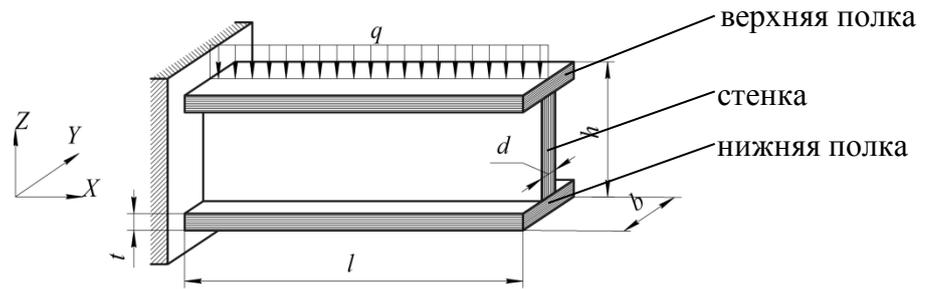


Лабораторная работа №2
Моделирование элементов конструкций из гибридных композитов в ANSYS Composite PrePost



Задание 1: провести оценку НДС слоистой двутавровой гибридной балки со следующей структурой:

Структура укладки слоев в двутавровой балке с 6-слойной полкой

Часть двутавровой балки	Количество слоев	№ слоя	Угол укладки, градусы	Материал слоя
Полка нижняя	6	1	15	у/п (углепластик)
		2	-45	с/п (стеклопластик)
		3	-15	у/п
		4	45	с/п
		5	90	с/п
		6	90	с/п
Стенка	4	1	0	с/п
		2	0	с/п
		3	0	с/п
		4	0	с/п
Полка верхняя	6	1	90	с/п
		2	90	с/п
		3	-45	с/п
		4	15	у/п
		5	45	с/п
		6	-15	у/п

материал слоев – однонаправленные углепластик и стеклопластик, толщина слоев $h = 0,2$ мм, длина двутавра $l = 500$ мм, ширина двутавра $b = 40$ мм, высота двутавра $h = 100$ мм. Крепление – консольное, нагрузка – давление величиной 100000 Па.

(!) Подробно процесс моделирования композитных конструкций представлен в предыдущей лабораторной работе (№1). Здесь и далее будут рассмотрены лишь некоторые особенности моделирования сложных конструкций, таких как двутавровые гибридные композитные балки. В связи с этим, при возникновении каких-либо вопросов **рекомендуется обращаться к лабораторной работе №1.**

Первым делом добавляем в активную библиотеку используемых материалов в модуле **Engineering Data** однонаправленные углепластик и стеклопластик.

The screenshot displays the ANSYS Workbench Engineering Data interface. The main window is titled "km 2 - Workbench" and shows the "Engineering Data" section. The "Outline of Schematic A2: Engineering Data" table is visible, with the following rows:

	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source		Description
2	Material				
3	Epoxy Carbon UD (230 GPa) Prepreg				
4	Epoxy E-Glass UD				
5	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
=	Click here to add a new material				

The "Properties of Outline Row 3: Epoxy Carbon UD (230 GPa) Prepreg" table is also visible, showing the following properties:

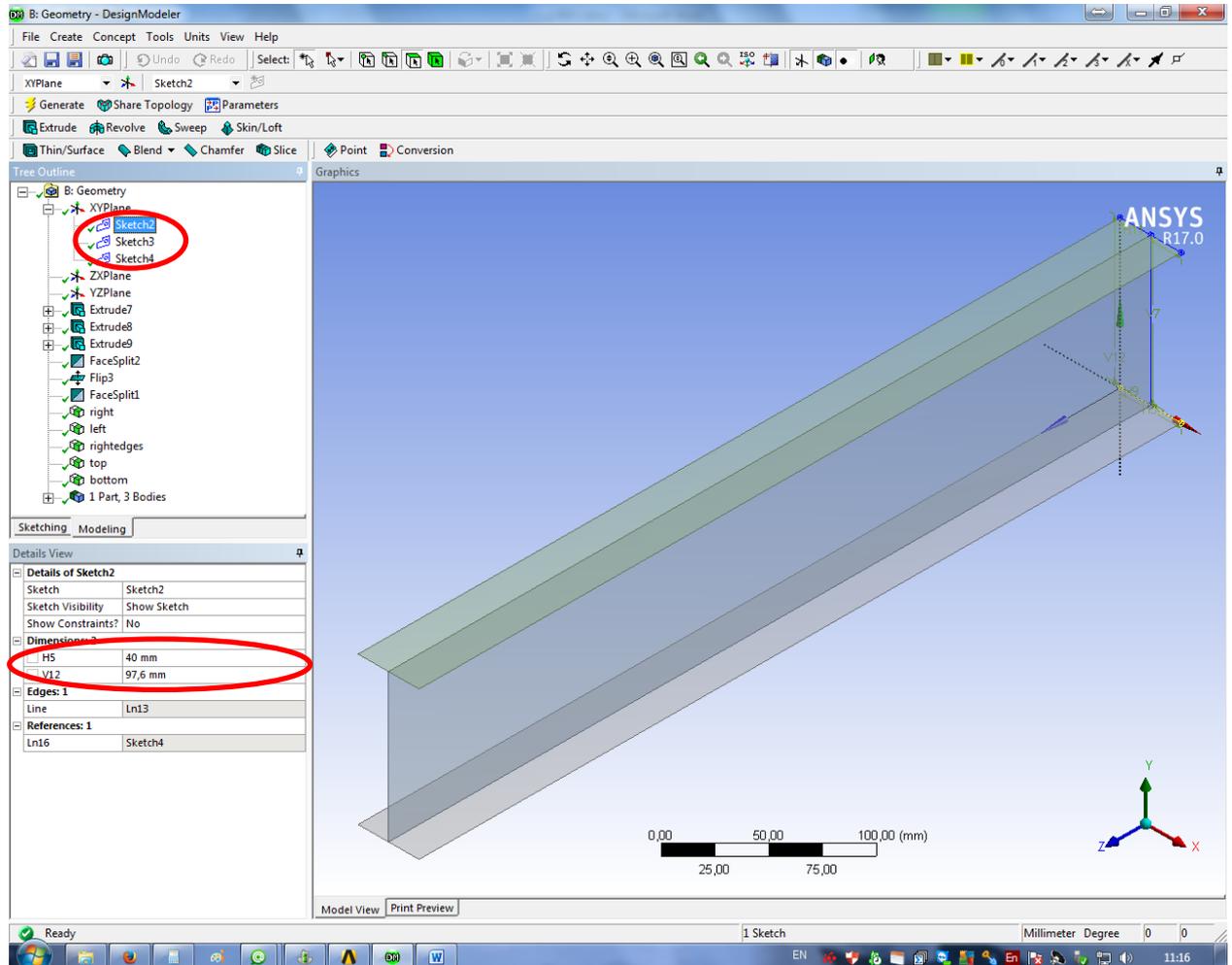
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	1,49E-09	mm^-3 t		
3	Orthotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
9	Orthotropic Elasticity				
19	Orthotropic Stress Limits				
29	Orthotropic Strain Limits				
39	Teal-Wu Constants				
43	Puck Constants				
49	Ply Type				
51	Additional Puck Constants				

The "Table of Properties Row 2: Density" table shows the following data:

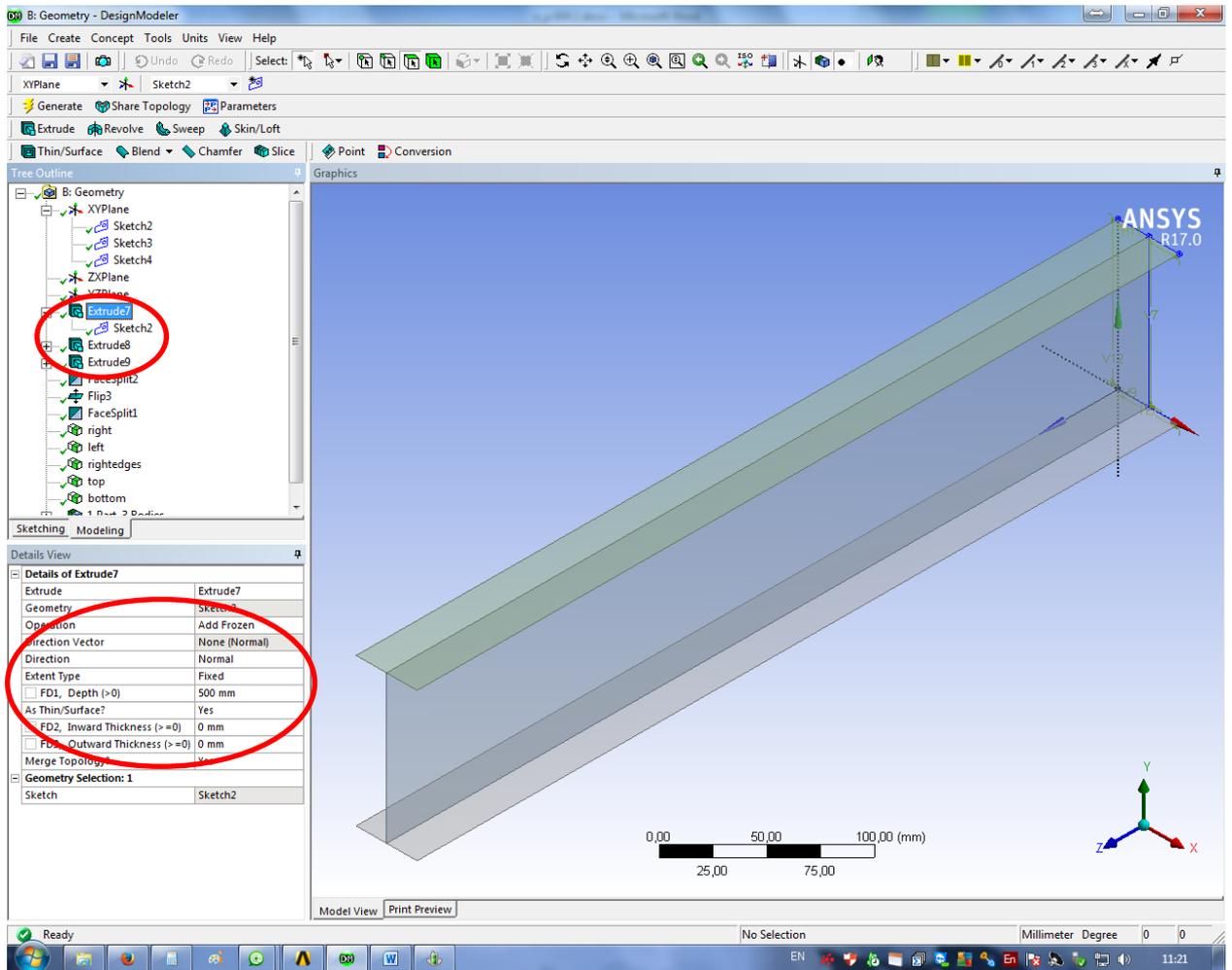
	A	B
1	Temperature (C)	Density (mm^-3 t)
2		1,49E-09
=		

