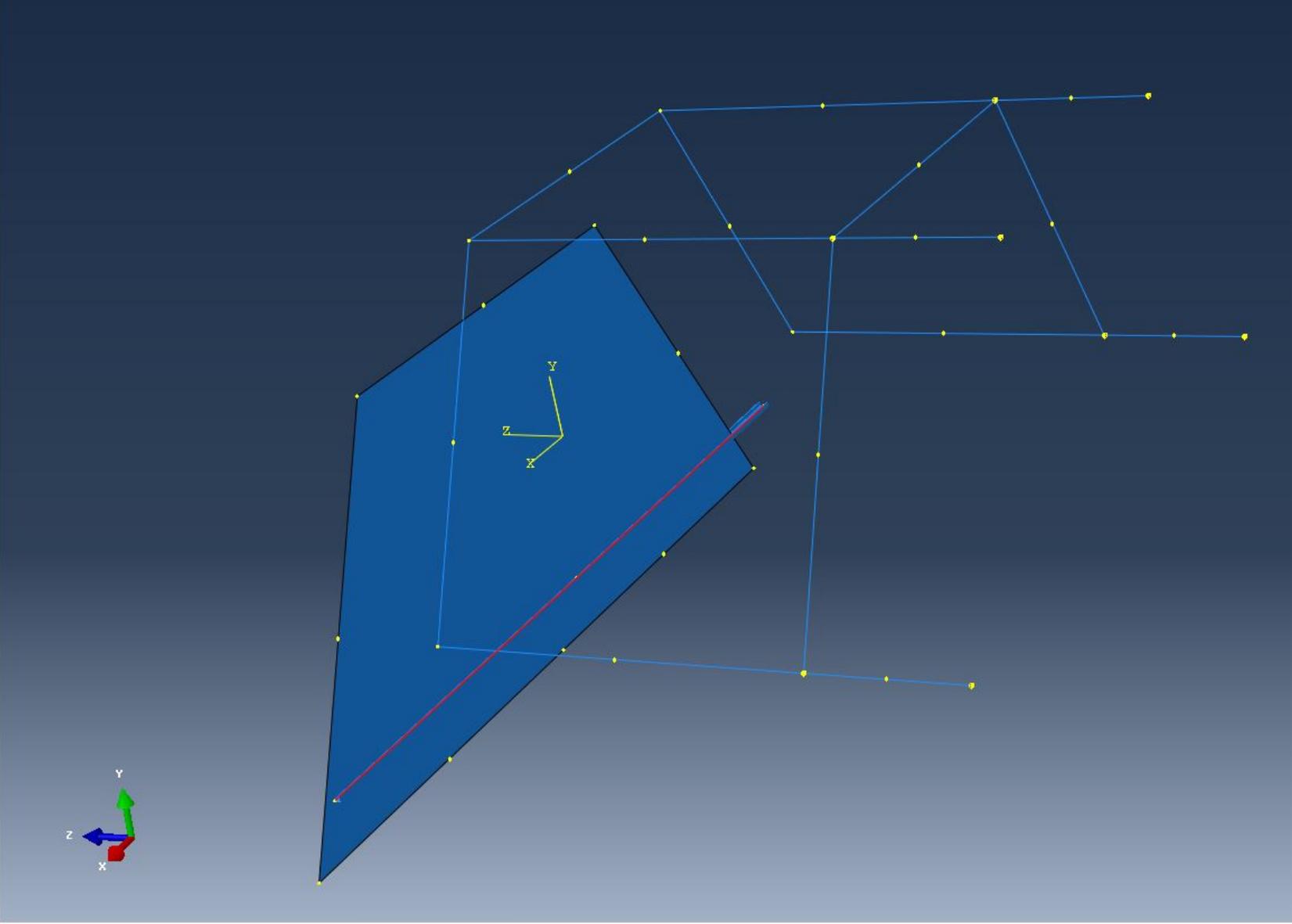
ASSEMBLY:



Выбираем инструмент Translate Instance, выбираем балку и нажимаем

Done:

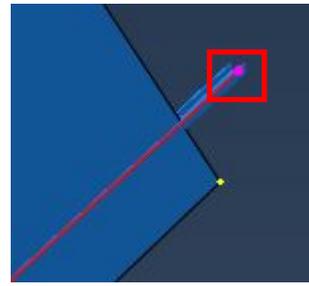




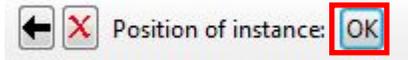
Select a start point for the translation vector--or enter X,Y,Z:



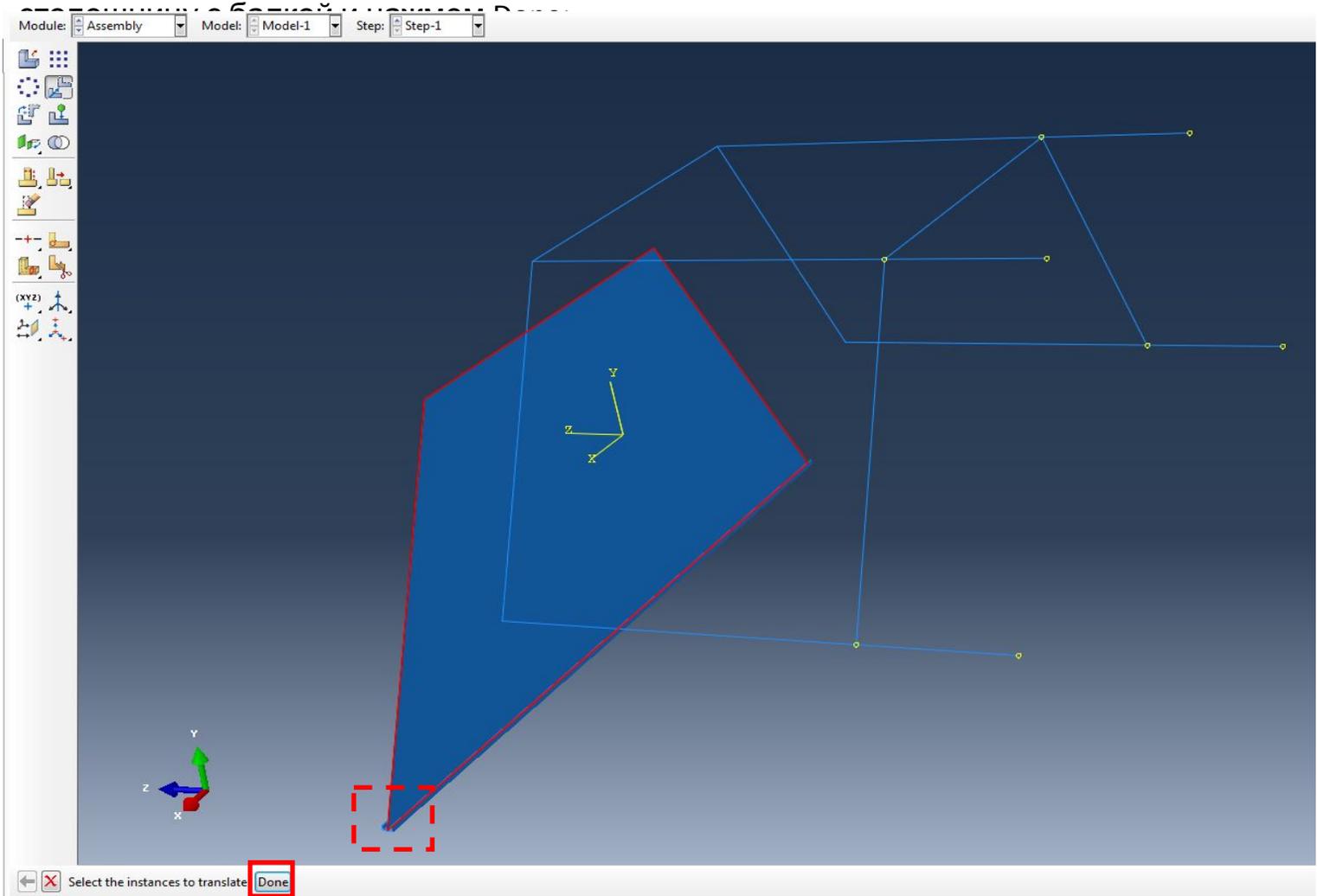
Выбираем Начальную точку (правый конец балки):



Выбираем Конечную точку (нижний правый угол столешницы):



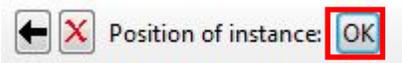
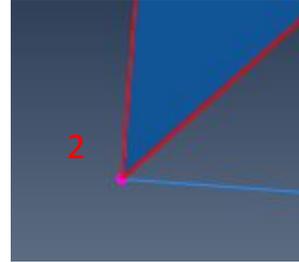
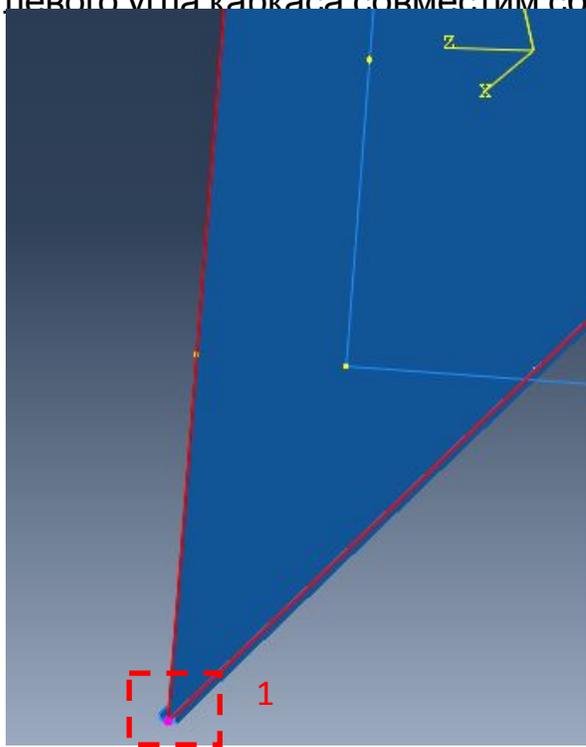
Далее нам нужно совместить сборку столешницы с каркасом. Для этого в модуле ASSEMBLY выберем инструмент Translate Instance, затем выберем





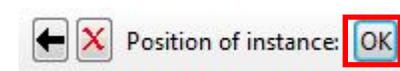
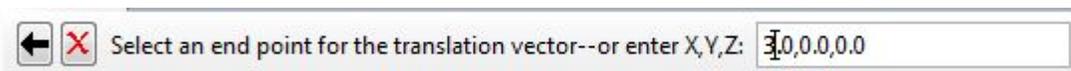
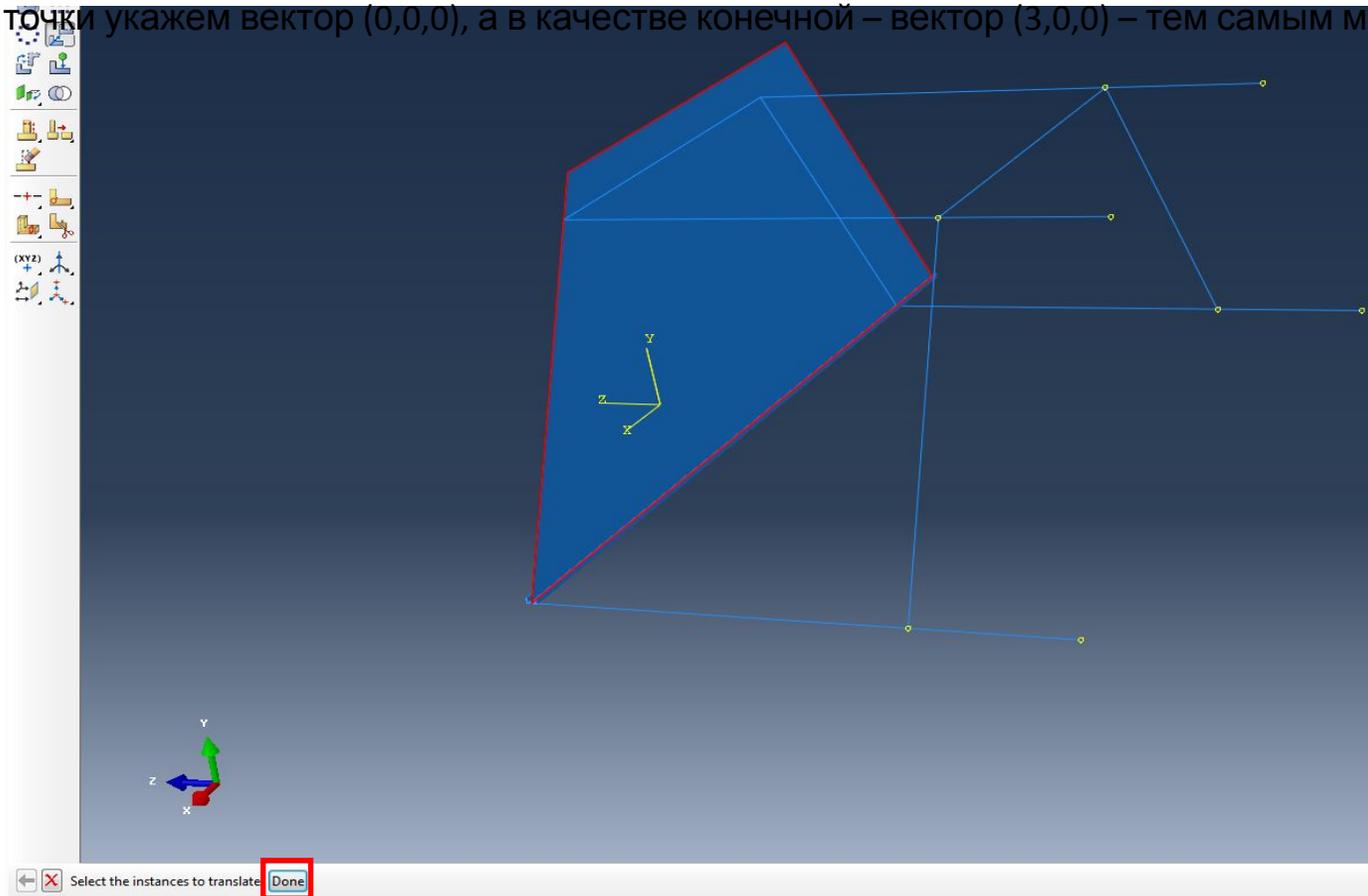
0,0,0,0,0

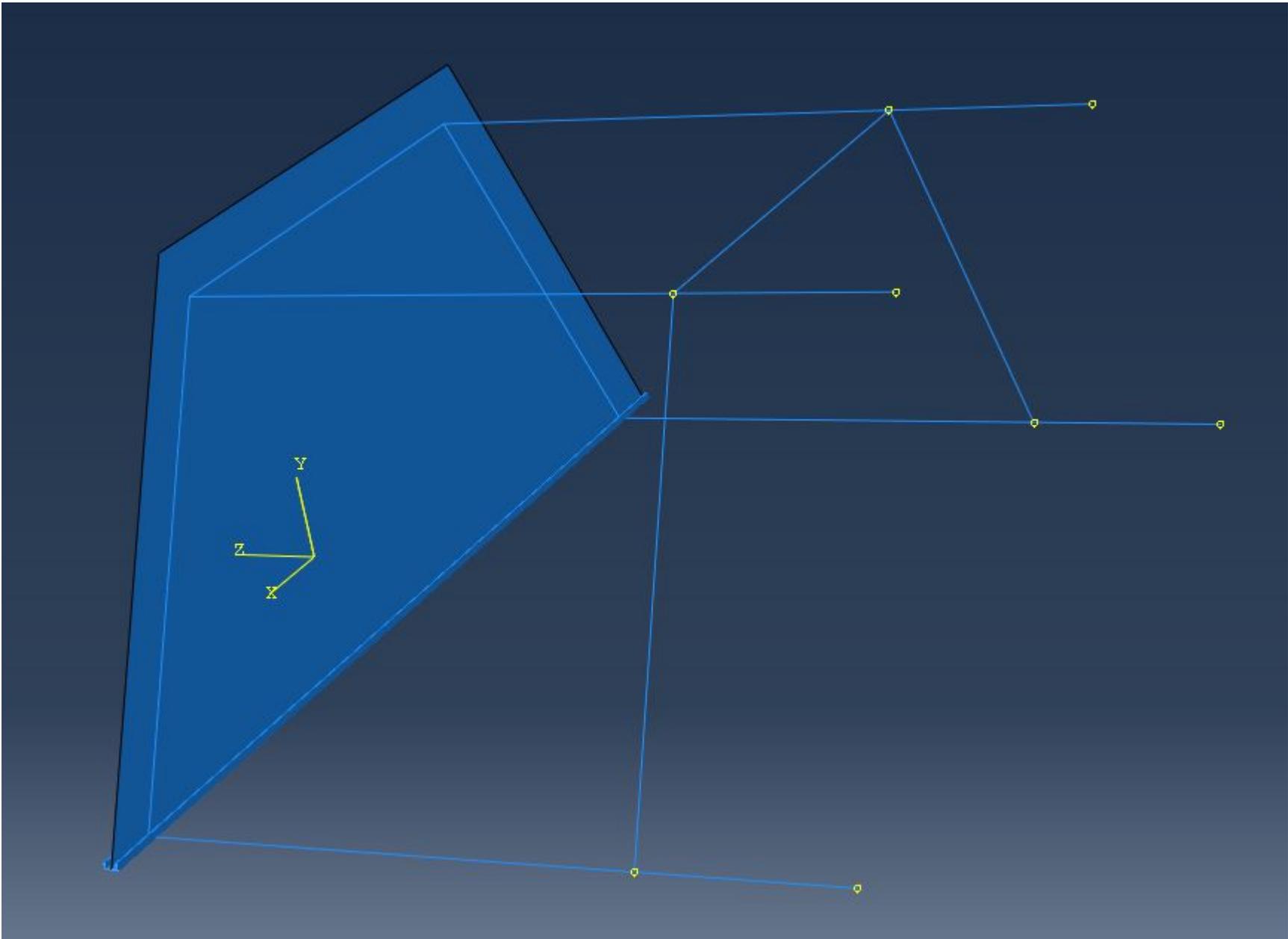
Далее не выходя из этого инструмента, путем указания в качестве начальной точки нижнего правого угла столешницы, а в качестве конечной – нижнего левого угла каркаса совместим сборки:



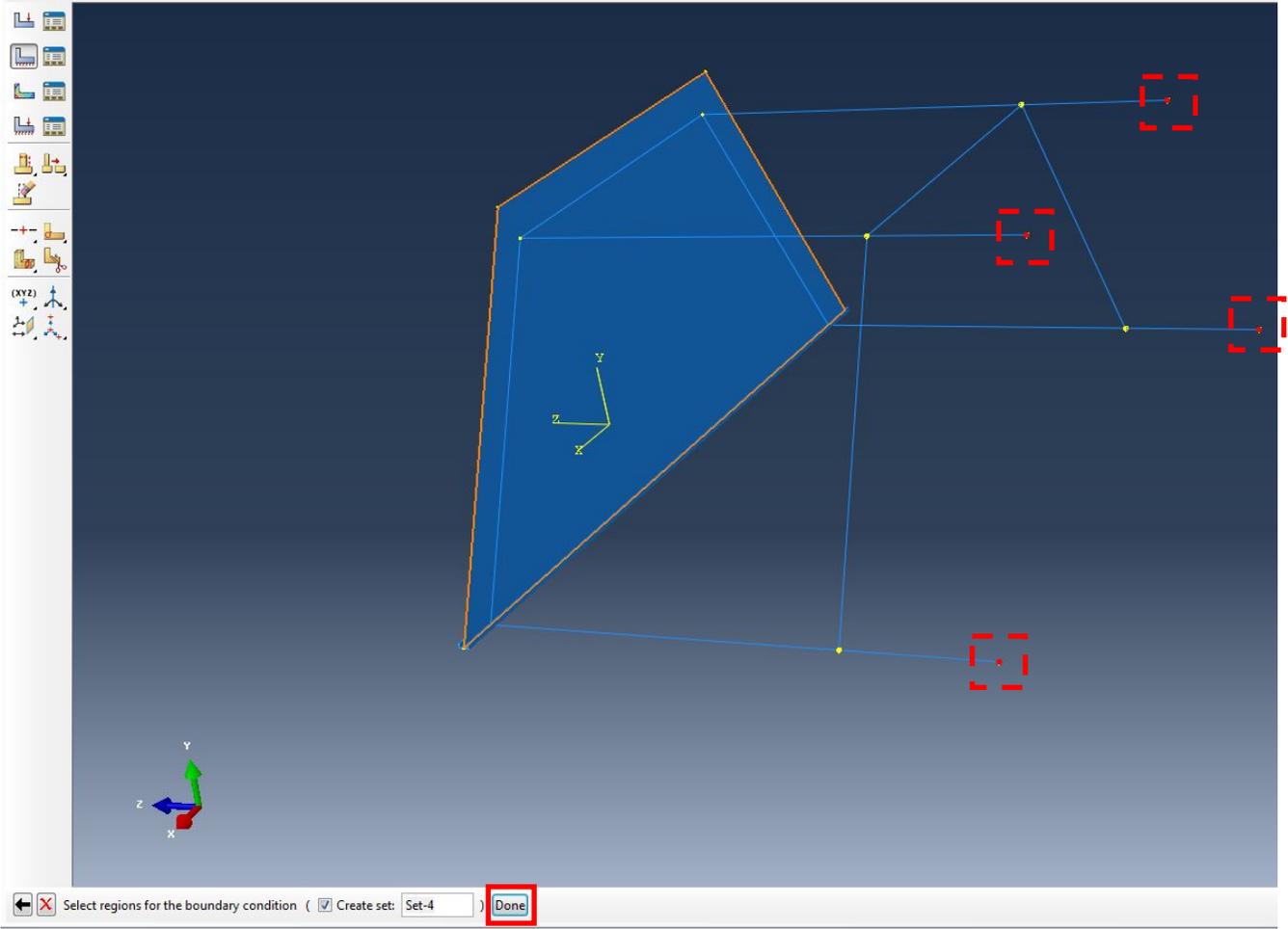
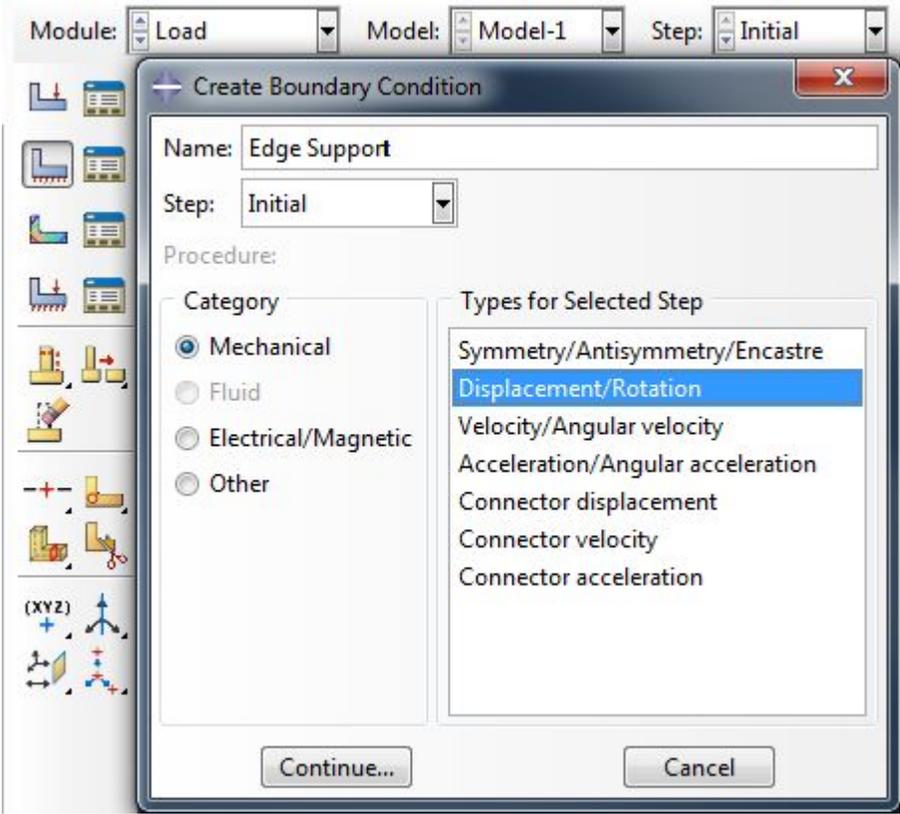
Далее не выходя из этого инструмента, подвинем столешницу так, чтобы она была симметрична относительно каркаса. Для этого в качестве начальной

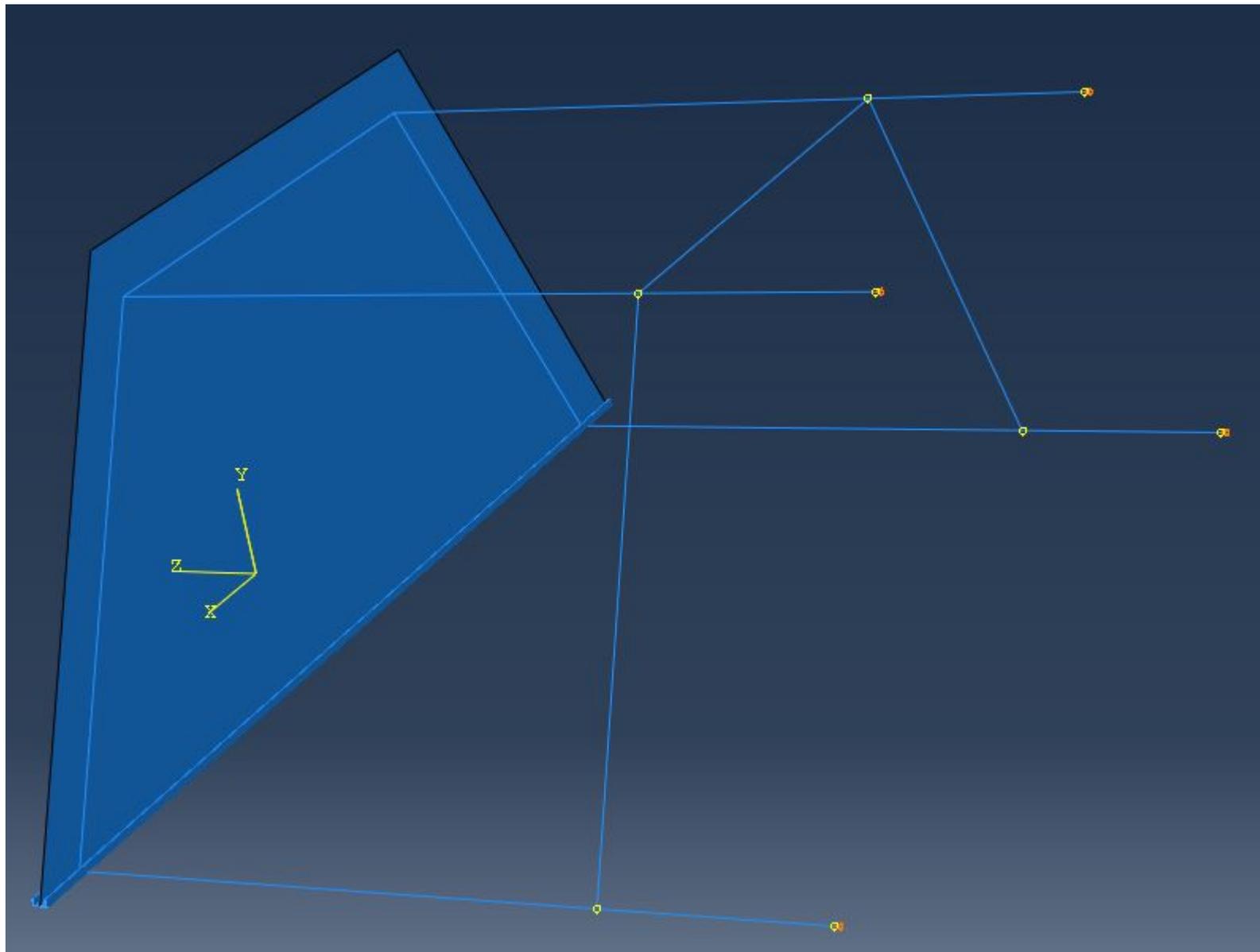
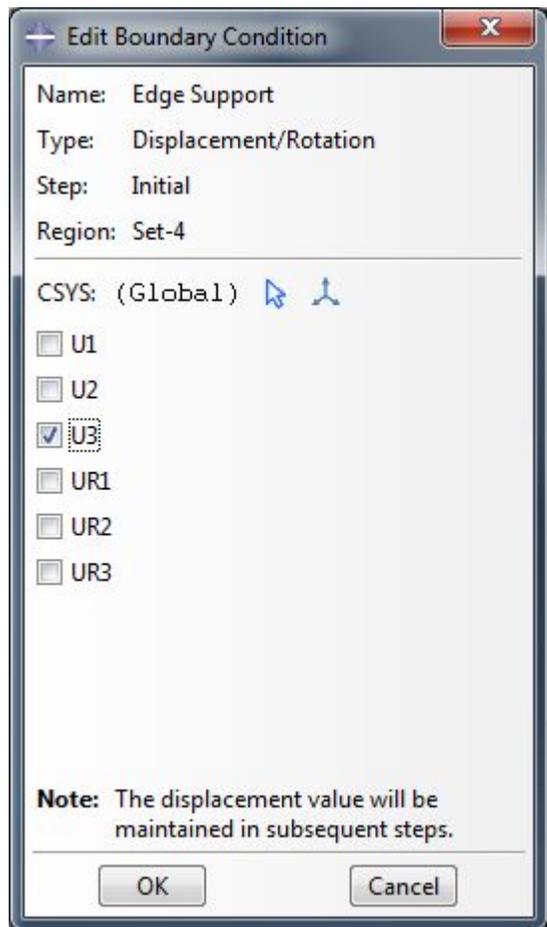
точки укажем вектор  $(0,0,0)$ , а в качестве конечной – вектор  $(3,0,0)$  – тем самым мы подвинем ее на 3 единицы по оси X:



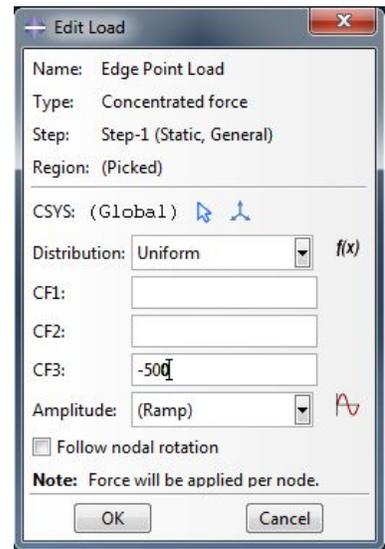
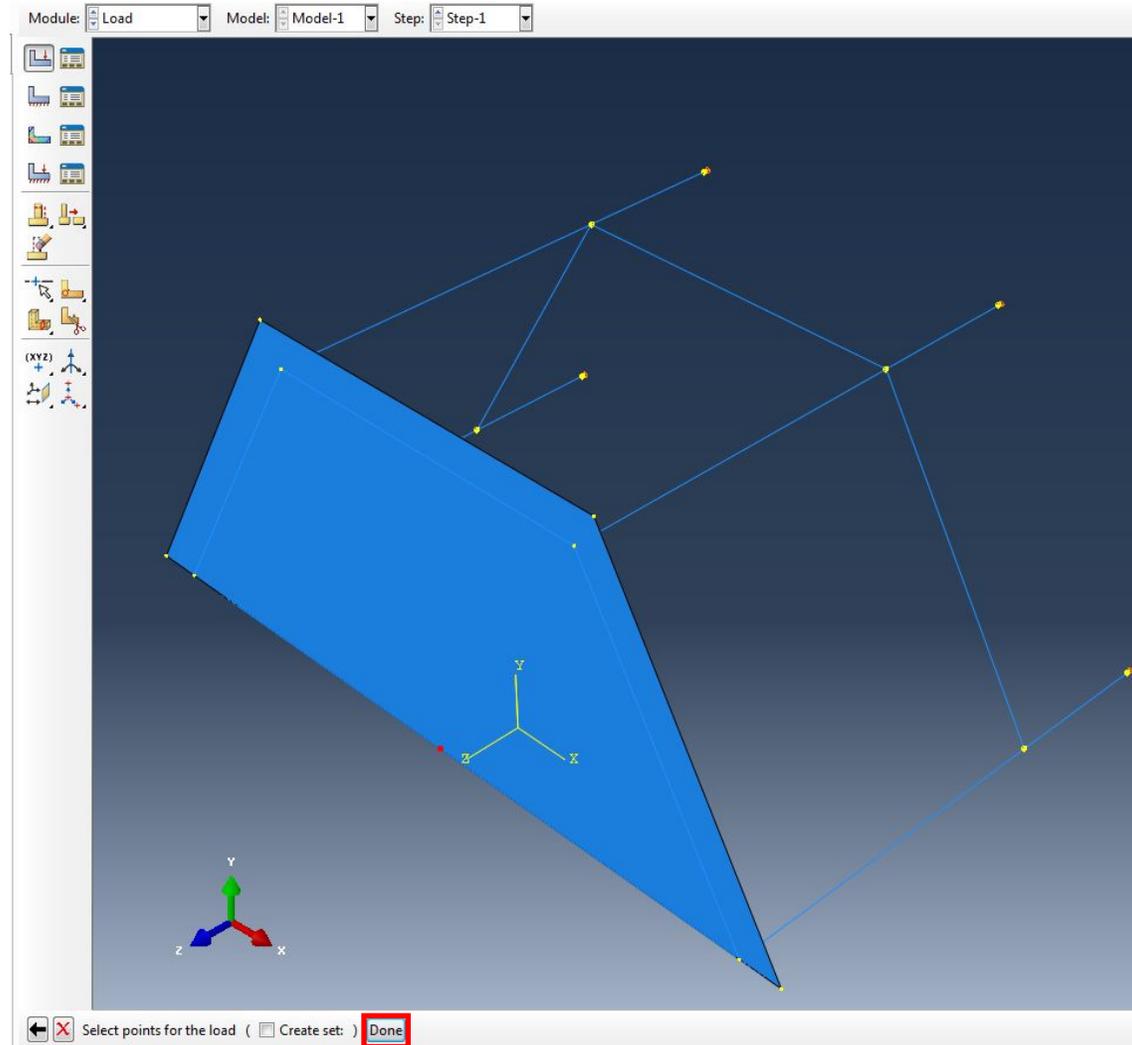
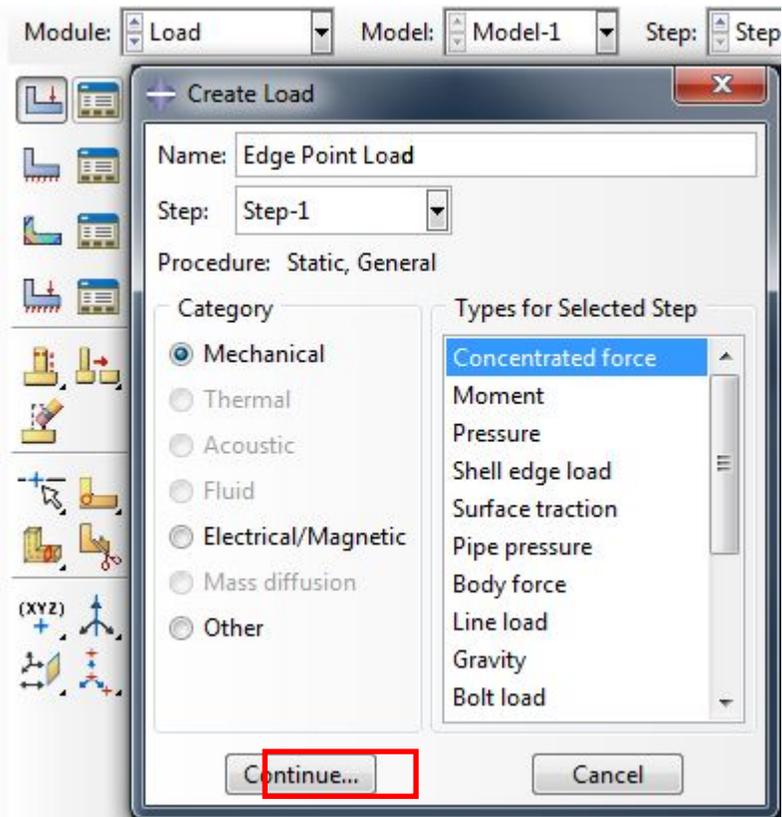


5. Далее зададим граничные условия. Для этого перейдем в модуль Load и выберем инструмент Create Boundary Condition:



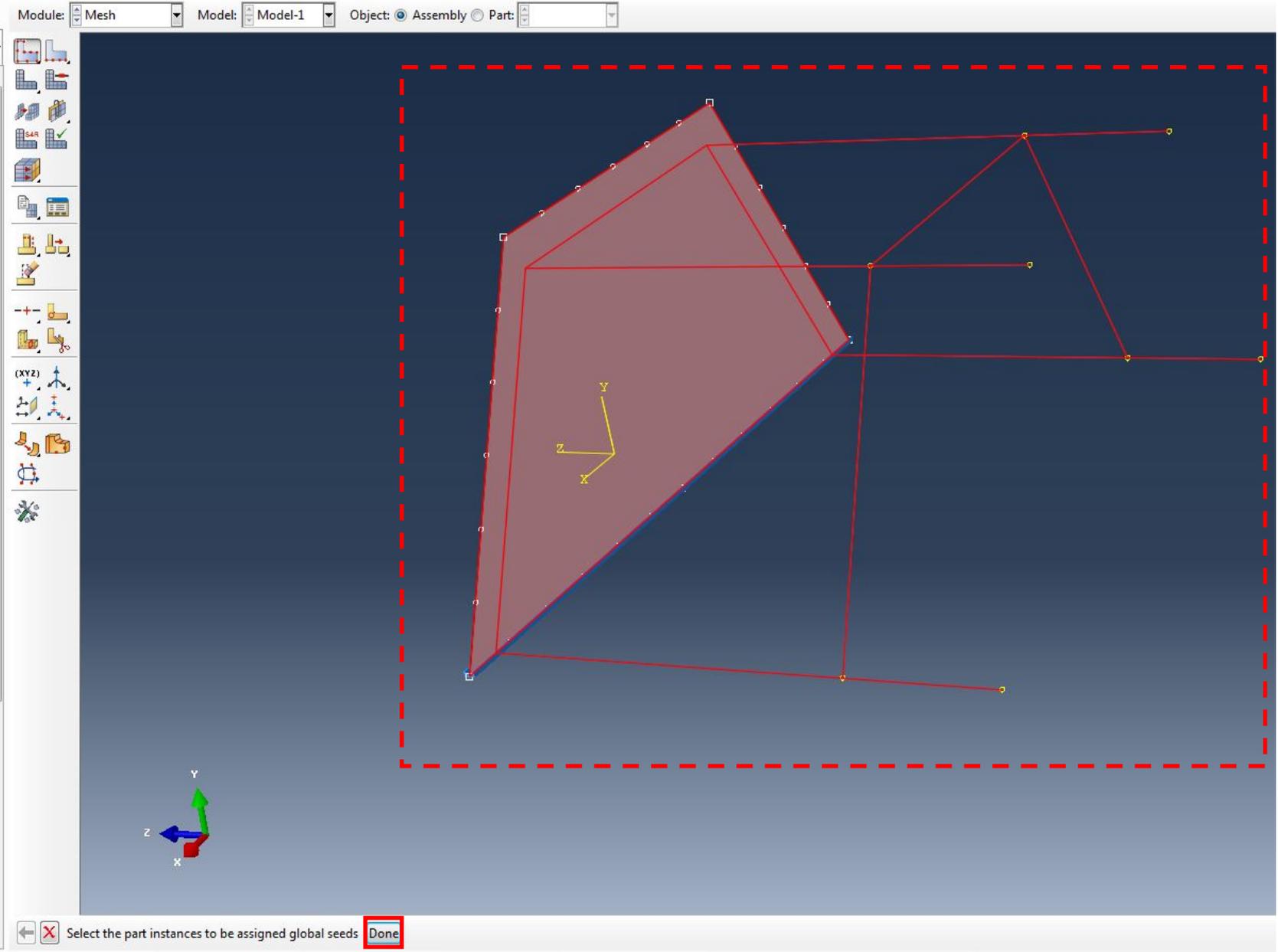


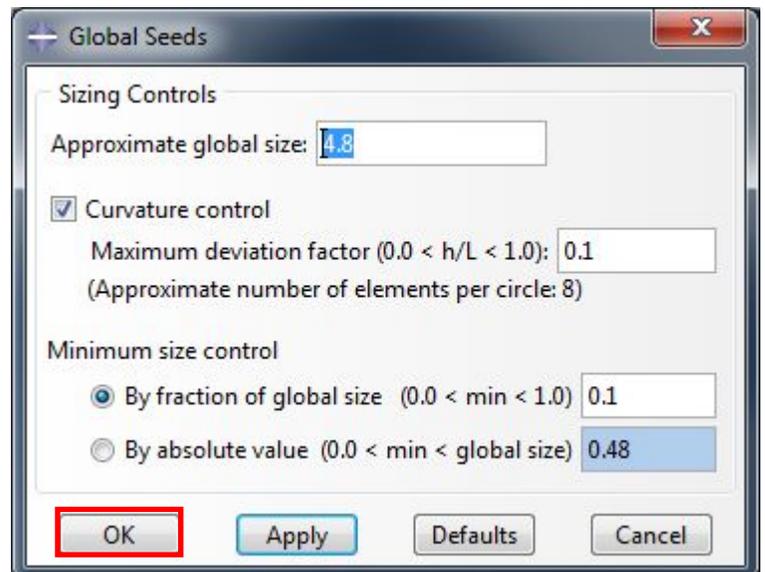
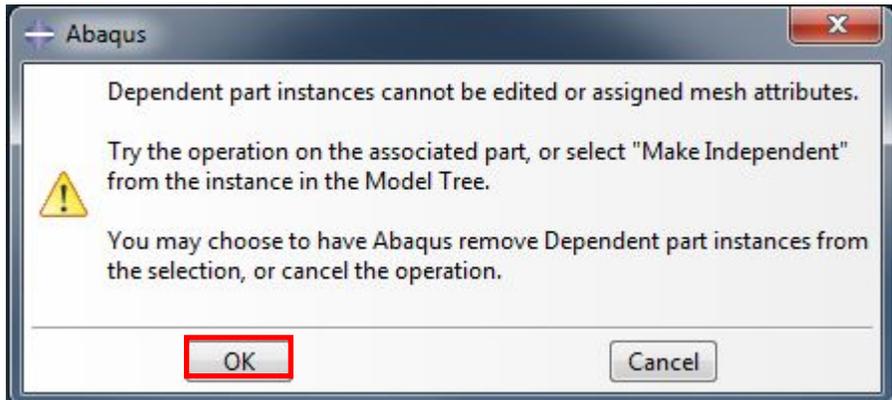
Создадим сосредоточенную нагрузку. Для этого переходим в модуль Load и задаем следующие параметры:

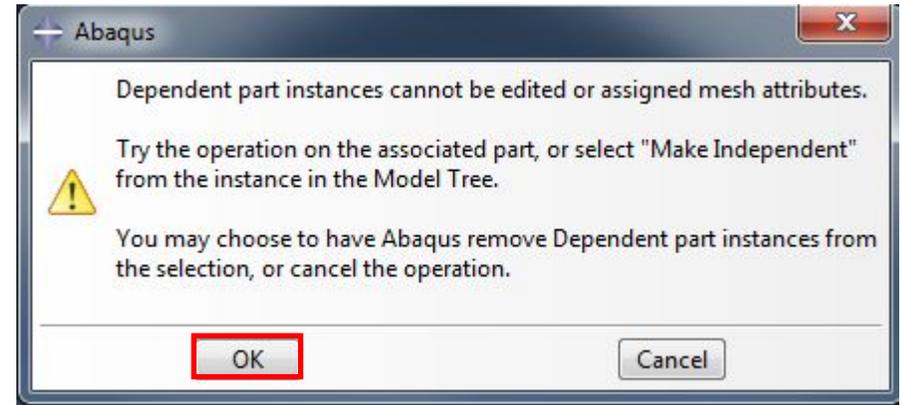
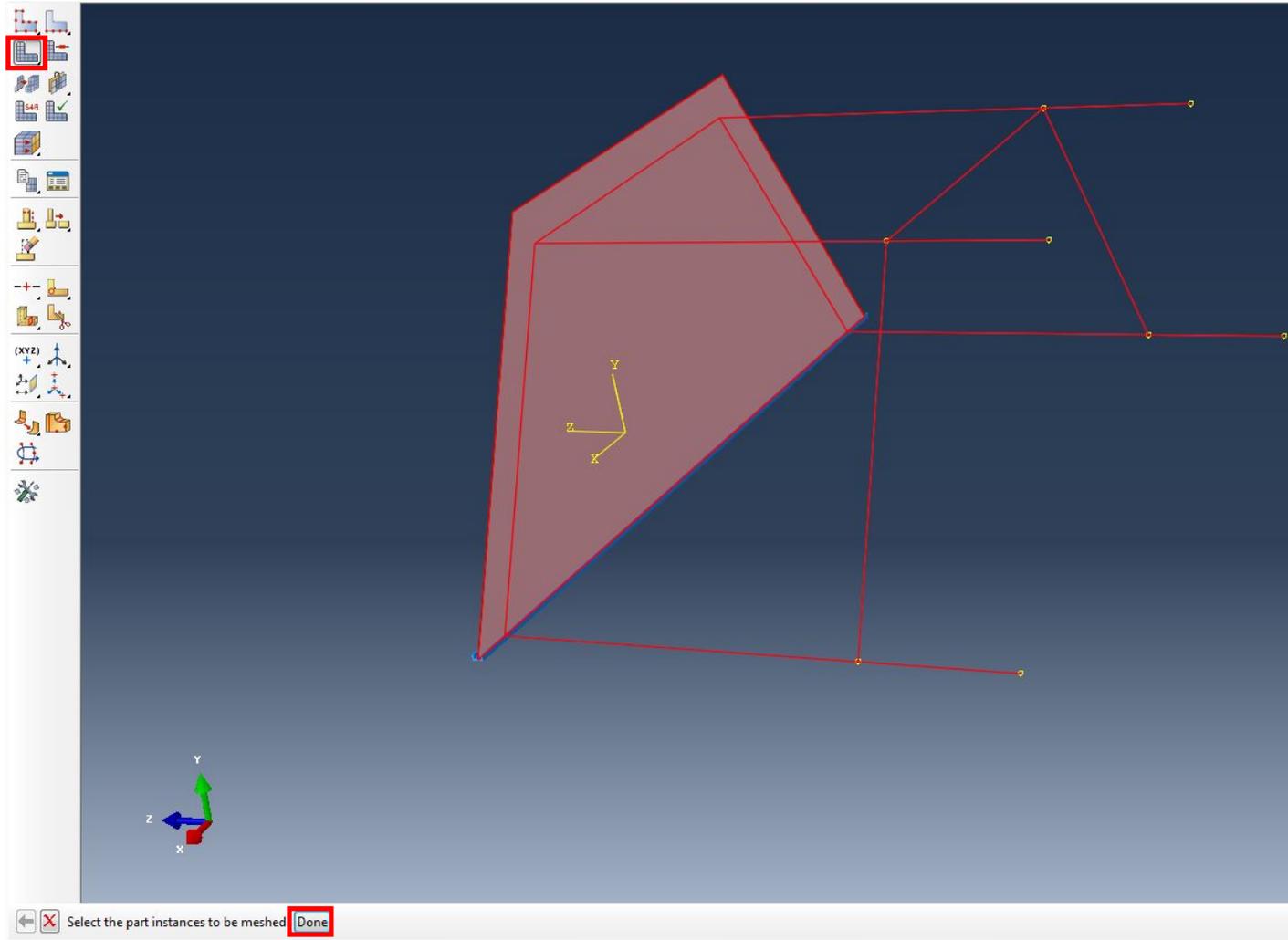


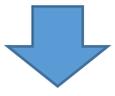
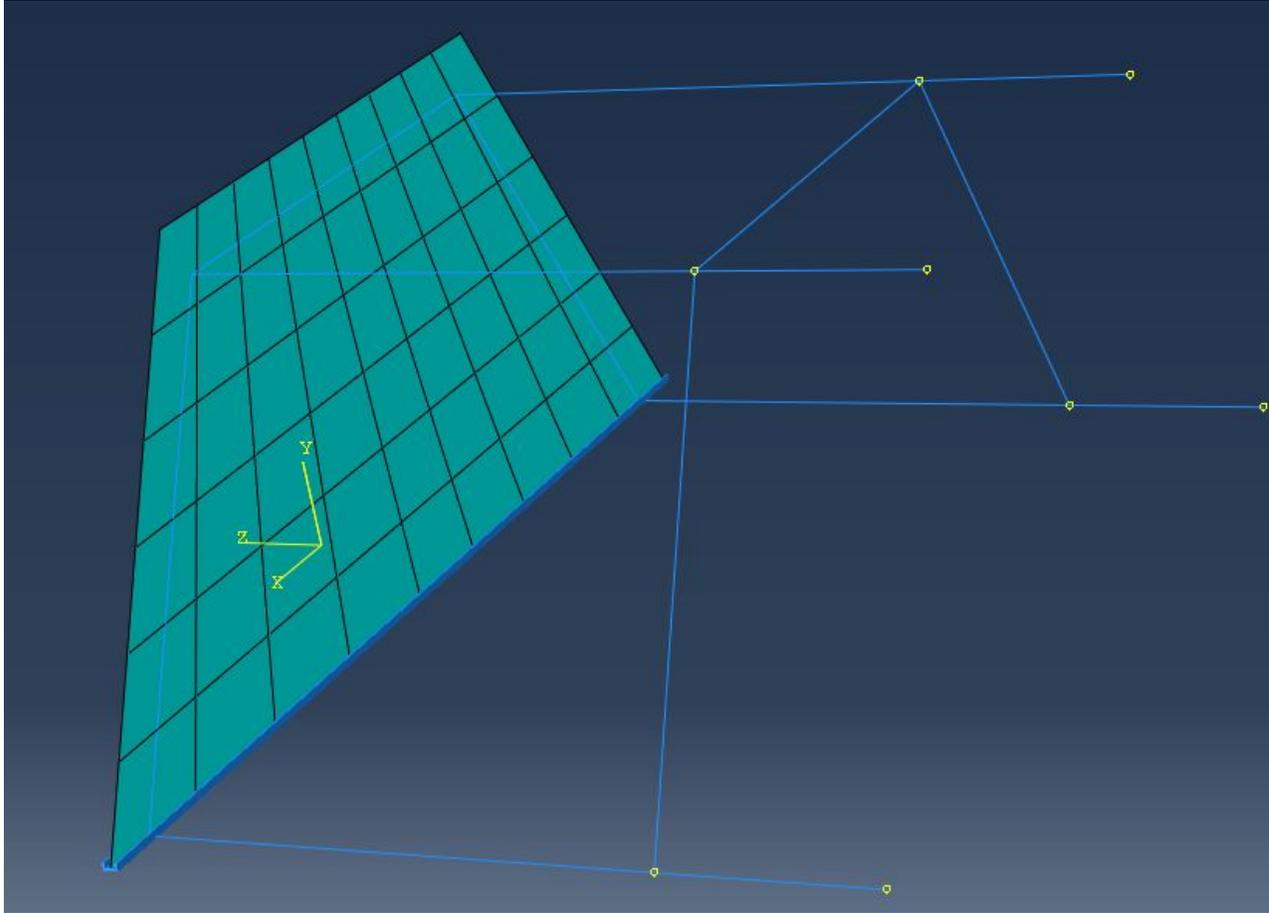
Далее нам нужно заново построить сетку, потому что мы изменили размеры. Для этого перейдем в модуль MESH (Object – Assembly), выберем инструмент

Seed Part Instance и **ВЫПОЛИМ ВСЕ**.









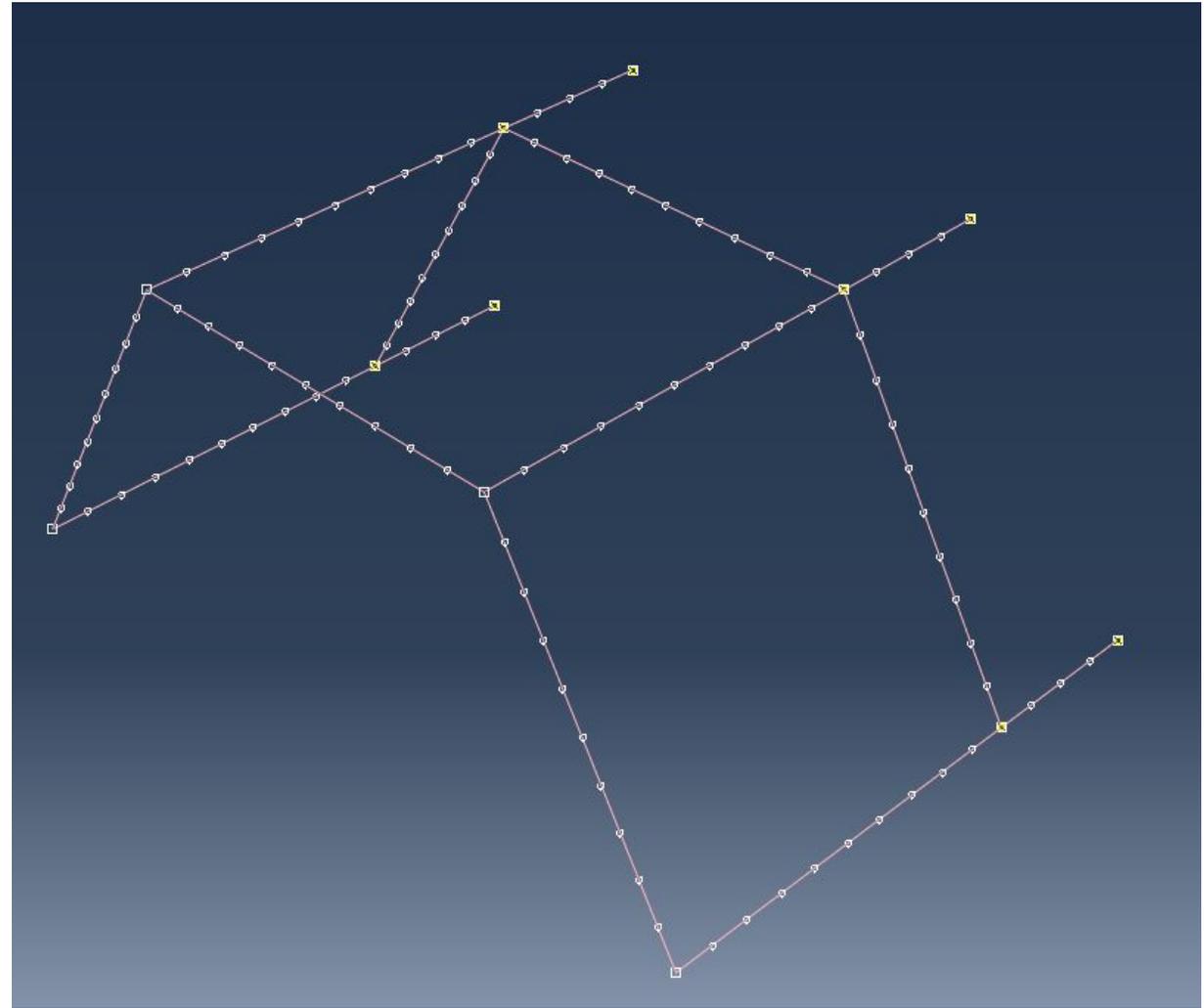
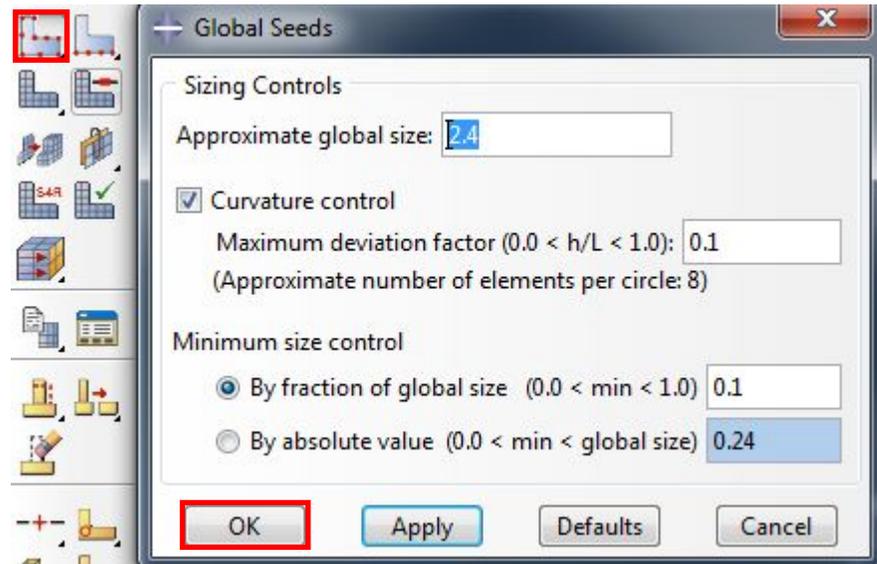