The "Chart of Properties Row 2: Density" shows a plot of Density (x10^9) [kg m^-3] versus Temperature (C). The y-axis ranges from 0.8 to 2.2, and the x-axis ranges from -1 to 1. A red dot is plotted at (0, 1.49), representing the density value at 0 degrees Celsius.

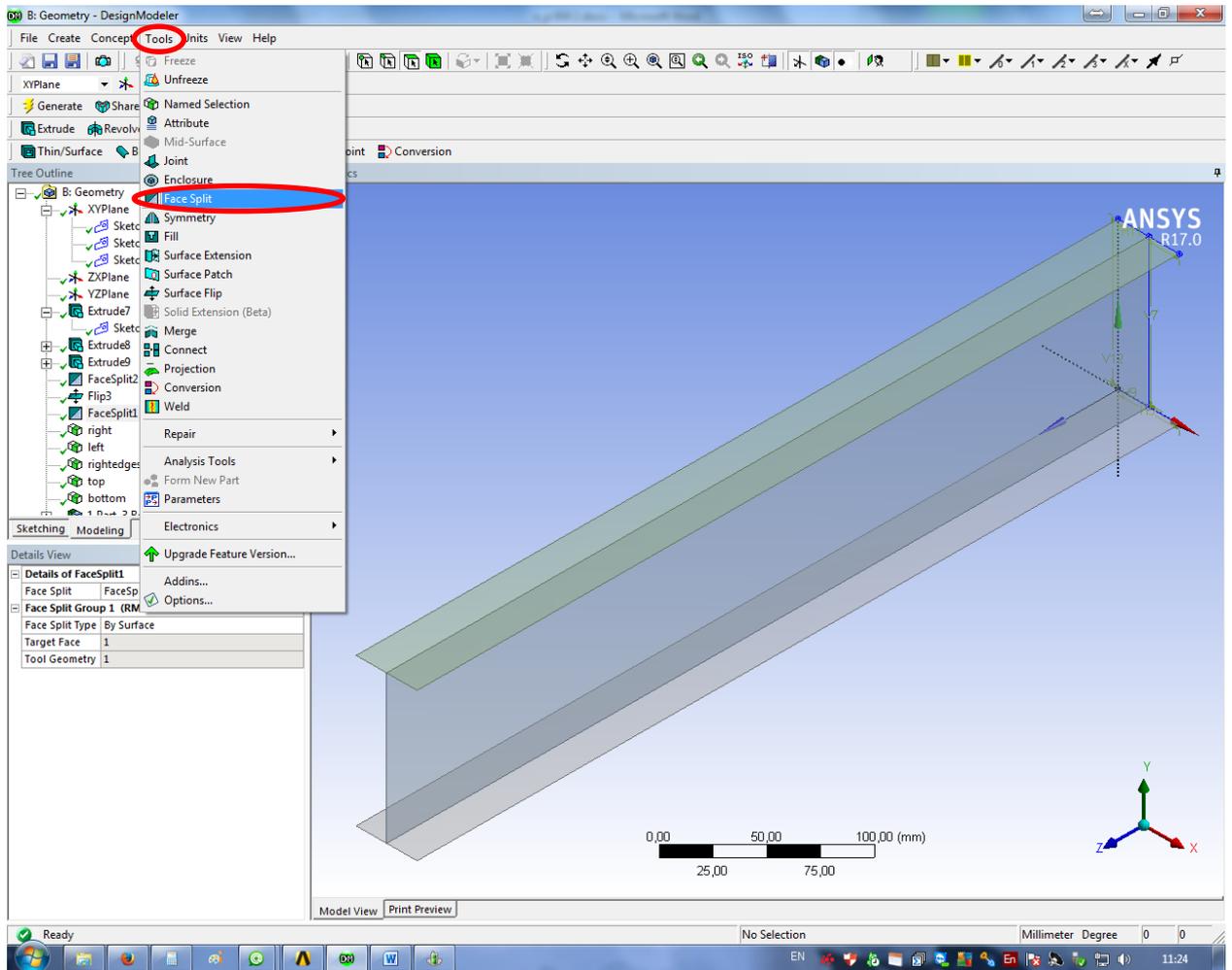
Исходной моделью для композита должно быть тело из поверхностей. Для того чтобы построить двутавр, состоящий из поверхностей, необходимо сделать 3 отдельных эскиза для каждой из линий поперечного сечения двутавра. Длины **горизонтальных** линий составляют по **40 мм**, а длина **вертикальной** линии – **97,6 мм**. Это обусловлено тем, что мы строим базовую поверхность, от которой будет производиться выкладка.



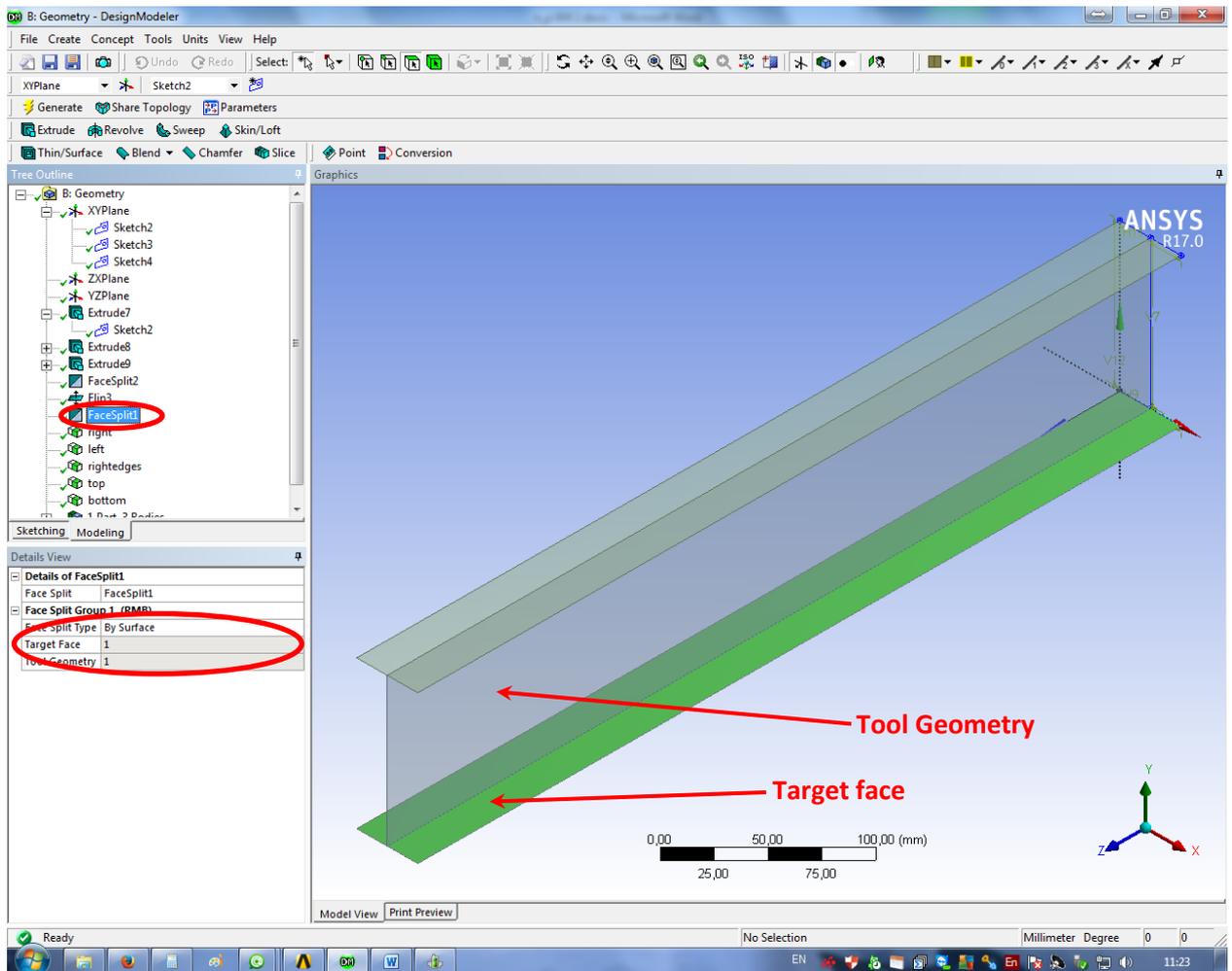
Необходимо выдать все три поверхности с параметрами, указанными на рис. ниже.