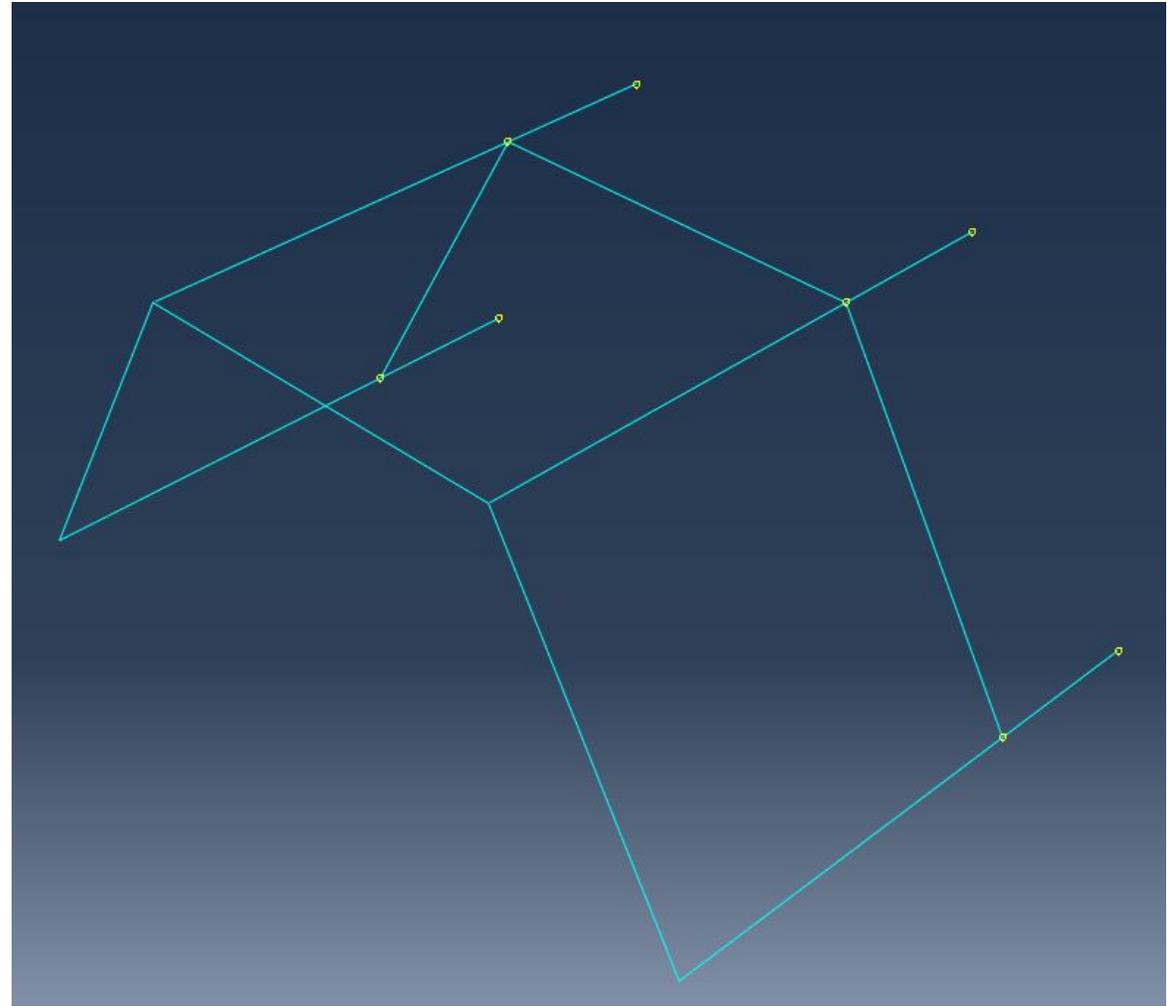
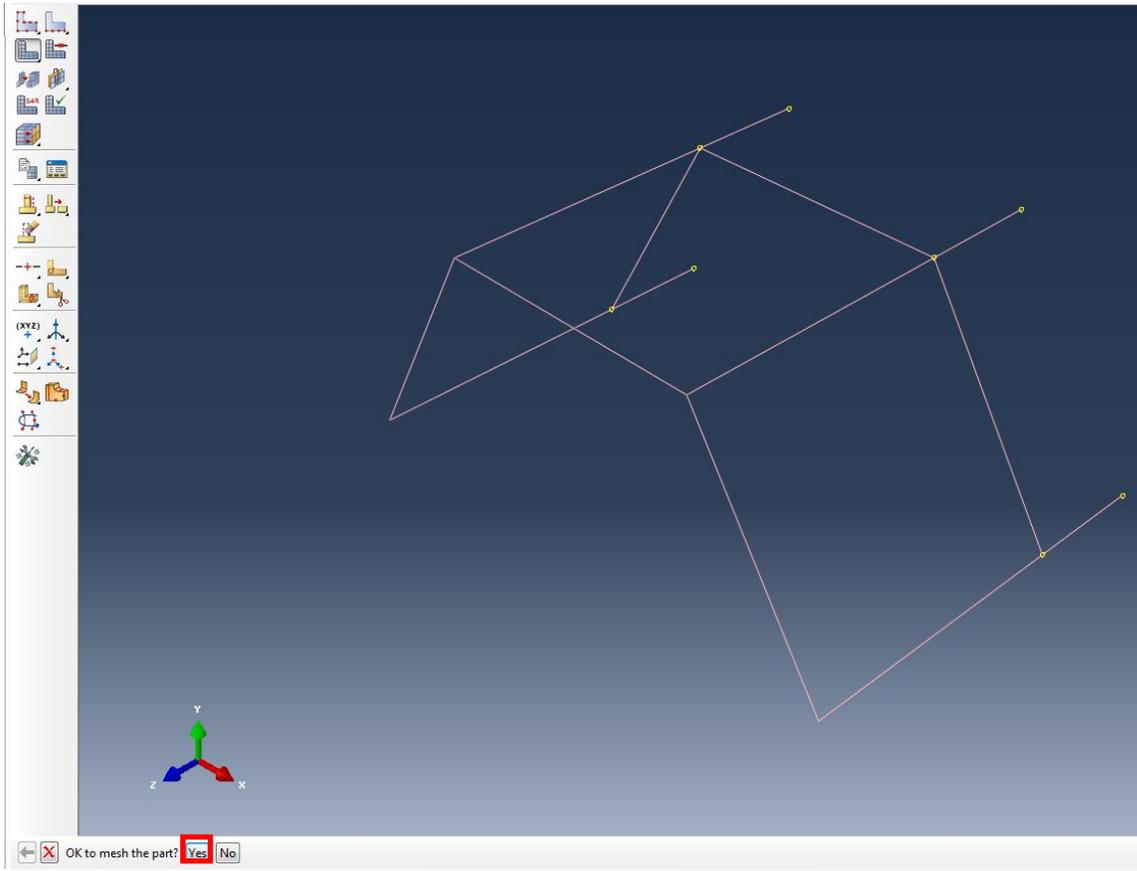
Далее нужно перестроить сетку отдельно для усиления и каркаса. Для этого перейдем в модуль MESH (Object – Part), выберем инструмент Seed Part Instance и выделим все:



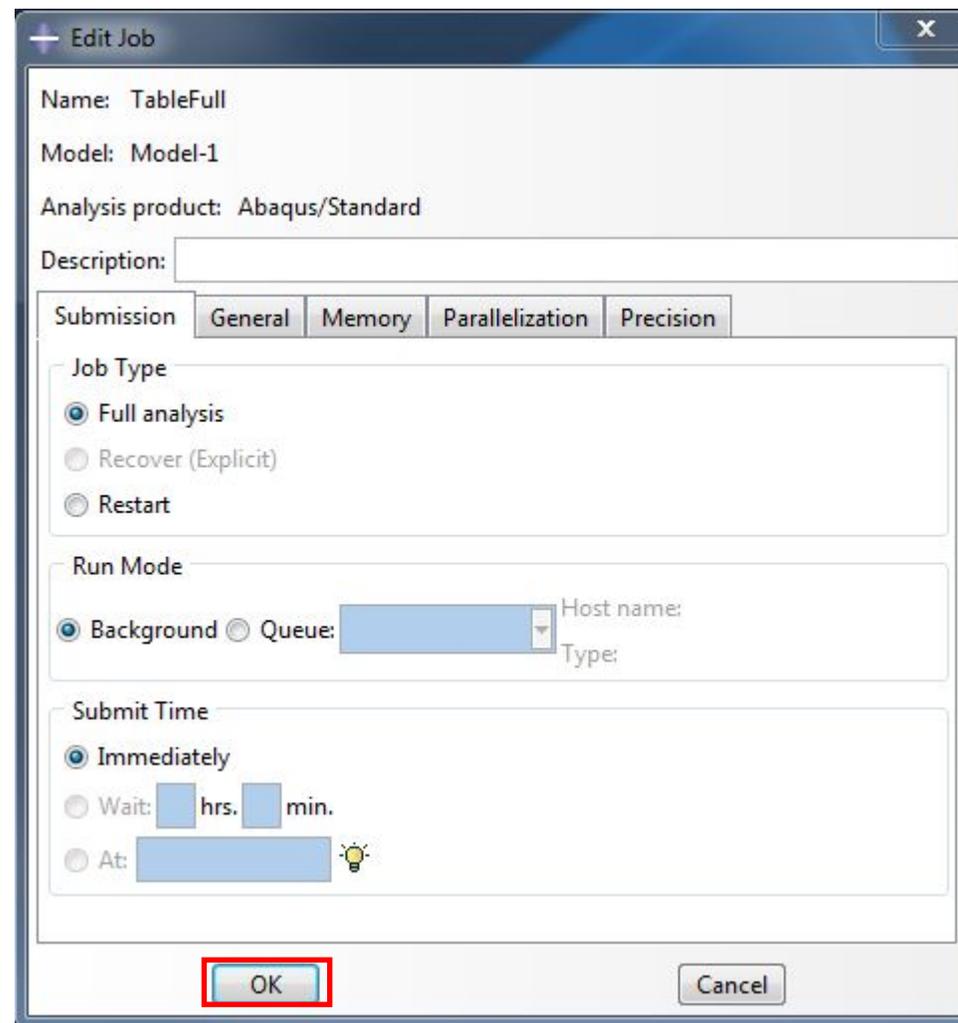
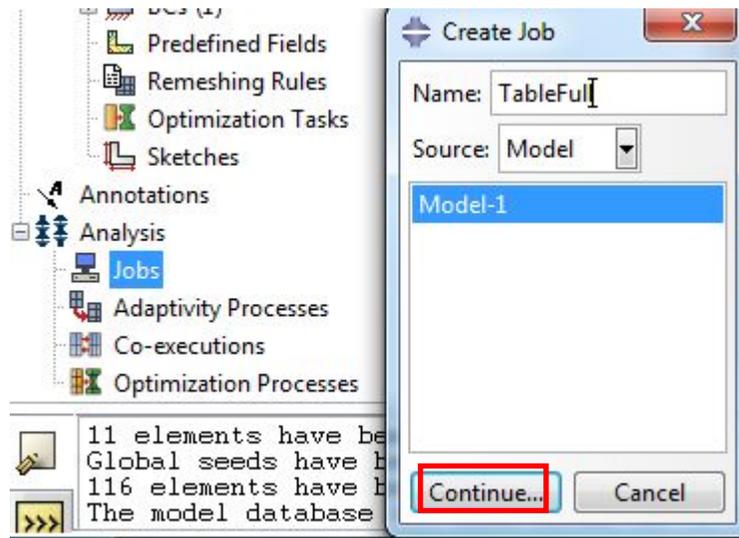


То же самое для Frame:

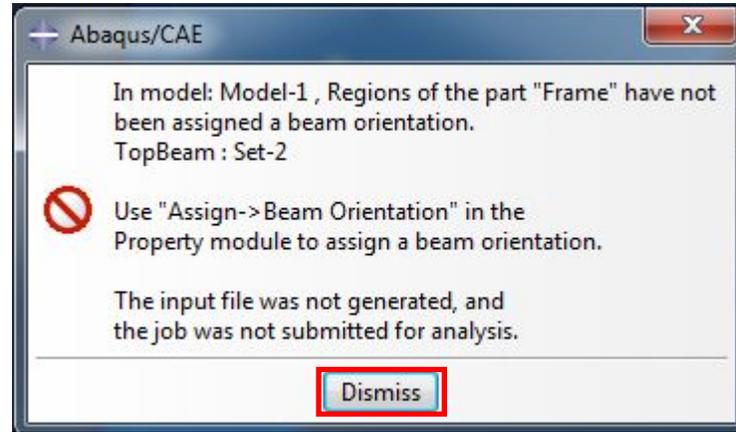
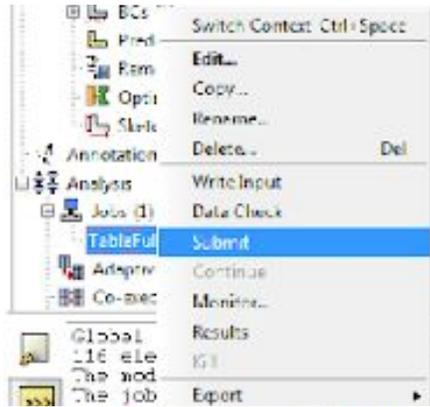




## 6. Далее создаем Job /Задачу/:

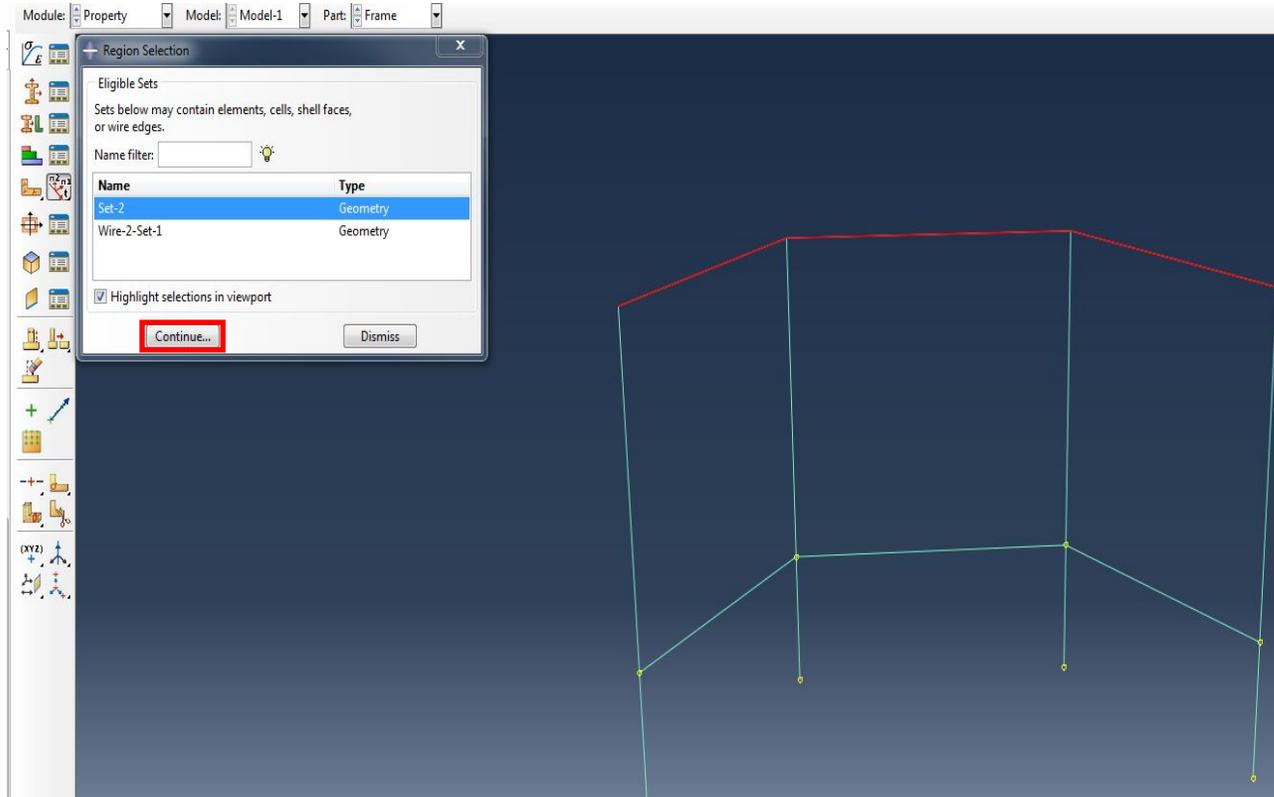


Пробуем запустить на  
счет:



Видим, что мы забыли назначить ориентацию  
балки.

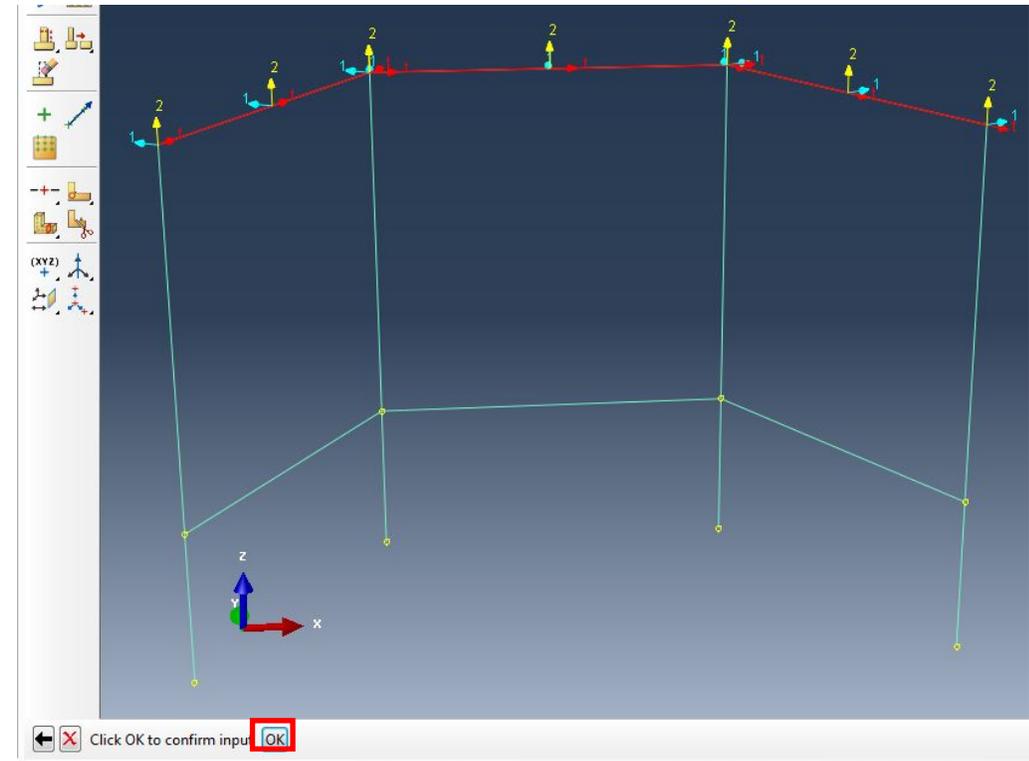
Чтобы исправить эту ошибку, идем в модуль PROPERTY и выбираем инструмент Assign Beam Orientation, выбираем нужный Set и нажимаем