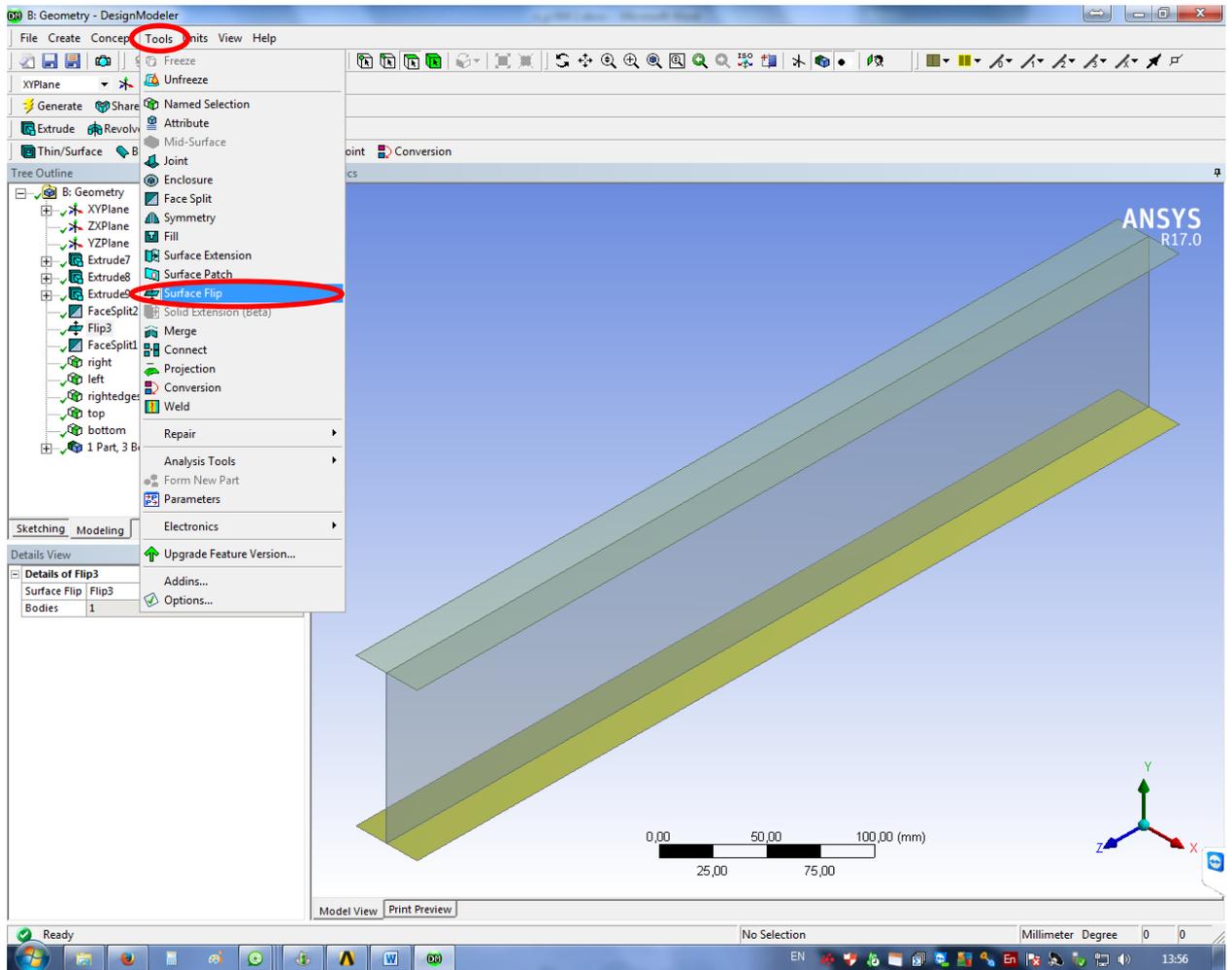
Для того, чтобы разделить на 2 части верхнюю и нижнюю полки двугавра, необходимо воспользоваться функцией **Face Split**.

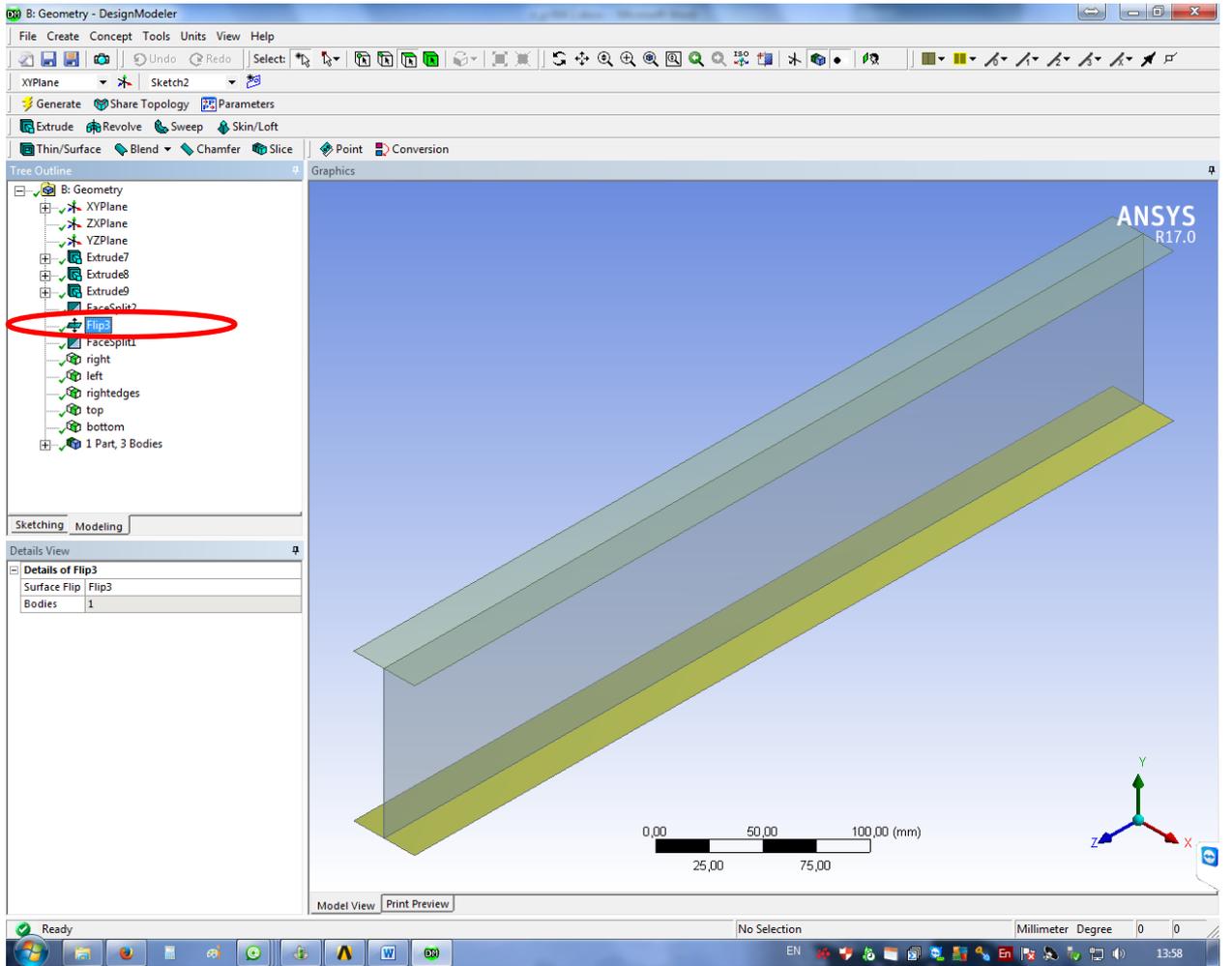


Параметры опции **Face Split** представлены на рис. далее.



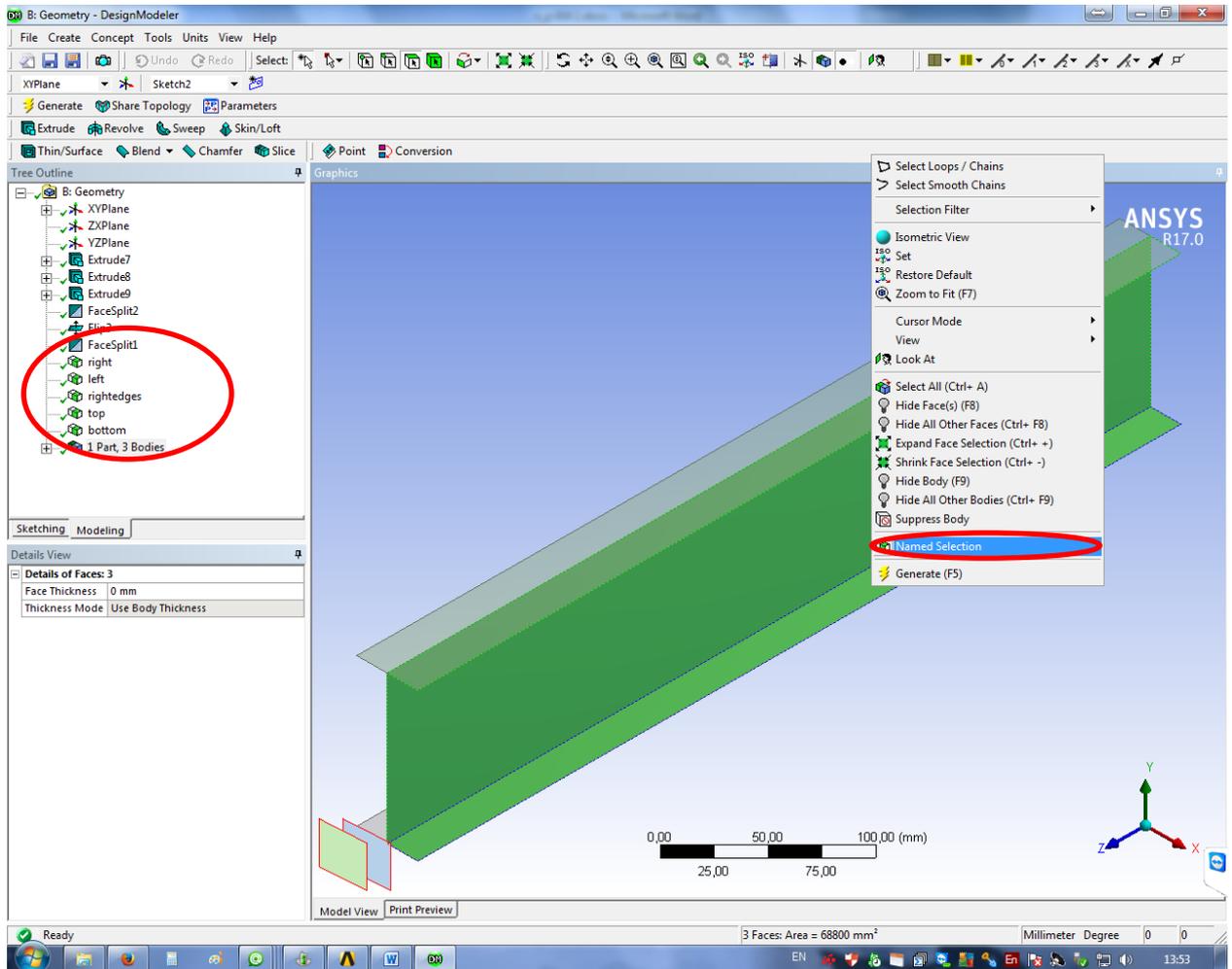
Используем функцию **Surface Flip** для того, чтобы изменить направление нормали нижней полки двутавра.



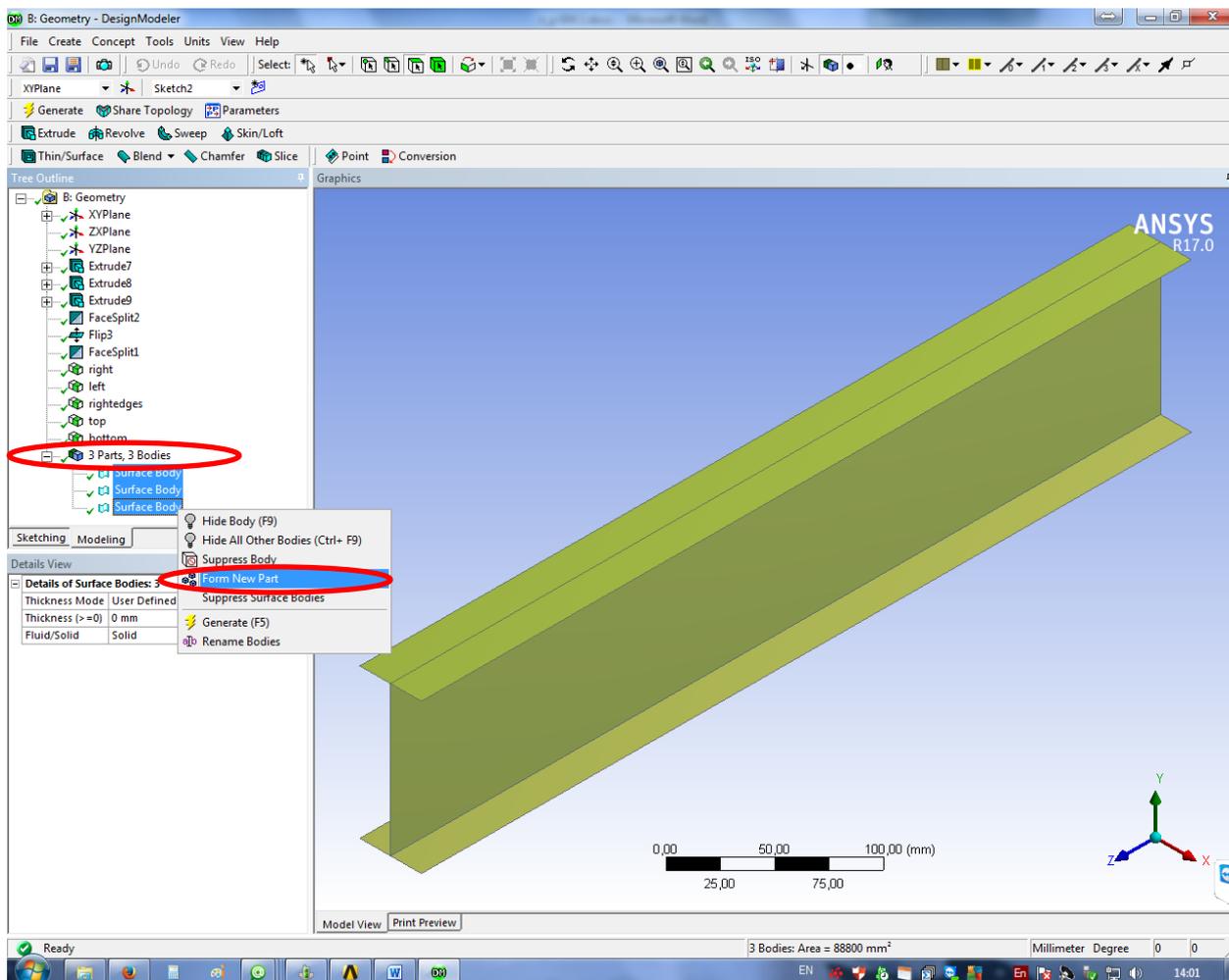


Создаем именованные выборки (**Named Selection**) всех частей двутавра, от которых будет осуществляться выкладка:

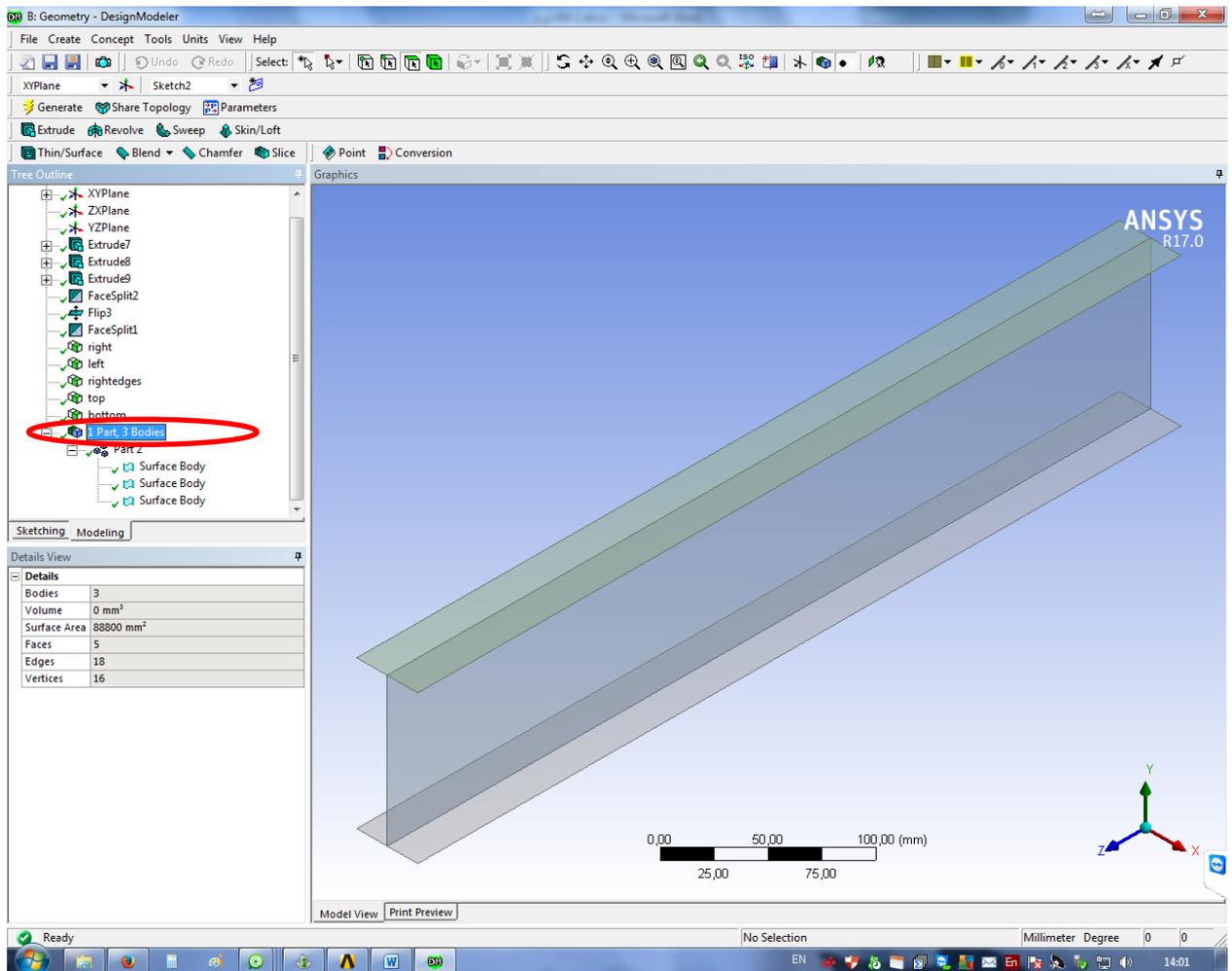
- верхняя полка,
- нижняя полка,
- правая часть верхней полки + стенка + правая часть нижней полки,
- левая часть верхней полки + стенка + левая часть нижней полки.