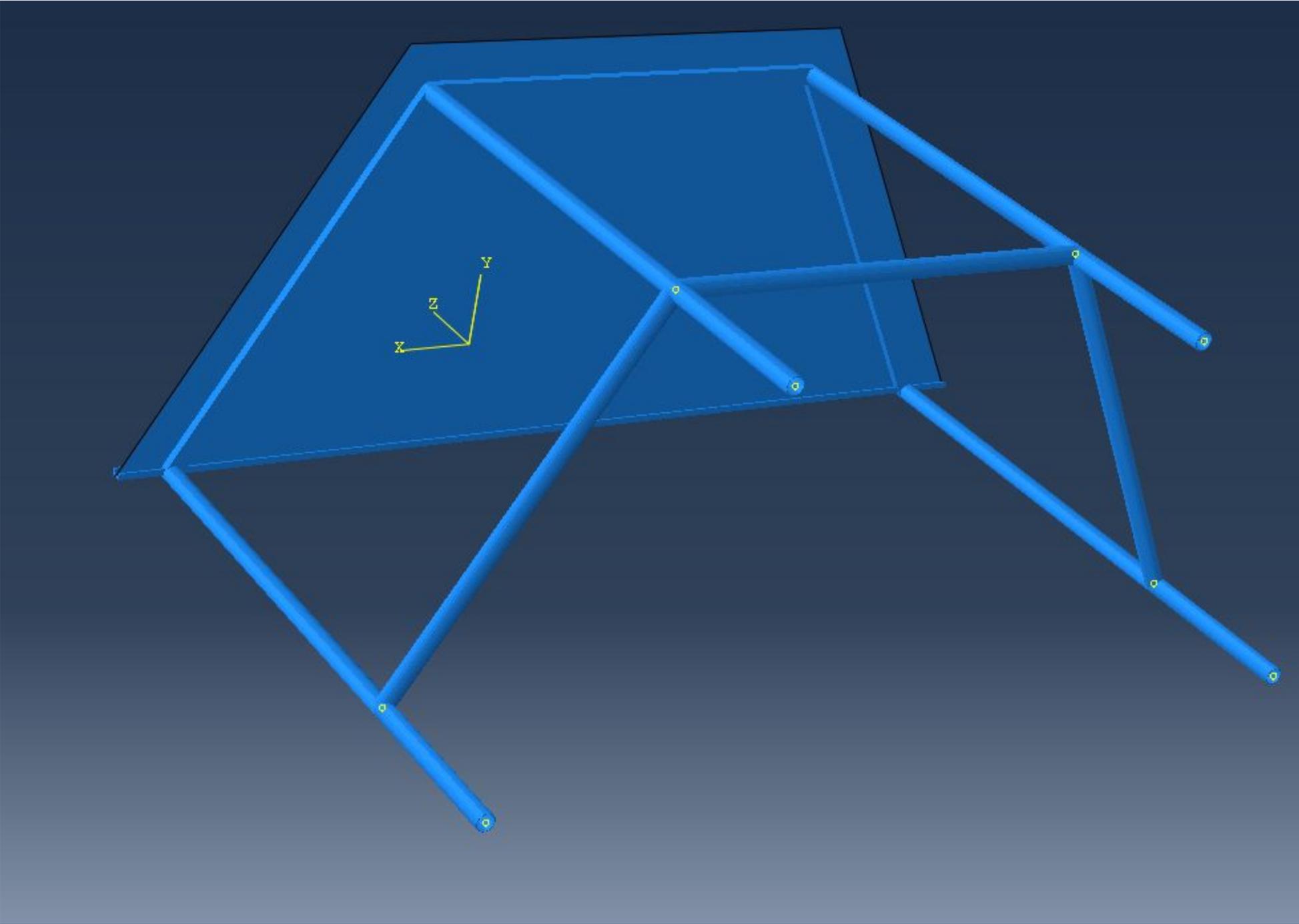


Enter an approximate n1 direction (tangent vectors are shown)

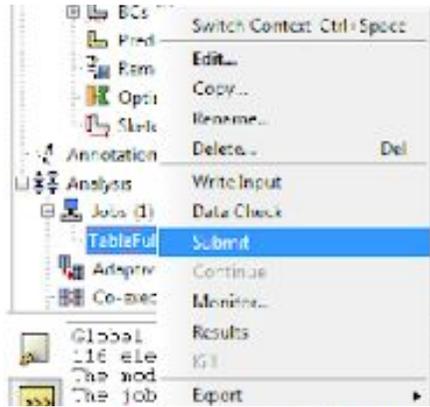


Красной буквой t обозначается n1 направление /tangent vector/,  
а оси 1 и 2 располагаются в плоскости сечения:





Пробуем перезапустить расчет:



TableFull Monitor

Job: TableFull Status: Aborted

Step	Increment	Att	Severe Discon Iter	Equil Iter	Total Iter	Total Time/Freq	Step Time/LPF	Time/LPF Inc
1	1	1U	7	0	7	0	0	1
1	1	2U	9	0	9	0	0	0.25
1	1	3U	7	0	7	0	0	0.0625
1	1	4U	8	0	8	0	0	0.015625
1	1	5U	6	3	9	0	0	0.00390625

Log !Errors !Warnings Output Data File Message File Status File

Too many attempts made for this increment

Abaqus/Standard Analysis exited with an error - Please see the message file for possible error messages if the file exists.

Search Text

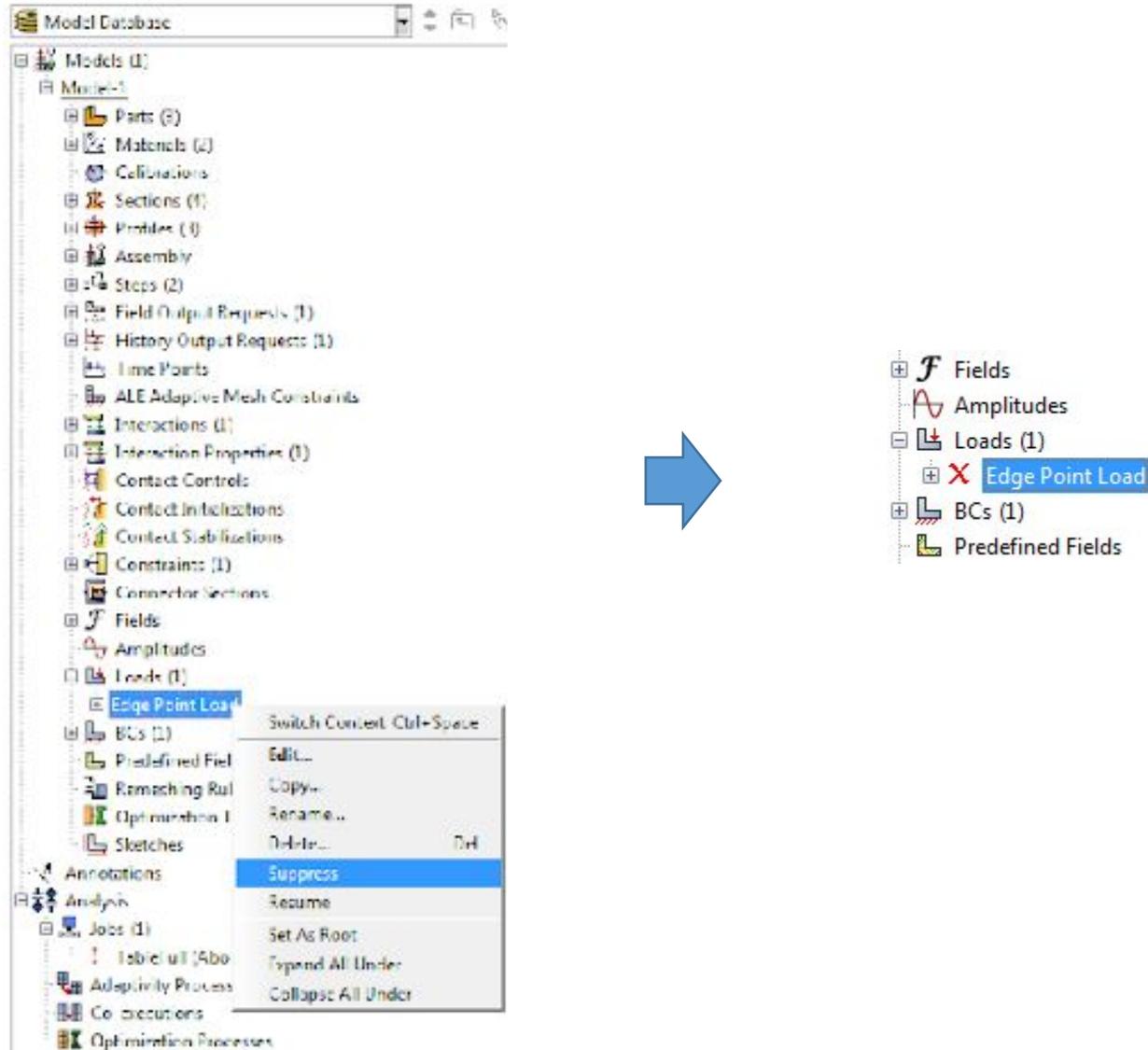
Text to find:   Match case ↓ Next ↑ Previous

Kill Dismiss

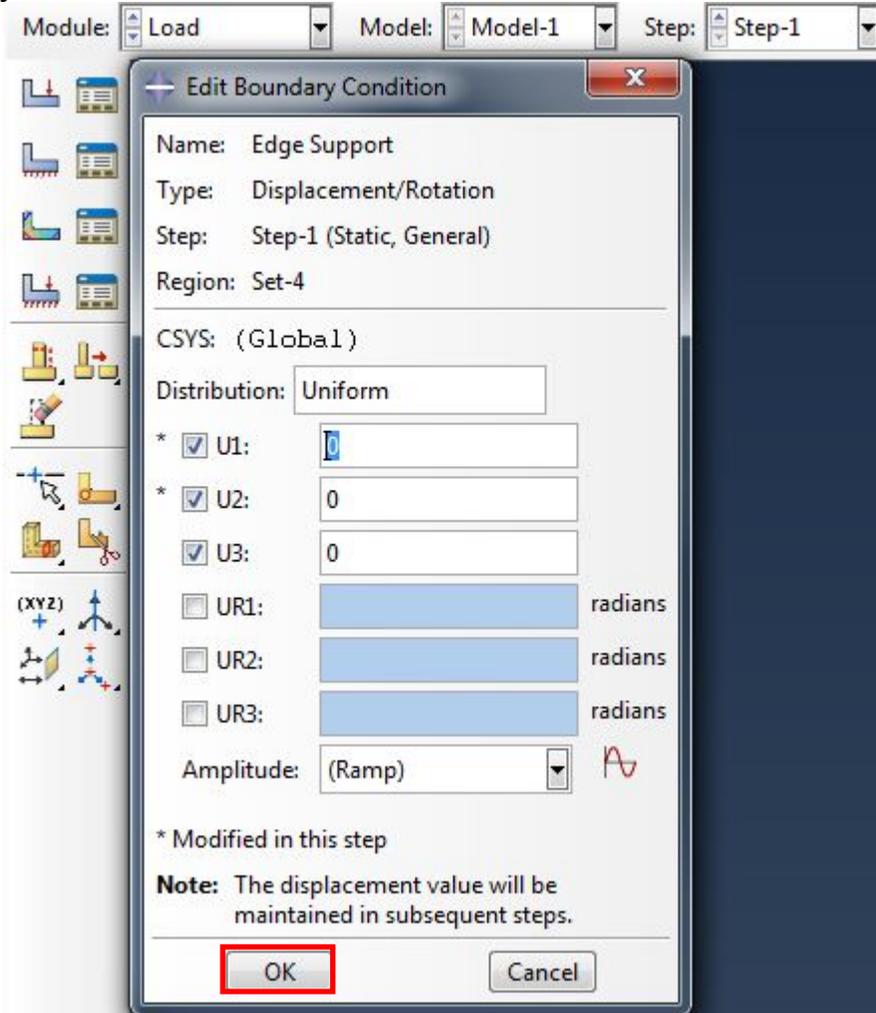
Видим, что решение не было выполнено, т.к. было превышено число попыток деления шага по времени.  
Далее опишем процесс Debugging'a /устранения ошибок/ и получим решение.

## 7. Debugging /Устранение ошибок/.

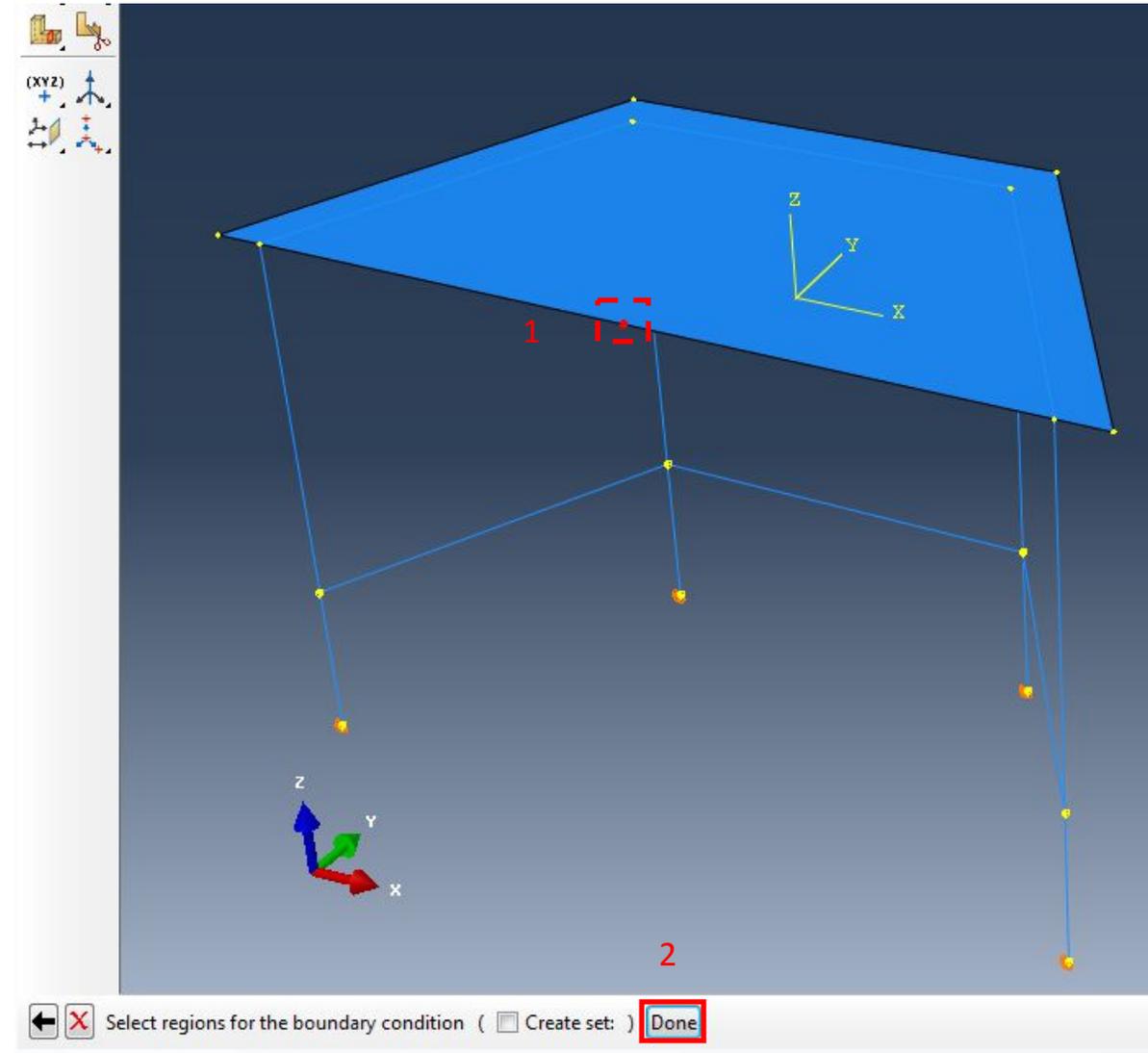
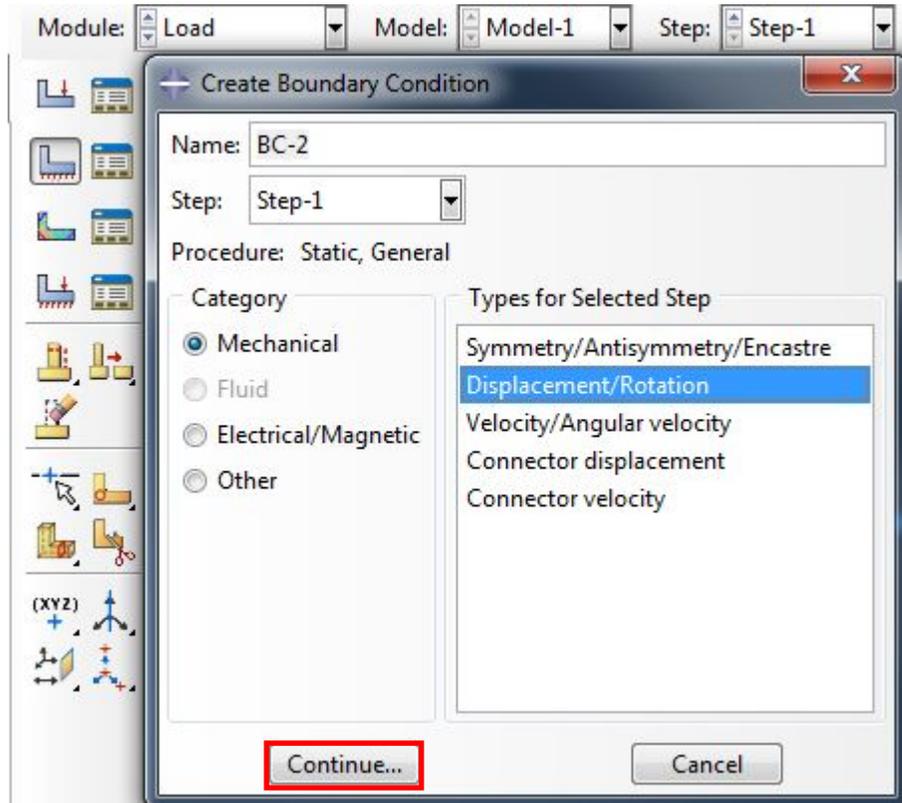
Вначале попробуем заменить силу на фиксированное перемещение. Для этого в ветви дерева Loads подавим созданную сосредоточенную силу:

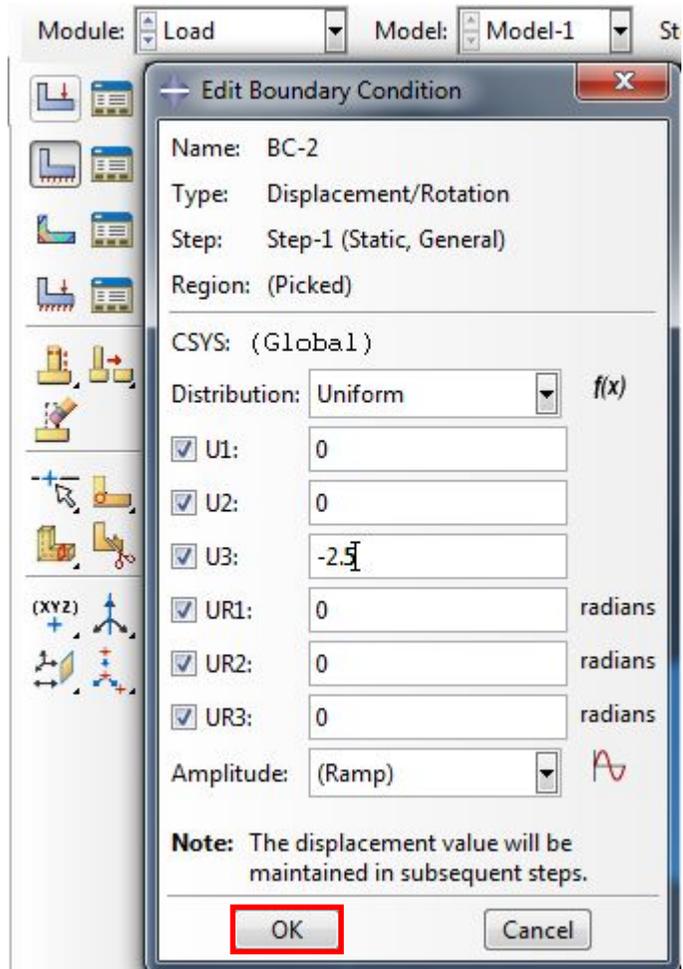


Далее отредактируем граничное условие Edge Support, добавив фиксацию перемещений по оставшимся двум осям:

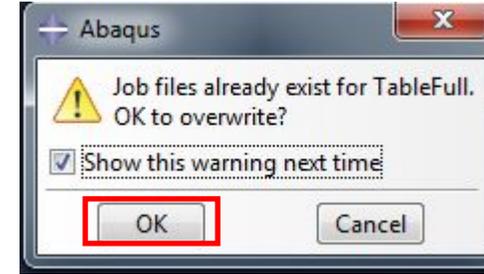
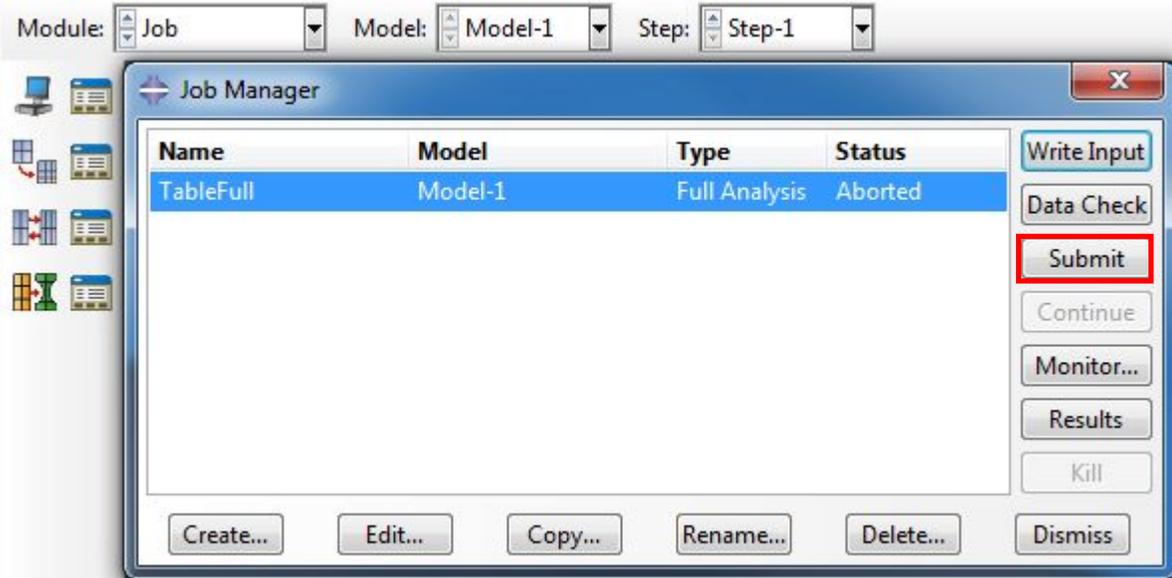


Далее вместо сосредоточенной силы введем новое граничное условие – фиксированное перемещение:

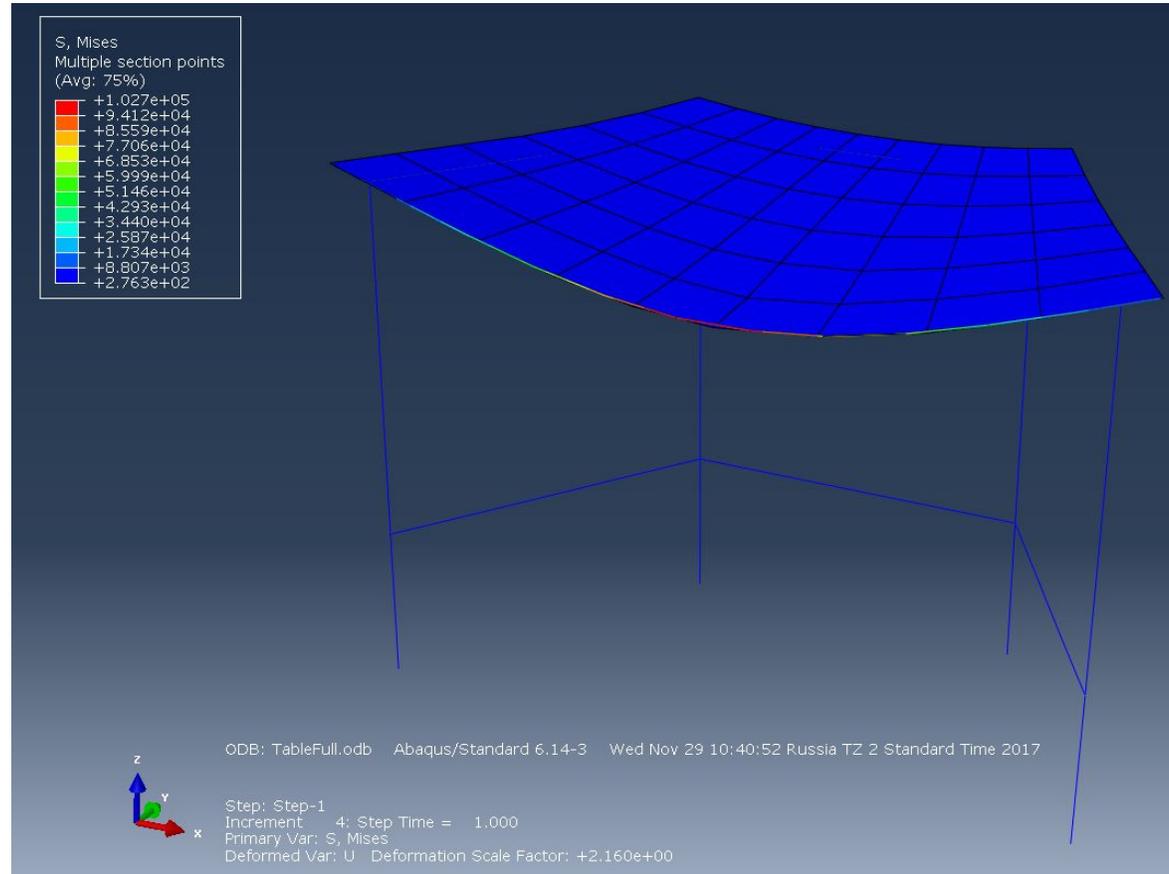




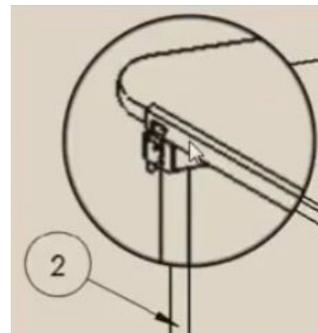
Пробуем перезапустить  
расчет:



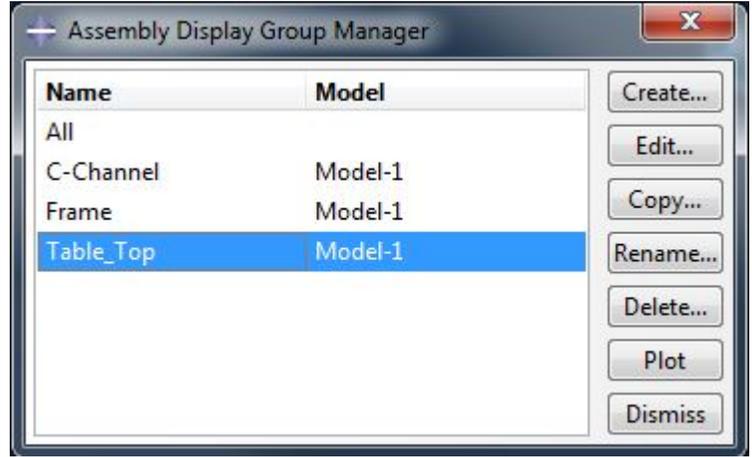
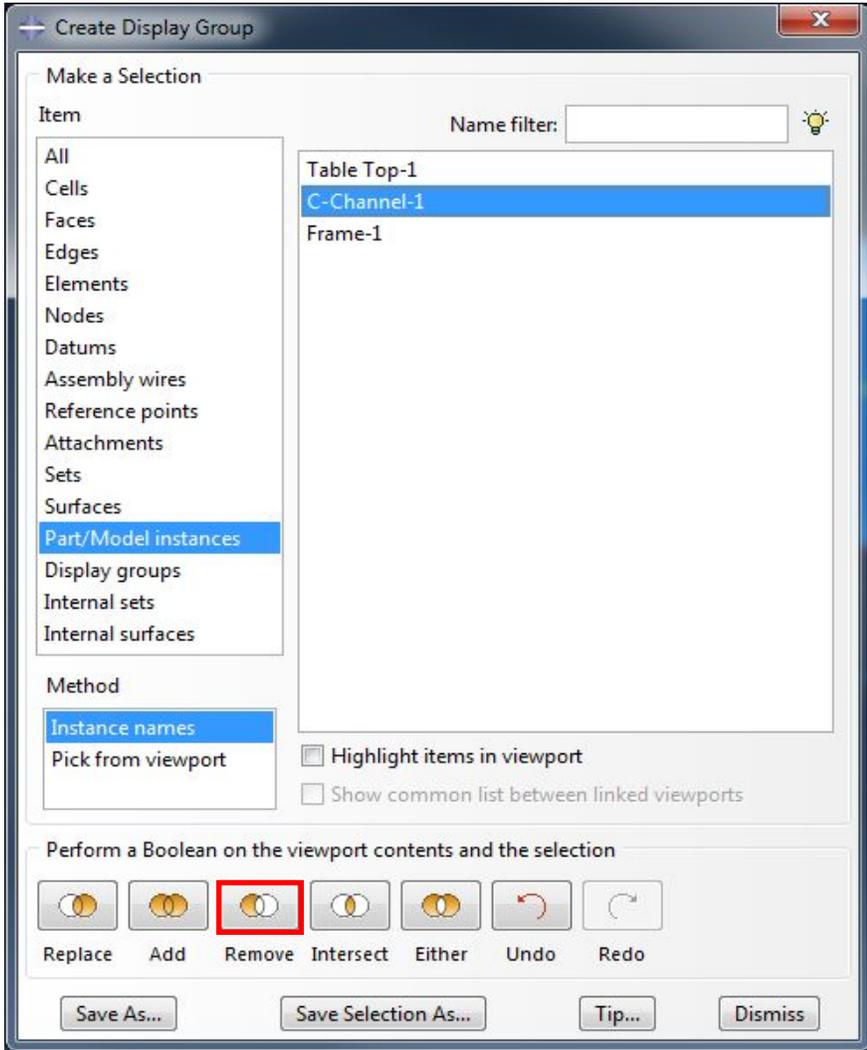
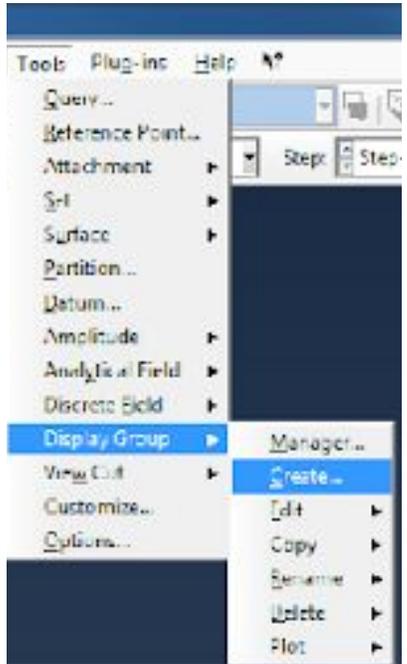
Теперь в модуле Results можем вывести напряжения по Мизесу:



Видим, что контакт работает. Однако, мы забыли про то, что задний край столешницы соединен с верхними углами каркаса пинами – т.е. нам нужно добавить ограничение, которое будет их связывать вместе.

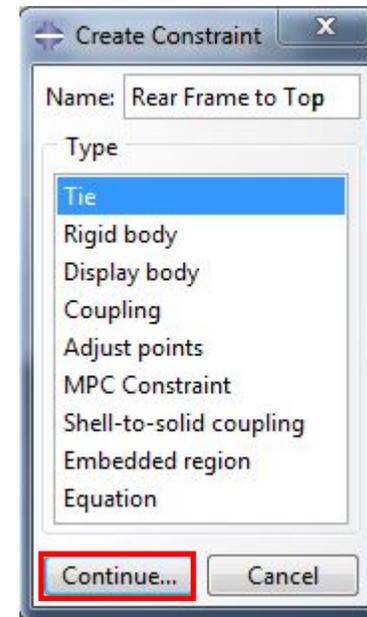
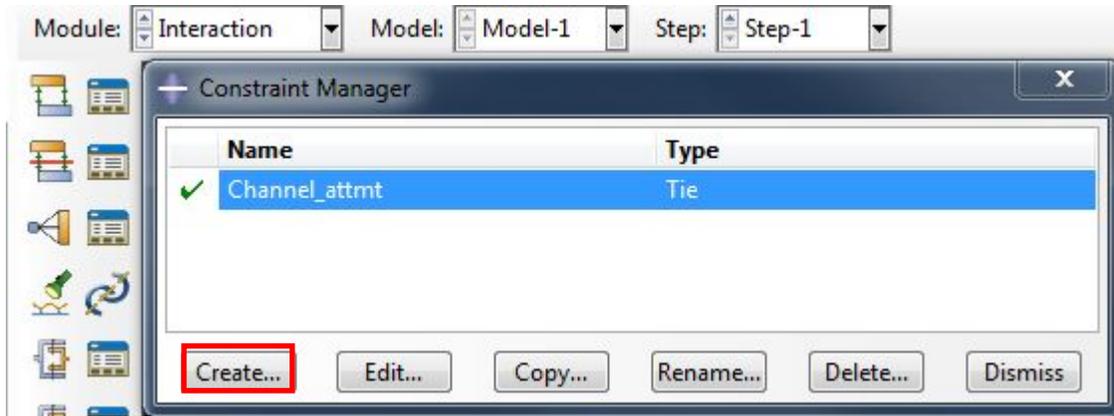


Для удобства создаем три группы (пользуемся кнопками Add, Remove для добавления/удаления элементов из группы):