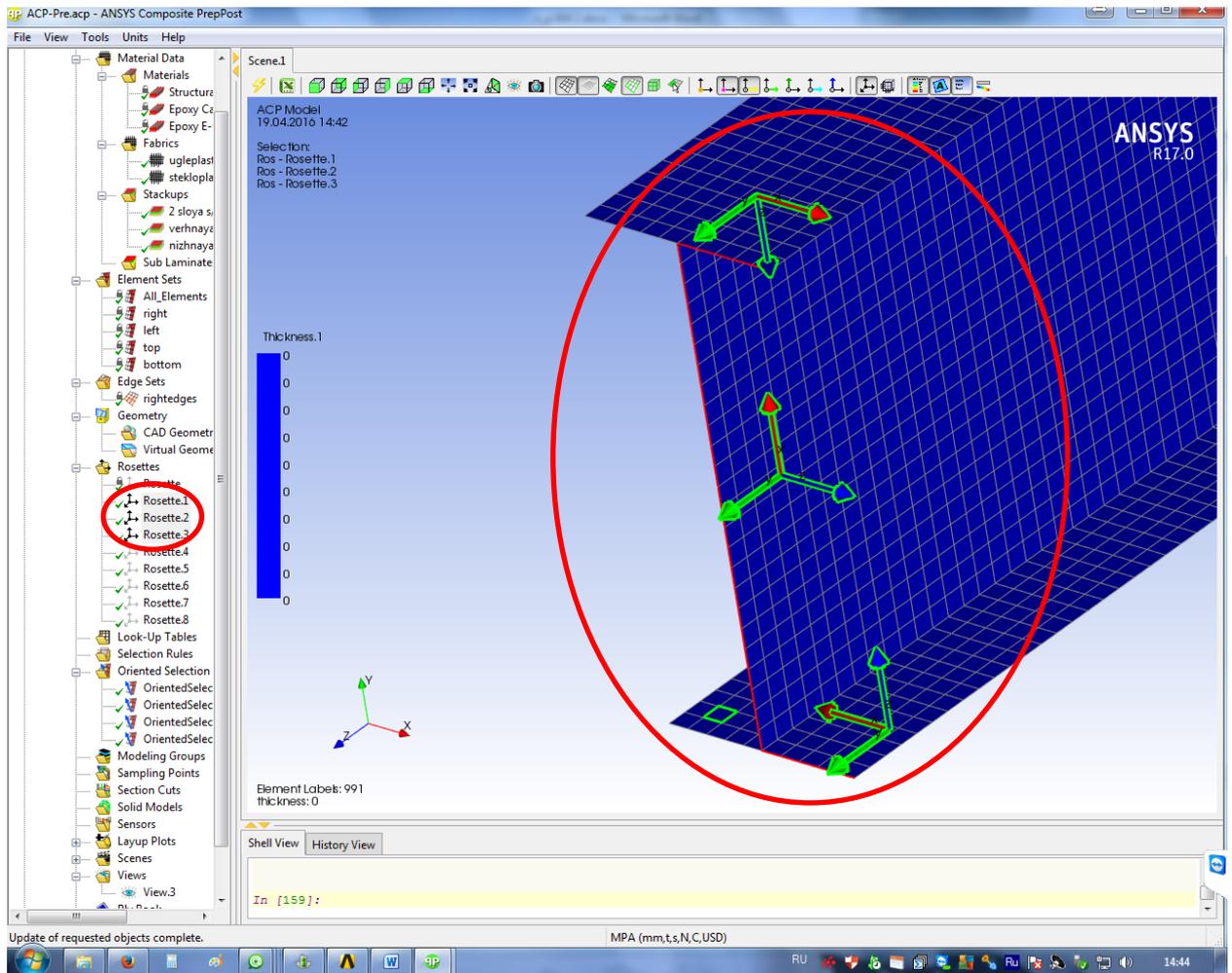
Объединяем разрозненные элементы (поверхности) в единый узел.



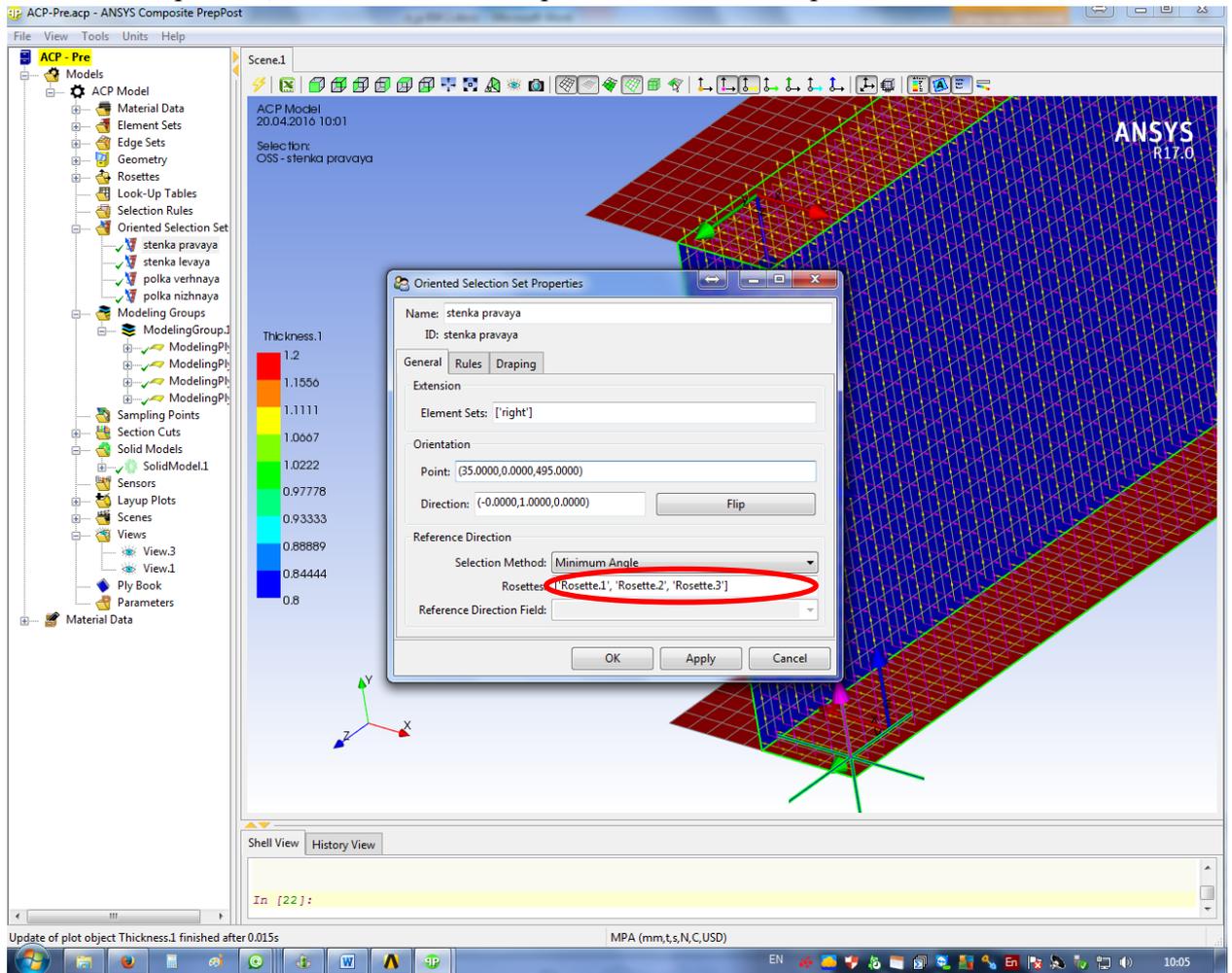
После объединения надпись должна быть следующей: **1 Part, 3 Bodies.**