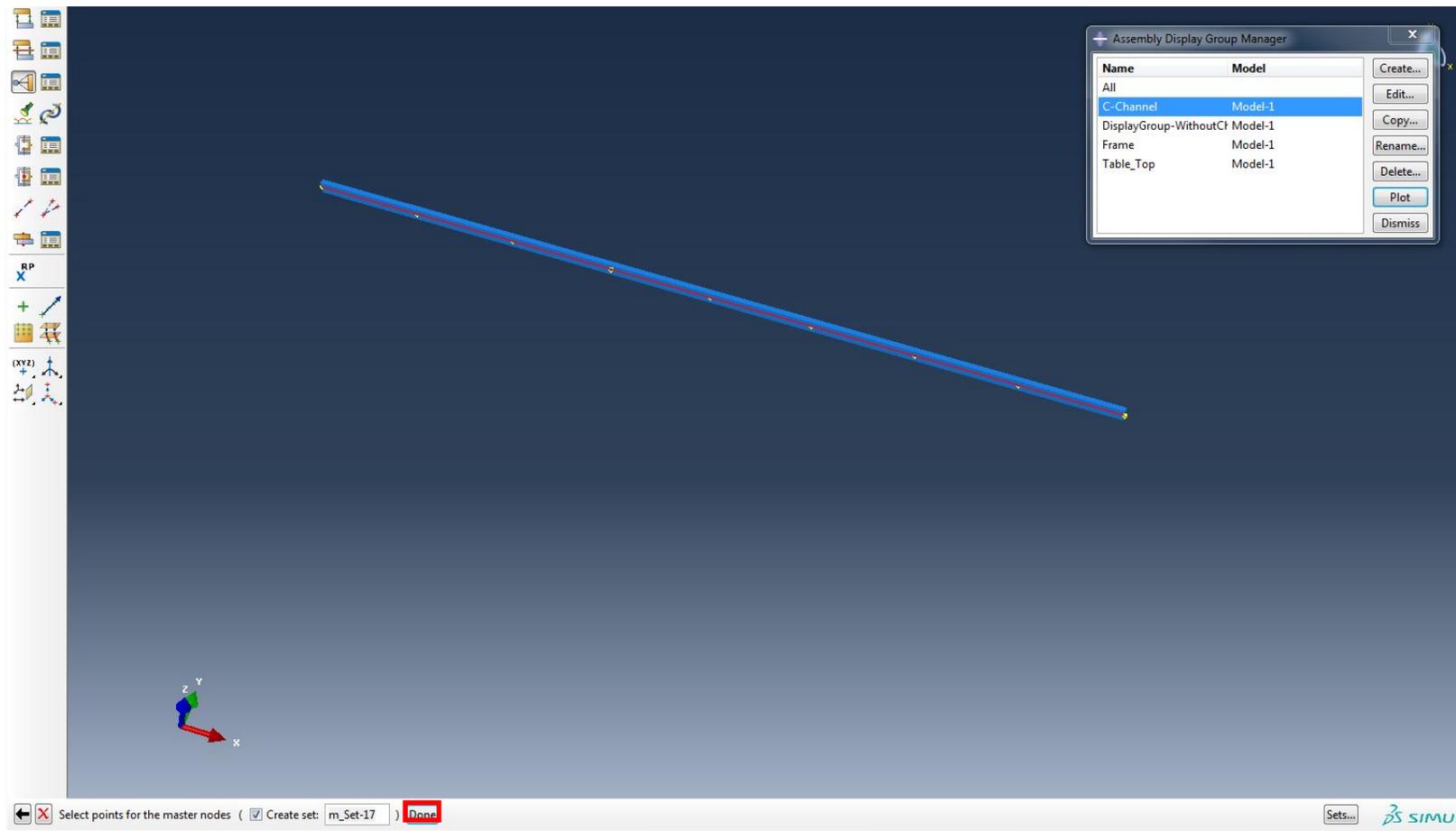


Перейдем в модуль

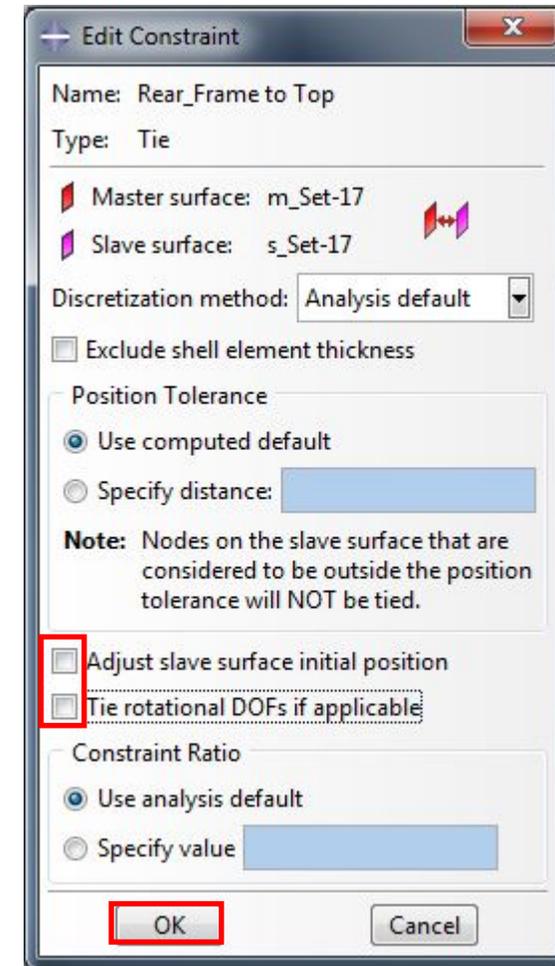
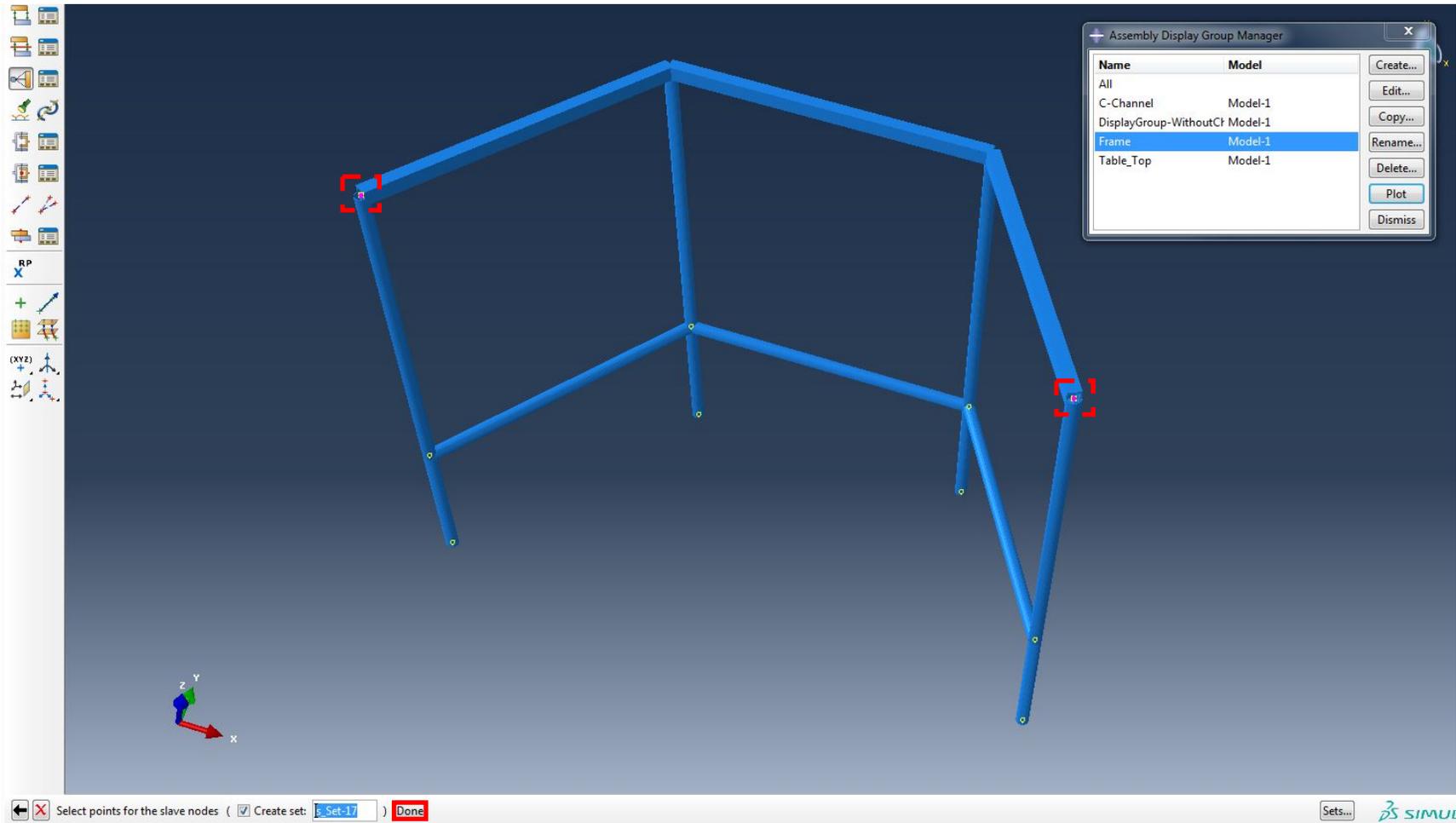
Interaction:



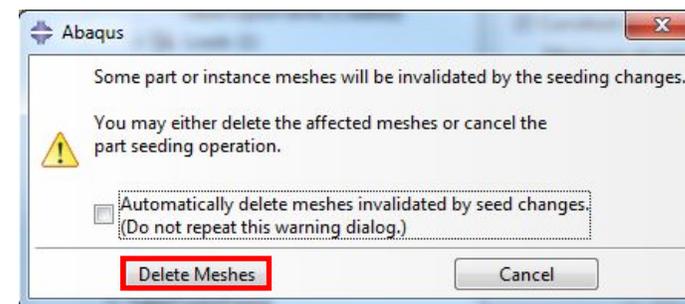
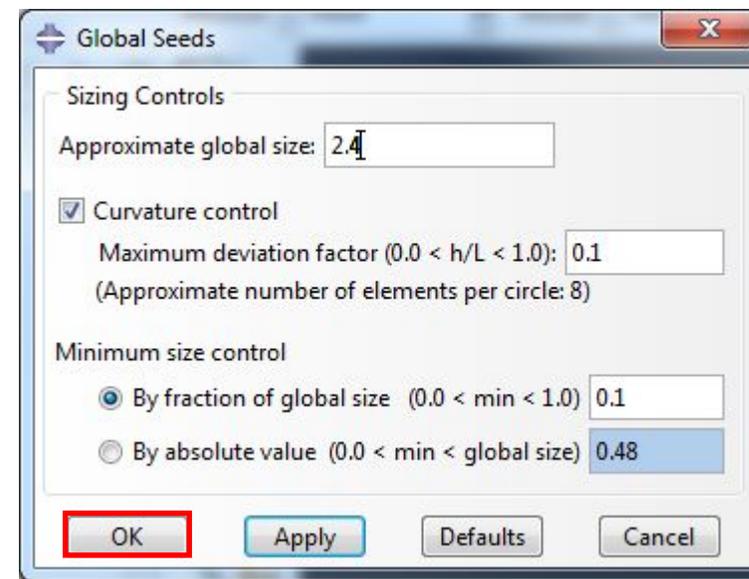
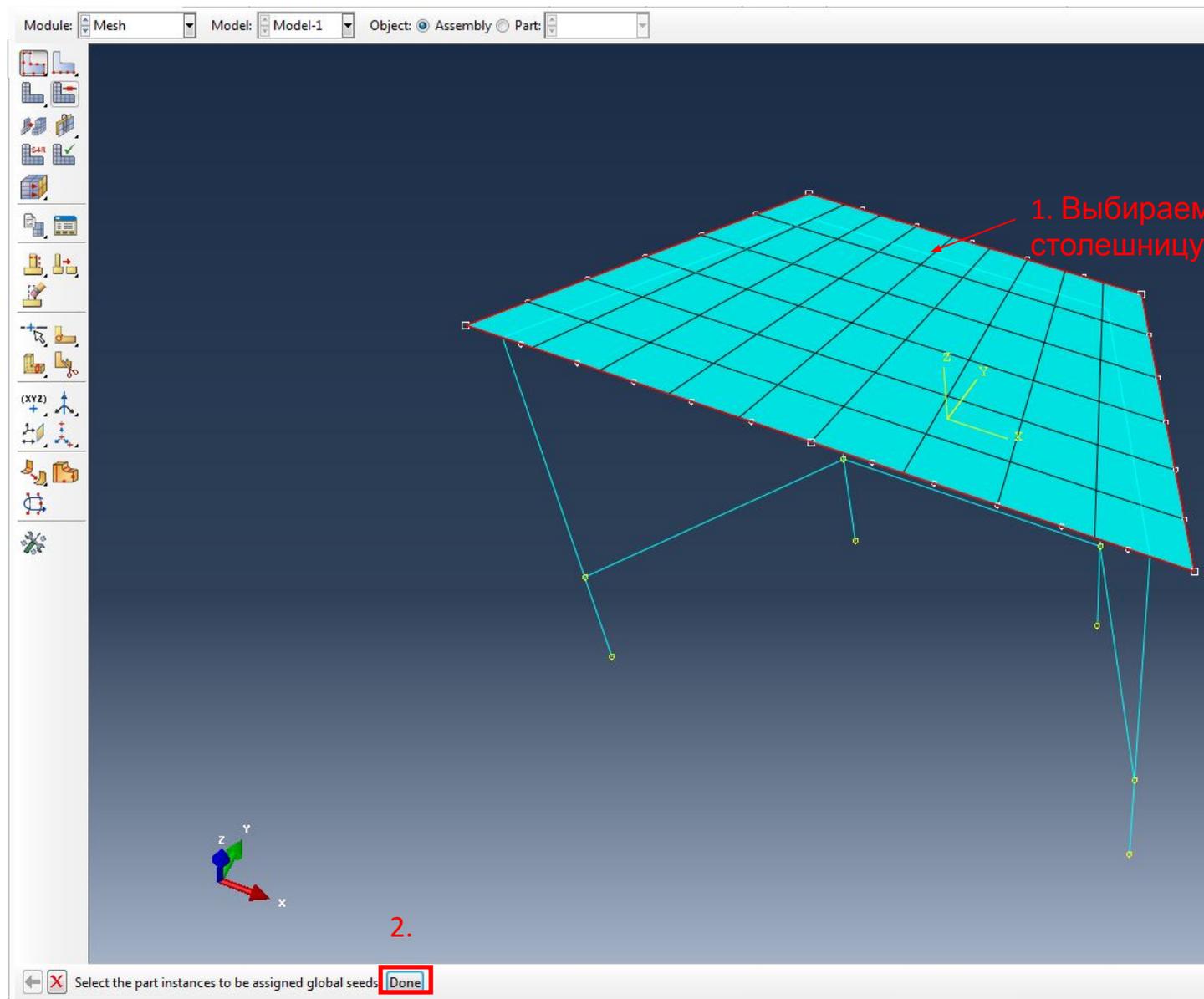
В качестве мастер региона выбираем усиление (для отображения элемента пользуемся менеджером групп):



В качестве slave-региона выбираем 2 узла каркаса (для отображения элемента пользуемся менеджером групп):

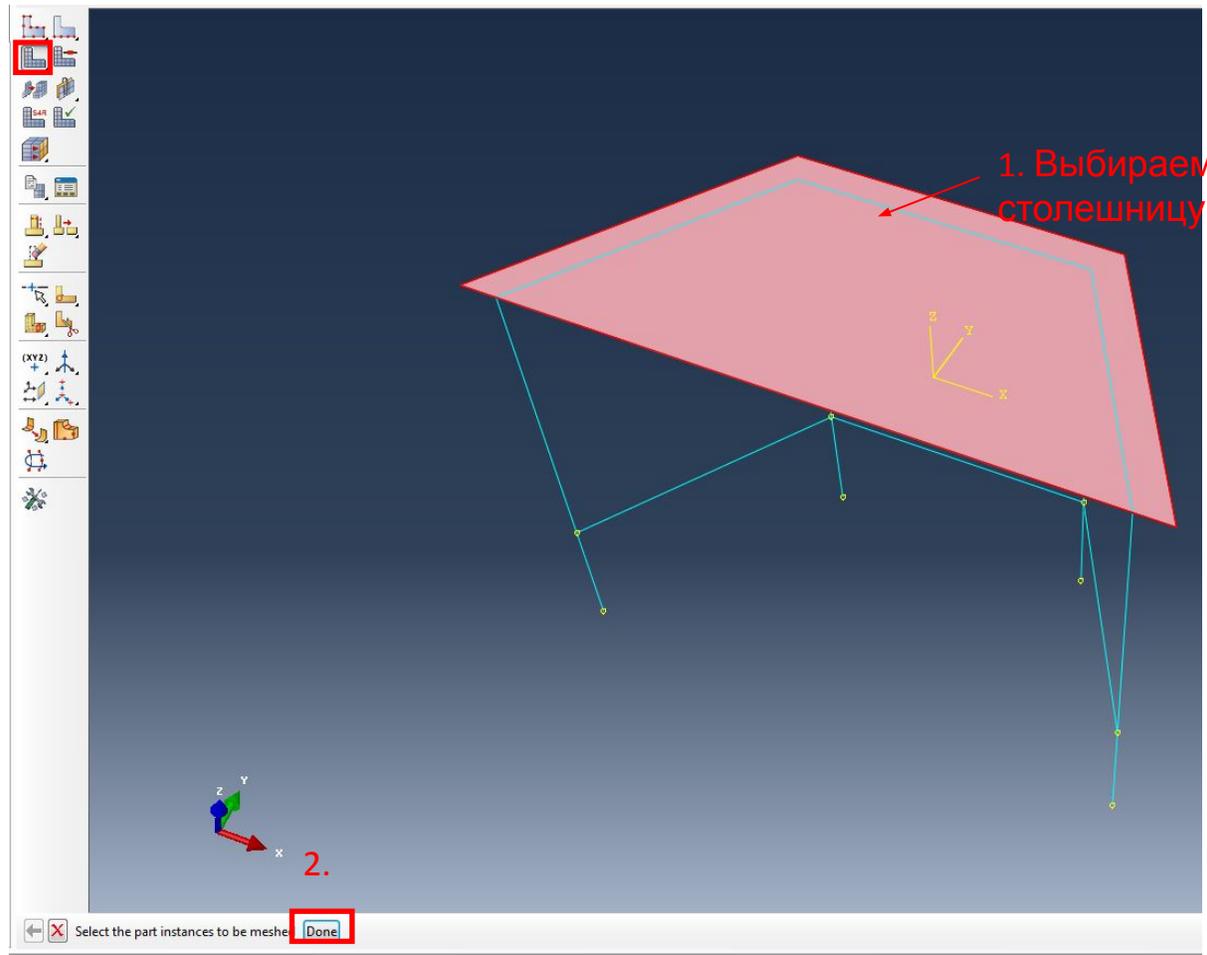


Далее нам нужно заново построить сетку для нашей модели:



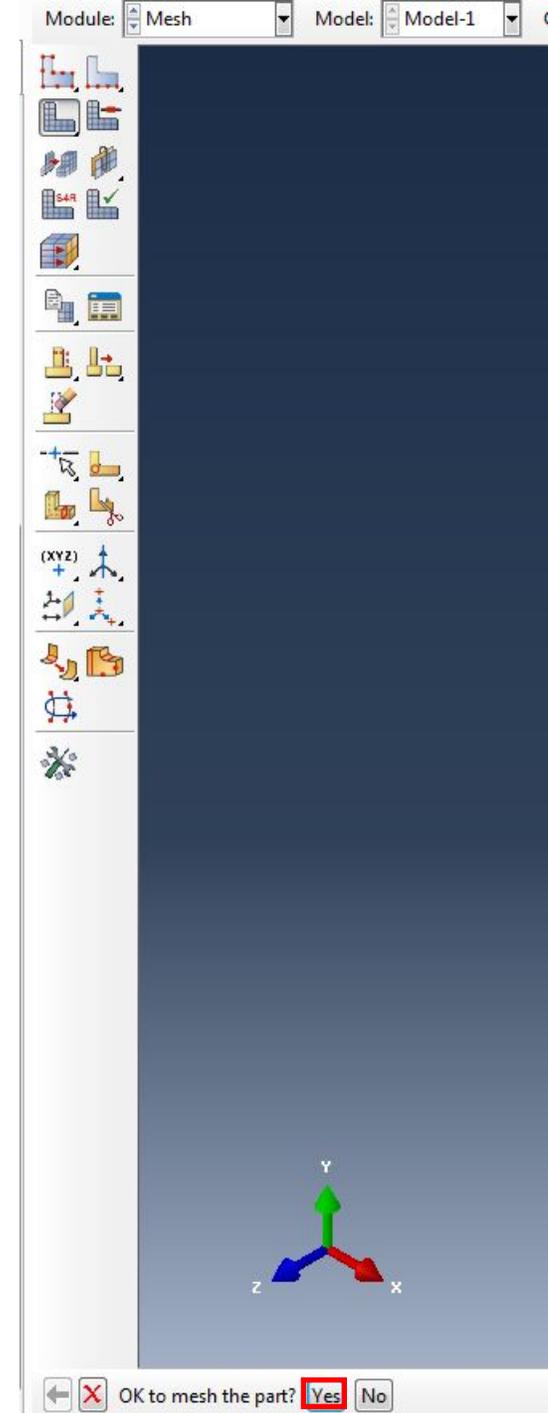
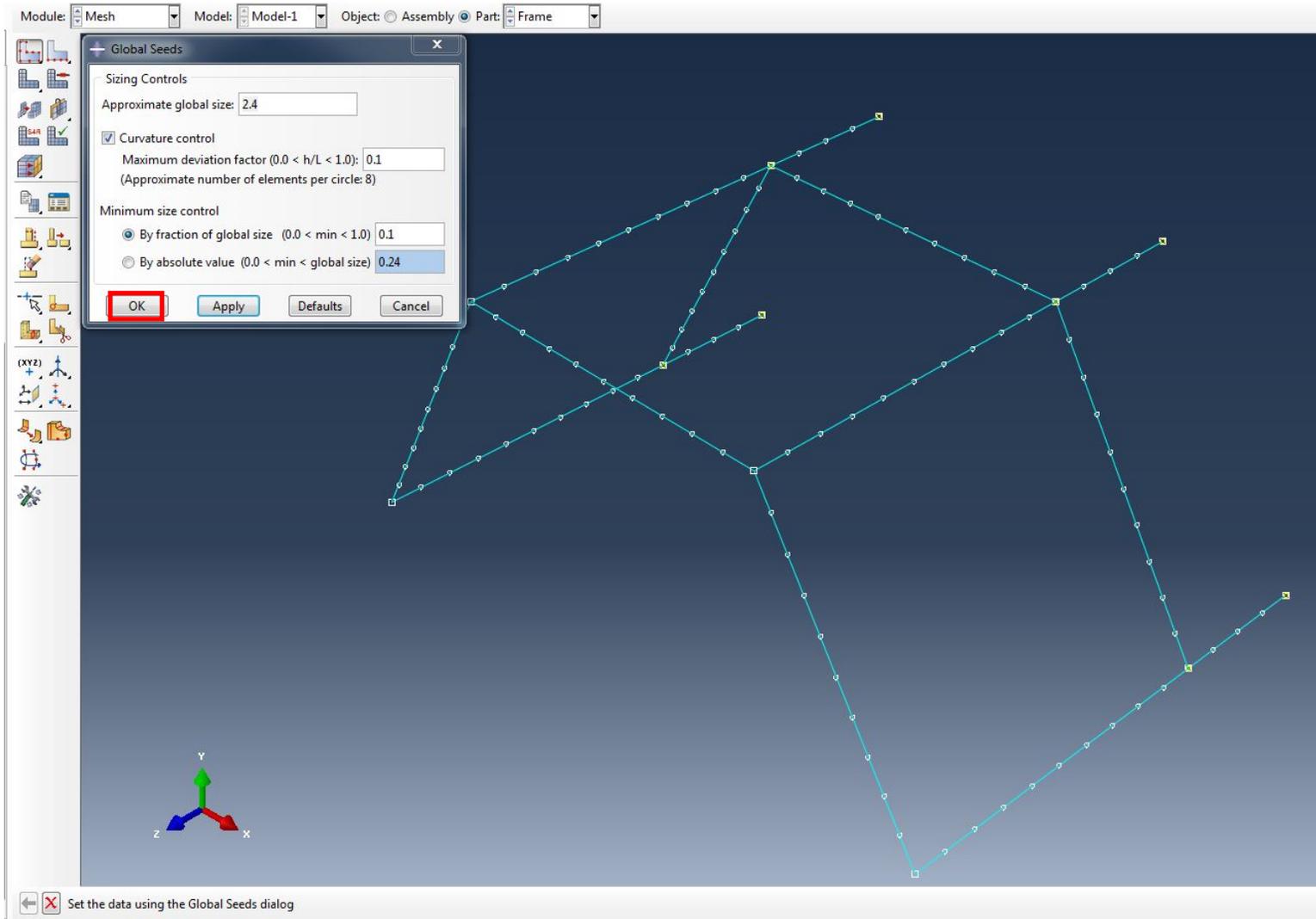