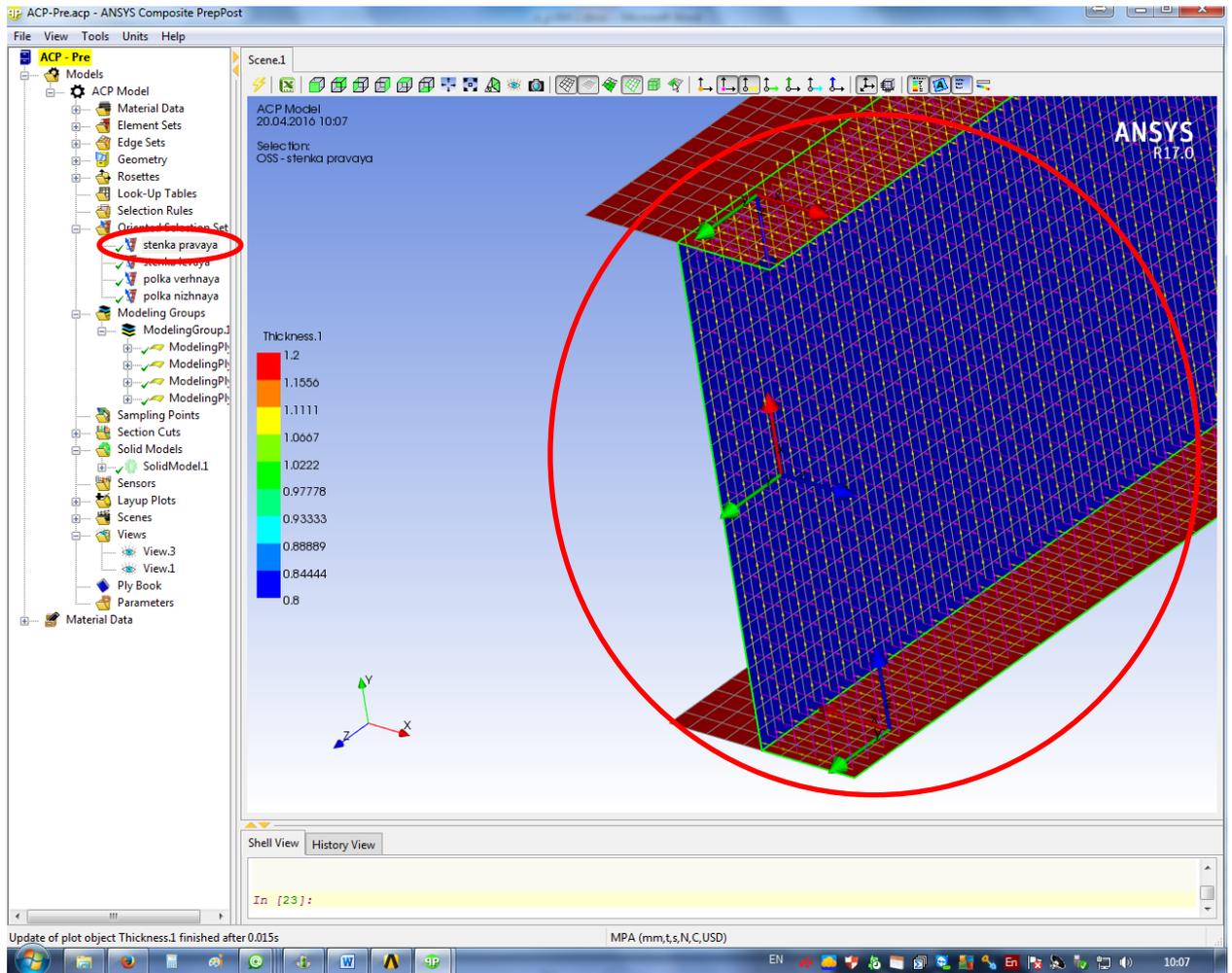
Создаем дополнительные системы координат для выкладки слоев стенки для правой части двутавра.



При создании ориентированного набора элементов необходимо указать все 3 системы координат, необходимые для ориентации слоев в правой части стенки.



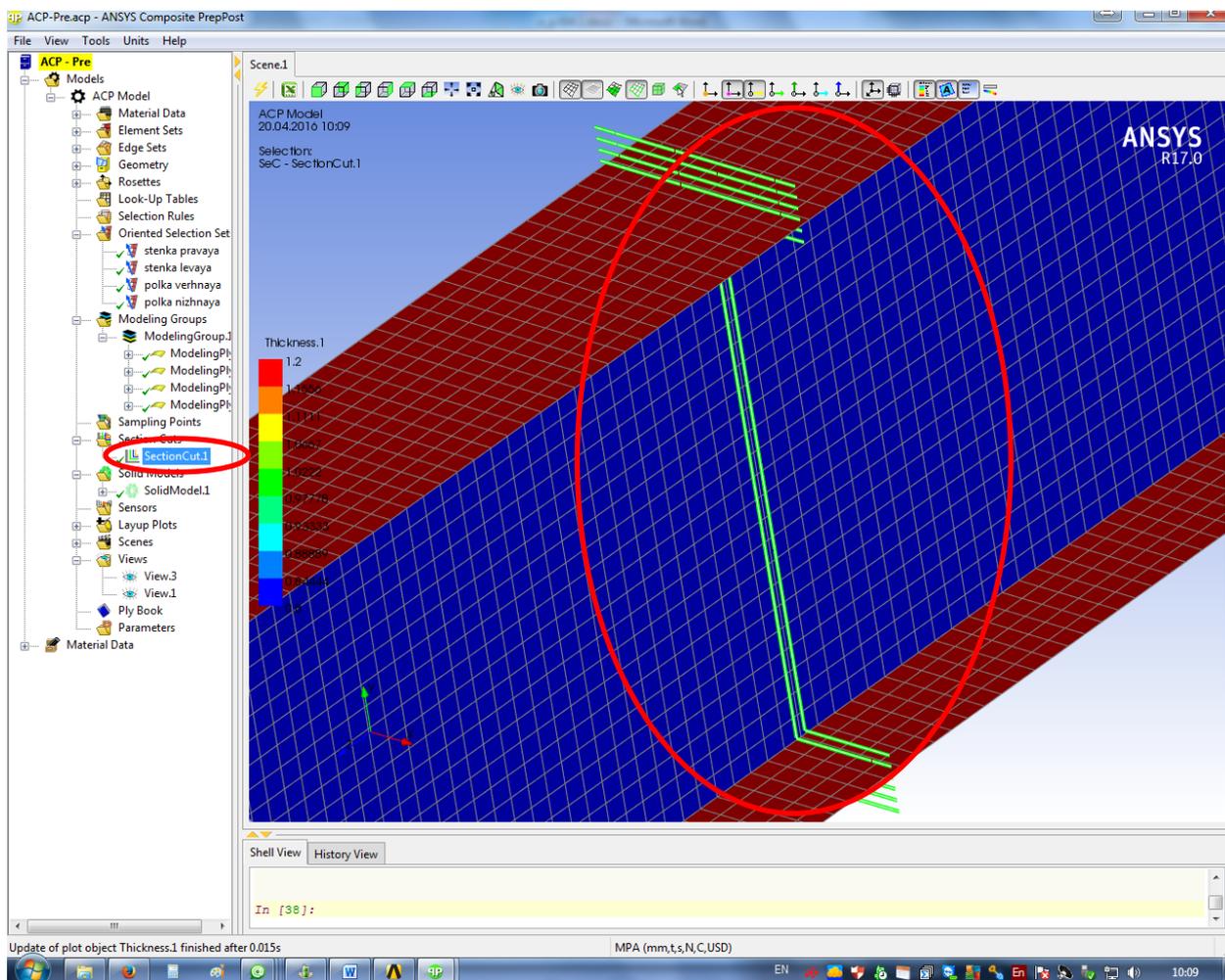
Результат ориентирования представлен на рис. ниже.



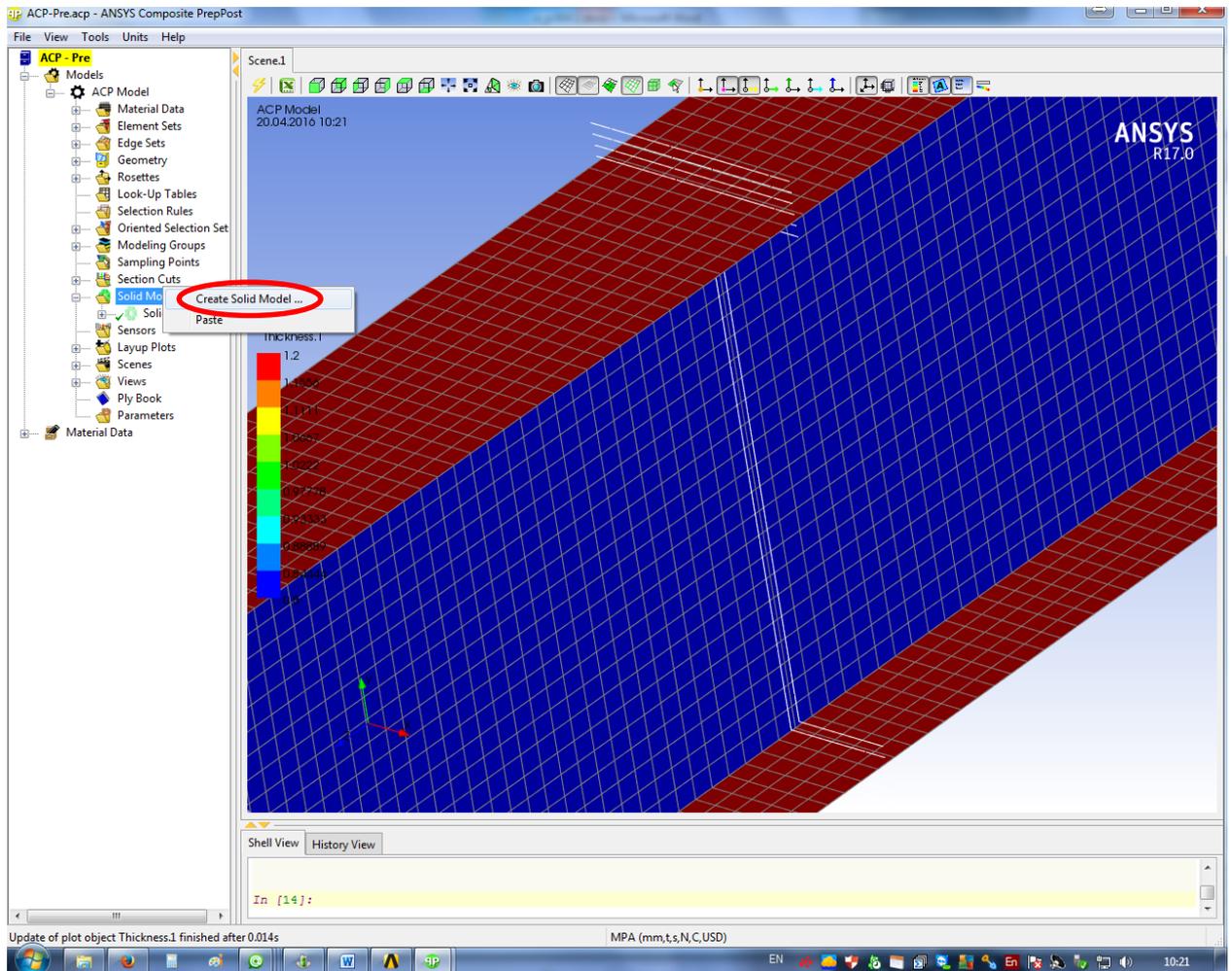
Далее делается все аналогично для остальных частей двутавра. После этого производится выкладка. При производстве выкладки важно сохранить правильную последовательность действий:

- сначала выкладываем правую часть стенки двутавра;
- затем левую часть стенки двутавра;
- затем верхнюю полку;
- затем нижнюю полку.

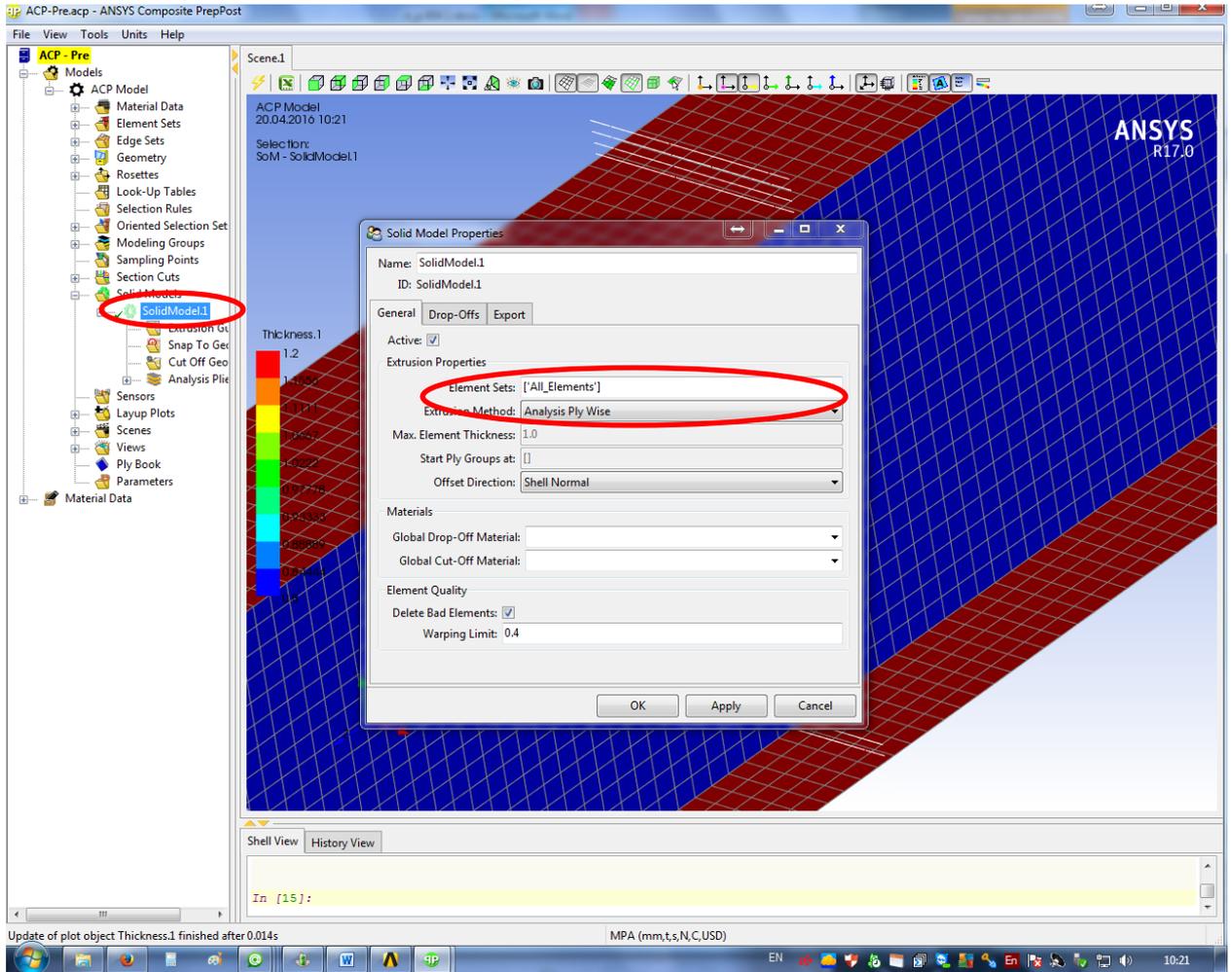
Результат выкладки представлен на рис. далее.



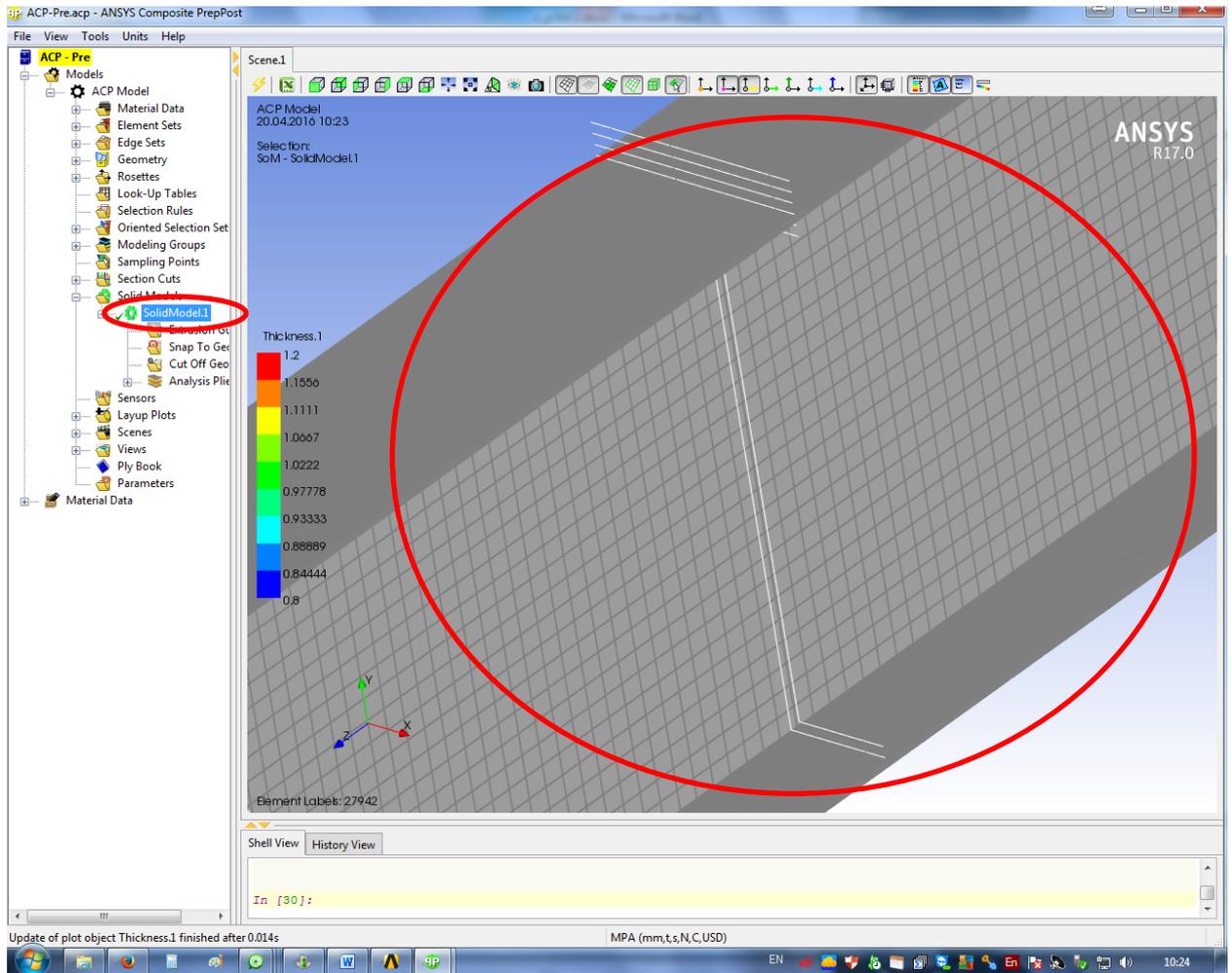
Даже при столь небольшом количестве слоев двутавровая балка в силу своей конструкции уже недостаточно хорошо соответствует понятию «пластина» или «оболочка» (**Surface Body**). В связи с этим необходимо сделать твердотельную модель двутавра (**Solid Body**) прежде чем переходить к расчетам.



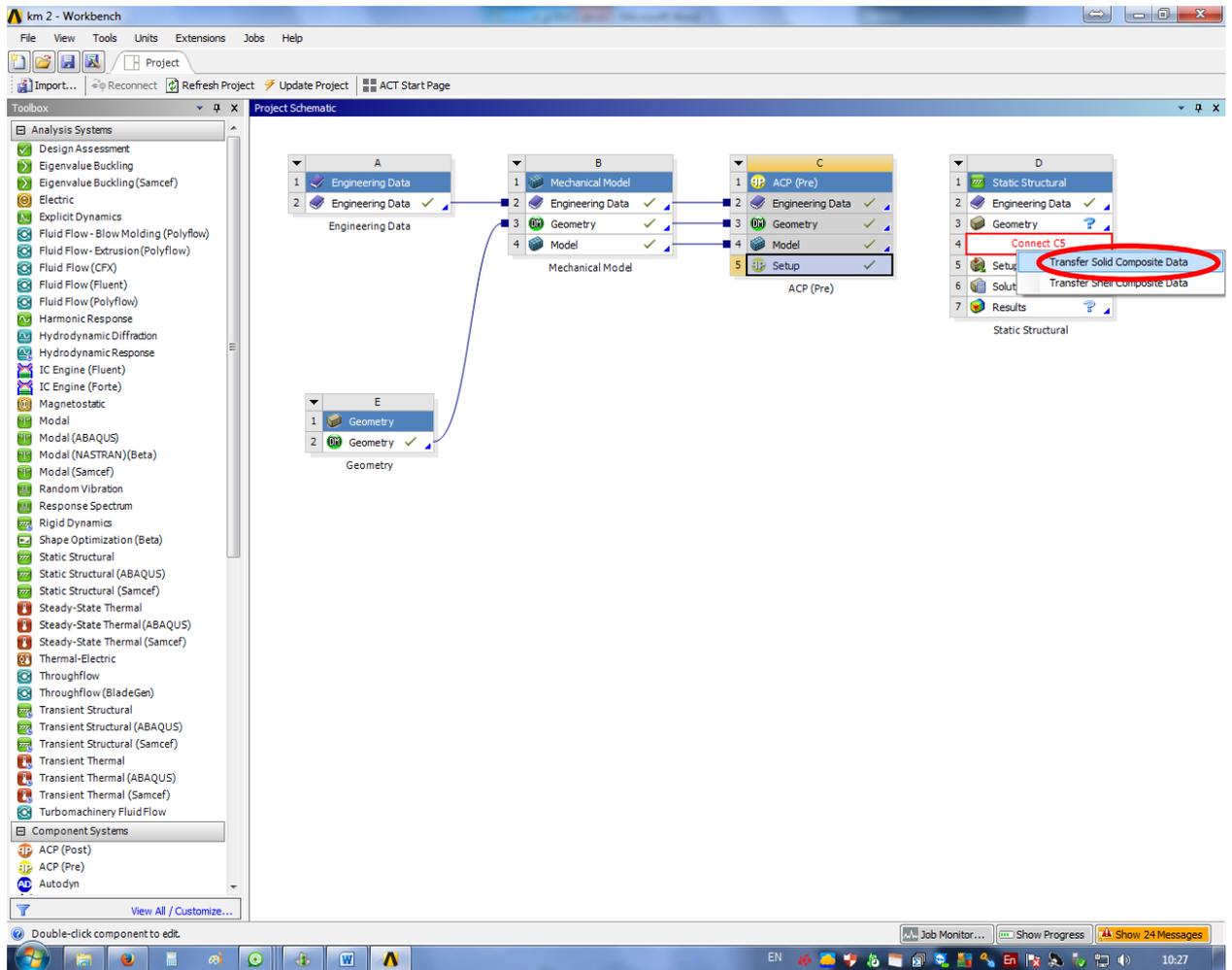
Проверяем опции создания твердотельной модели:



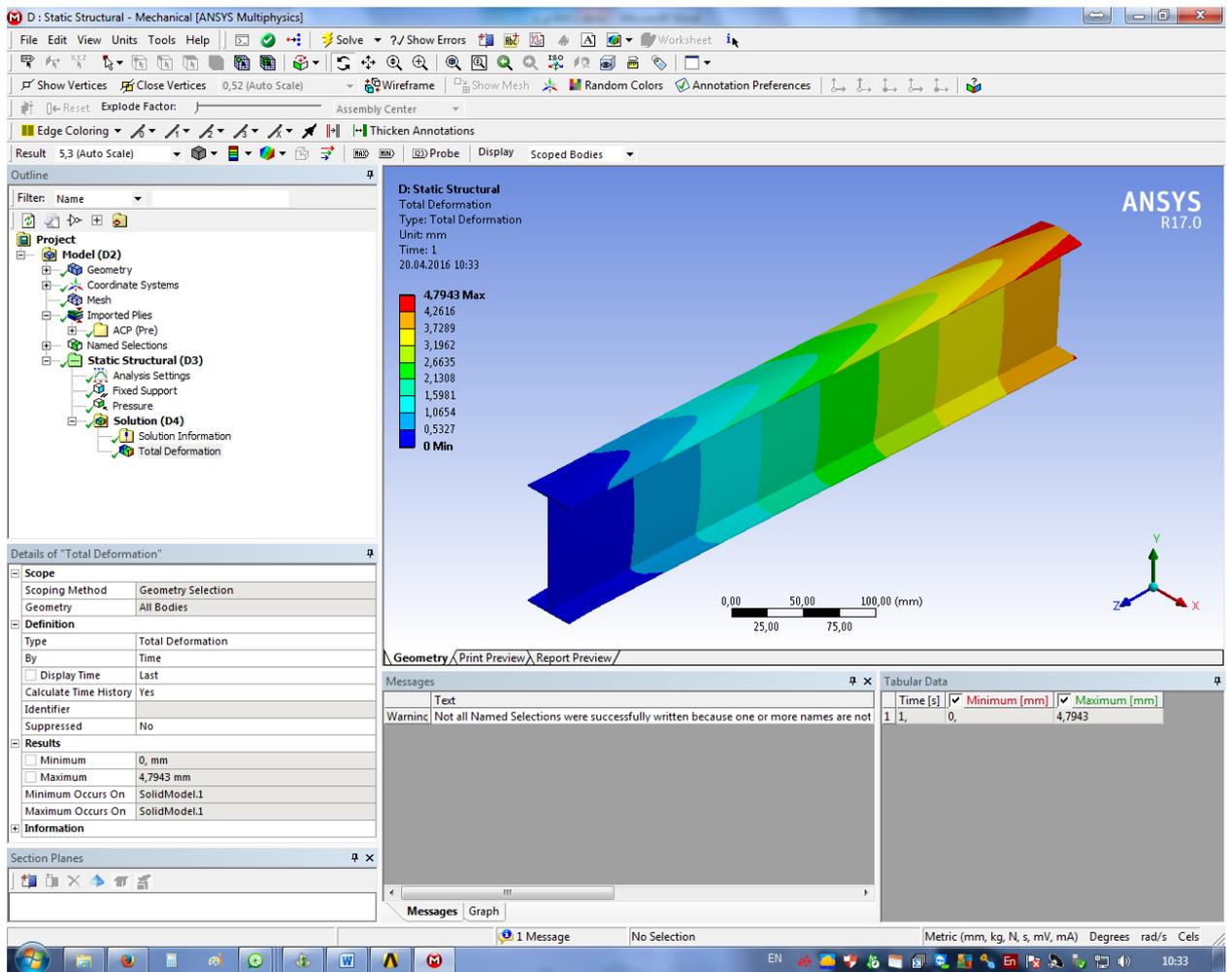
Результат создания твердотельной модели представлен на рис. ниже.



При передаче модели в модуль Static Structural необходимо проследить за тем, чтобы была передана именно твердотельная объемная (Solid), а не оболочечная (Shell) модель.



Результат расчета деформированного состояния балки при заданных нагрузке и граничных условиях представлен на рис. далее.



Далее необходимо провести самостоятельный анализ результатов и сделать вывод о прочности и жесткости балки. Допускаемый коэффициент запаса прочности для композитных конструкций $2 \leq [RF] \leq 3$, допускаемый прогиб балки $[\Delta] \leq \frac{l}{250}$.

Задание 2: повторить анализ прочности и жесткости балки в соответствии с заданием 1, но для пластинчатой/оболочечной (**Shell**) модели.

Задание 3: с помощью изменения структуры балки повысить ее прочность и жесткость.

Задание 4: ввести *отклонение угла укладки* внешнего слоя верхней полки двутавра по отношению к укладке, указанной в задании 1, на $+5^\circ$, проанализировать напряженное и деформированное состояние (НДС) двутавра; оценить изменение НДС по отношению к первоначальной структуре;

ввести *нарушение последовательности укладки* двух внешних слоев верхней полки двутавра по отношению к укладке, указанной в задании 1, проанализировать НДС двутавра; оценить изменение НДС по отношению к первоначальной структуре.