← X Select the part instances to be assigned global seeds Done



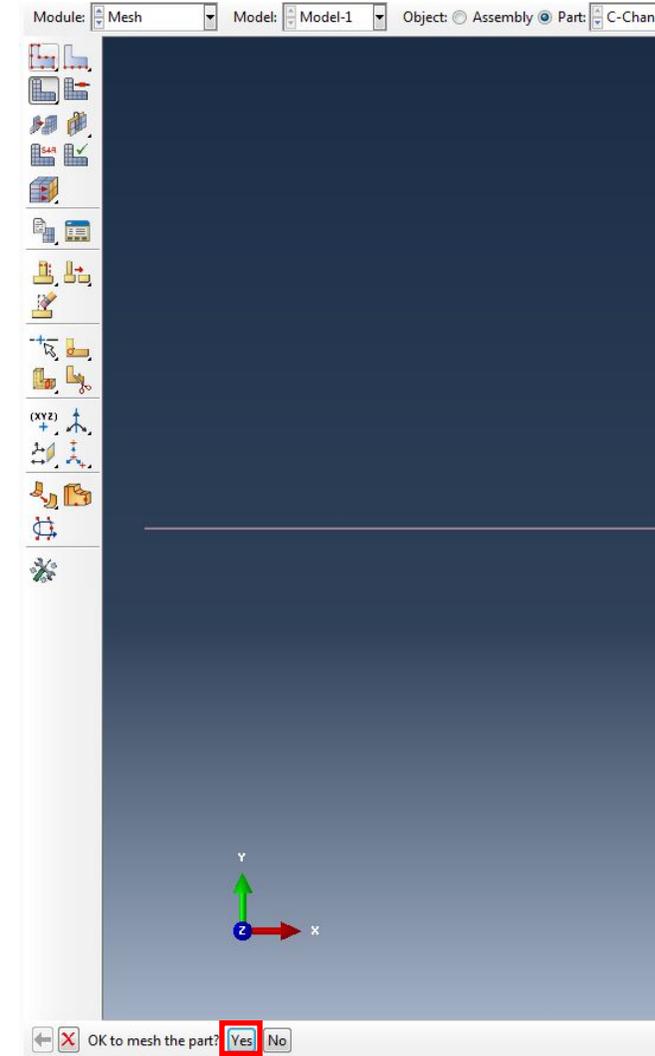
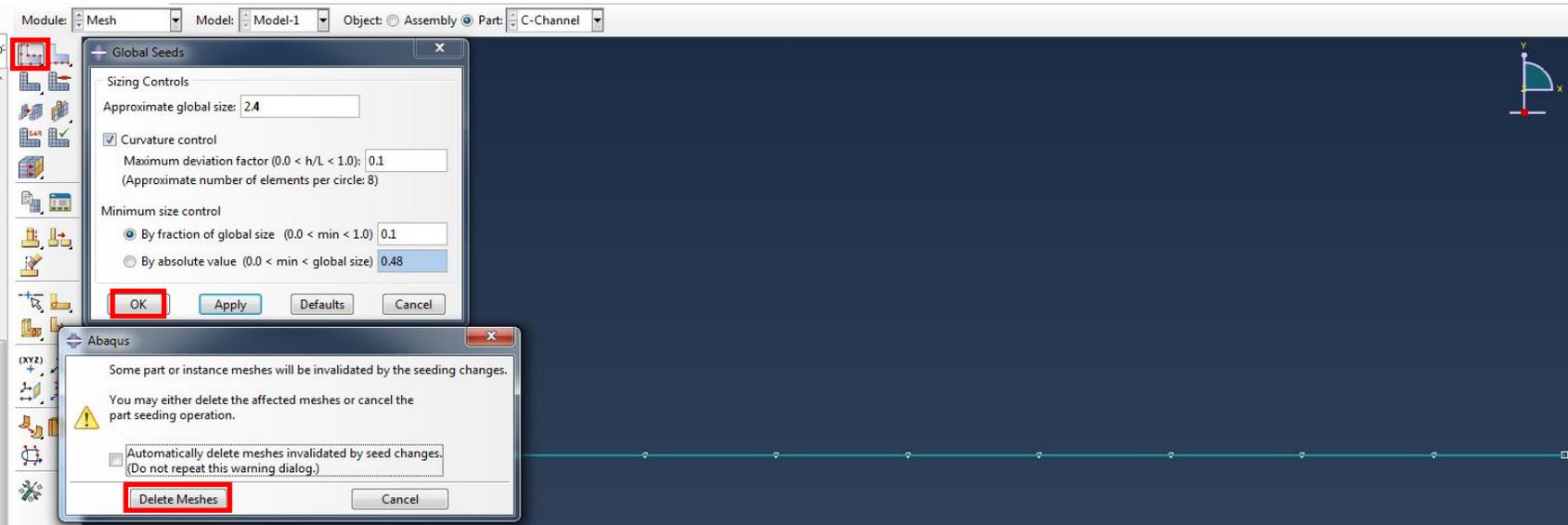


Затем то же самое делаем для каркаса, переключившись на Object = Part:

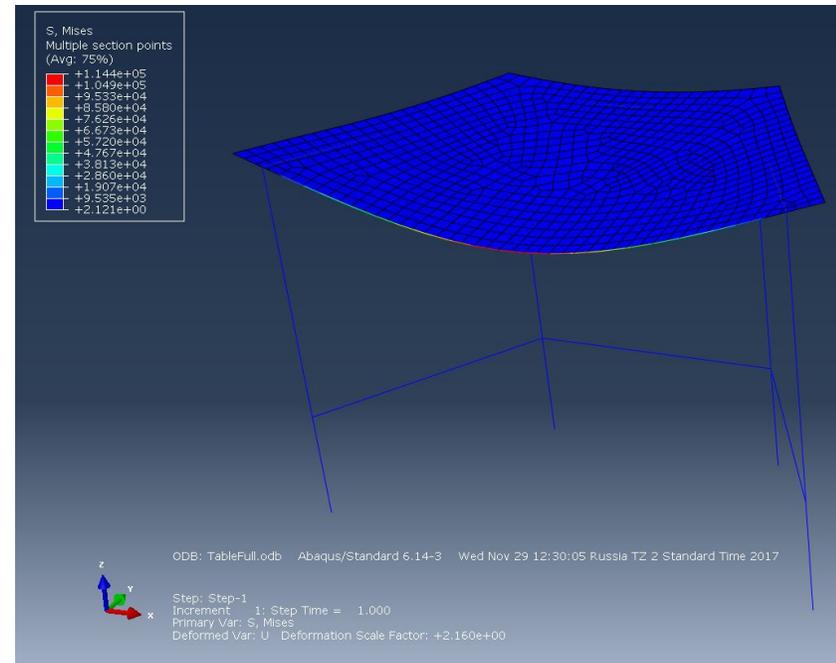
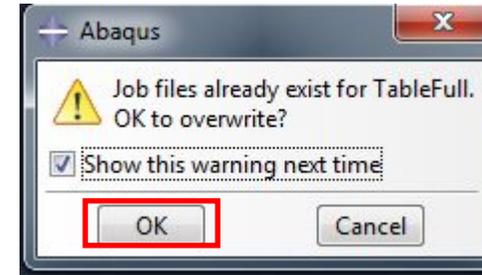
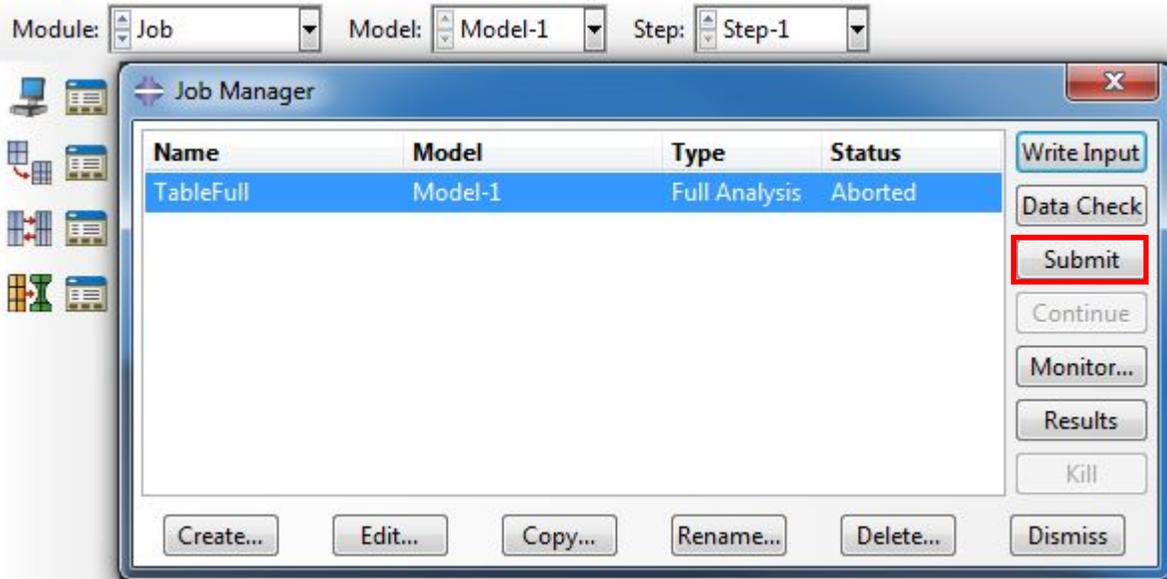




Затем то же самое делаем для усиления, переключившись на Object = Part:

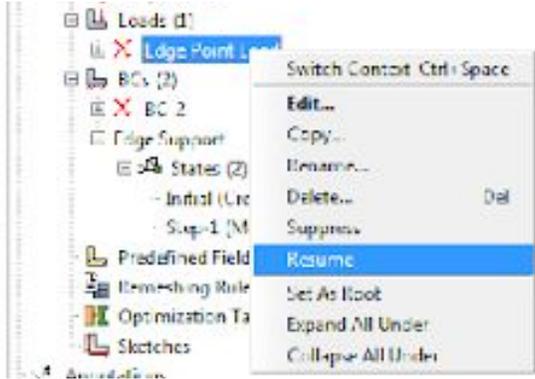
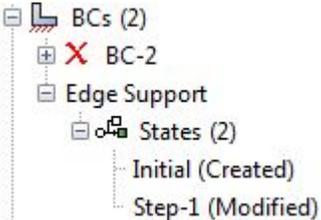


Попробуем перезапустить  
расчет:

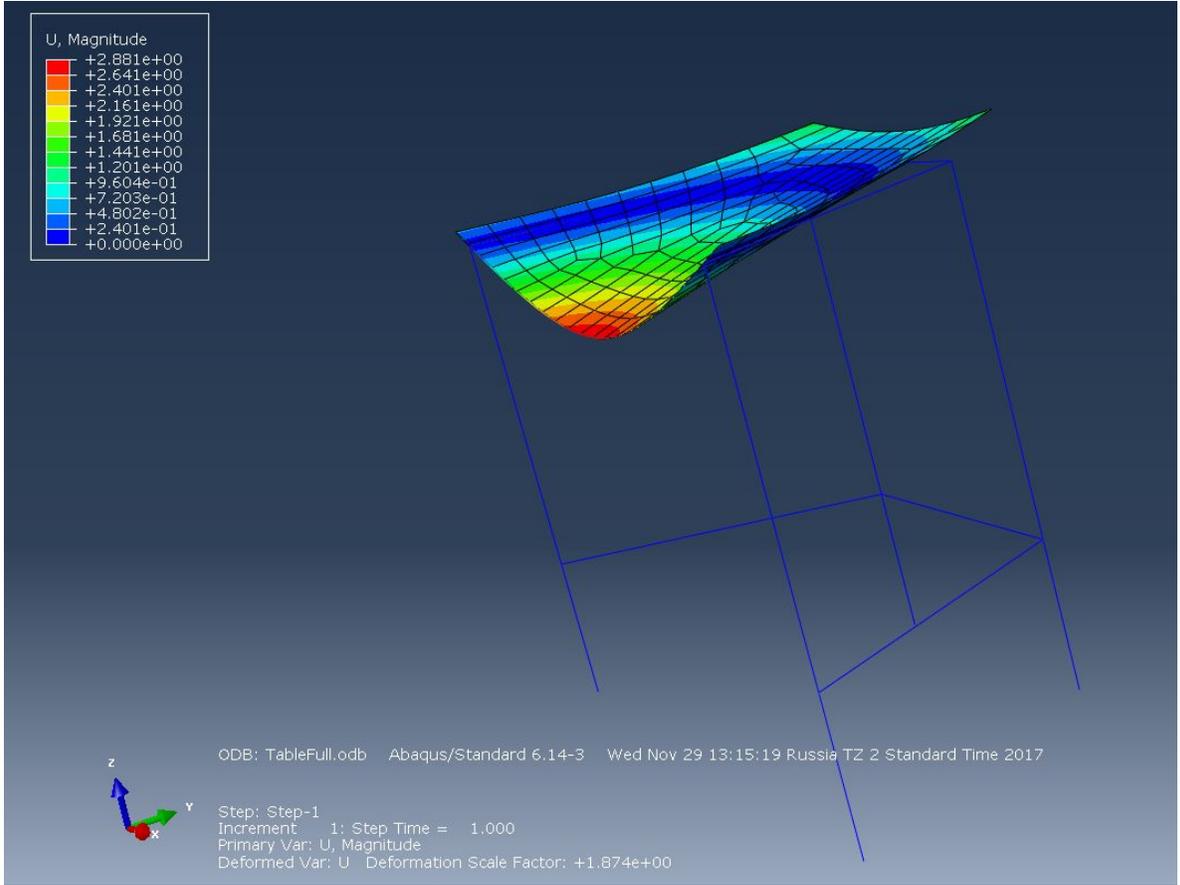
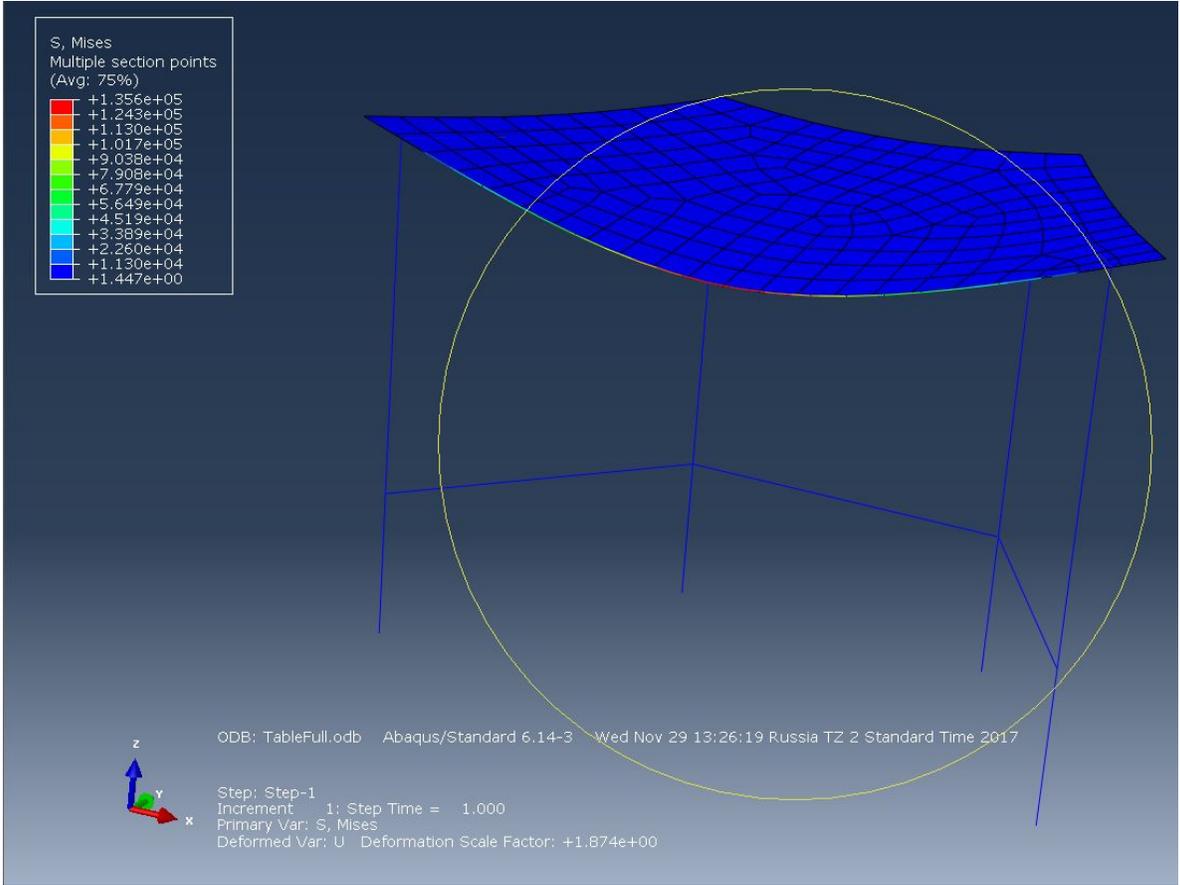


Видим, что модель работает. Но нам нужно, чтобы она работала со средоточенной нагрузкой, а не с фиксированным перемещением!

Далее убираем фиксированное перемещение (BCs-2), активируем заново нашу сосредоточенную нагрузку:



# Выводим результаты:



Процедура Debugging'a:

- 1) Просмотрите Warnings /Предупреждения/
- 2) Просмотрите Notes /Примечания/ во вкладках Data File и Message File;
- 3) Не действуйте вслепую - старайтесь увязывать каждый шаг друг с другом!
  - a) Отредактируйте BCs /граничные условия/
  - b) Замените силы на фиксированные перемещения
- 4) Проверьте BCs /граничные условия/
- 5) Проверьте Constraints (tie)
- 6) Проверьте Interfaces (contact)
- 7) Проверьте Mesh Sizes (уменьшите размер элементов)
- 8) Проверьте материалы (когда конструкция слишком неустойчива)