

Компьютерный инженерный анализ

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Работа № 1

Тема: Организация многодисциплинарных проектов в среде ANSYS Workbench

Аннотация работы № 1. Дана начальная информация о выполнении многодисциплинарных проектов в среде ANSYS WorkBench версии 15, приведен пример совместного прочностного и вибрационного анализа конструкции.

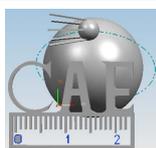
© О.М. Огородникова, 2017

Полная ссылка на данное электронное издание:

Огородникова О.М. Компьютерный инженерный анализ в среде ANSYS Workbench [Электронный ресурс] // Екатеринбург: Техноцентр компьютерного инжиниринга. 2017. 720 с. Режим доступа: <http://www.cae.urfu.ru> свободный.

Содержание

Работа №1. Тема: Организация многодисциплинарных проектов в среде ANSYS Workbench стр.2



Екатеринбург (343) 375 94 03

o.m.ogorodnikova@bk.ru www.cae.urfu.ru

© Техноцентр компьютерного инжиниринга 2017

Как WorkBench соотносится с ANSYS?

ANSYS – пакет программ для компьютерного инженерного анализа проектов методом конечных элементов, который охватывает многие направления расчетного обоснования (механика, гидродинамика, электротехника, электроника и т.д.) и может выполнять многодисциплинарные расчеты.

Workbench – это пользовательская оболочка ANSYS, призванная соединить различные физические модели в одной расчетном проекте и предоставить расчетчику удобный интерфейс.

Рабочая среда Workbench использует окна настроек. Каждое окно управляет функциями и настройками на всех этапах моделирования (создание геометрической модели, генерация расчетной сетки, приложение нагрузки и т.п.).

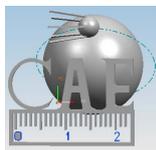
Запуск ANSYS WorkBench

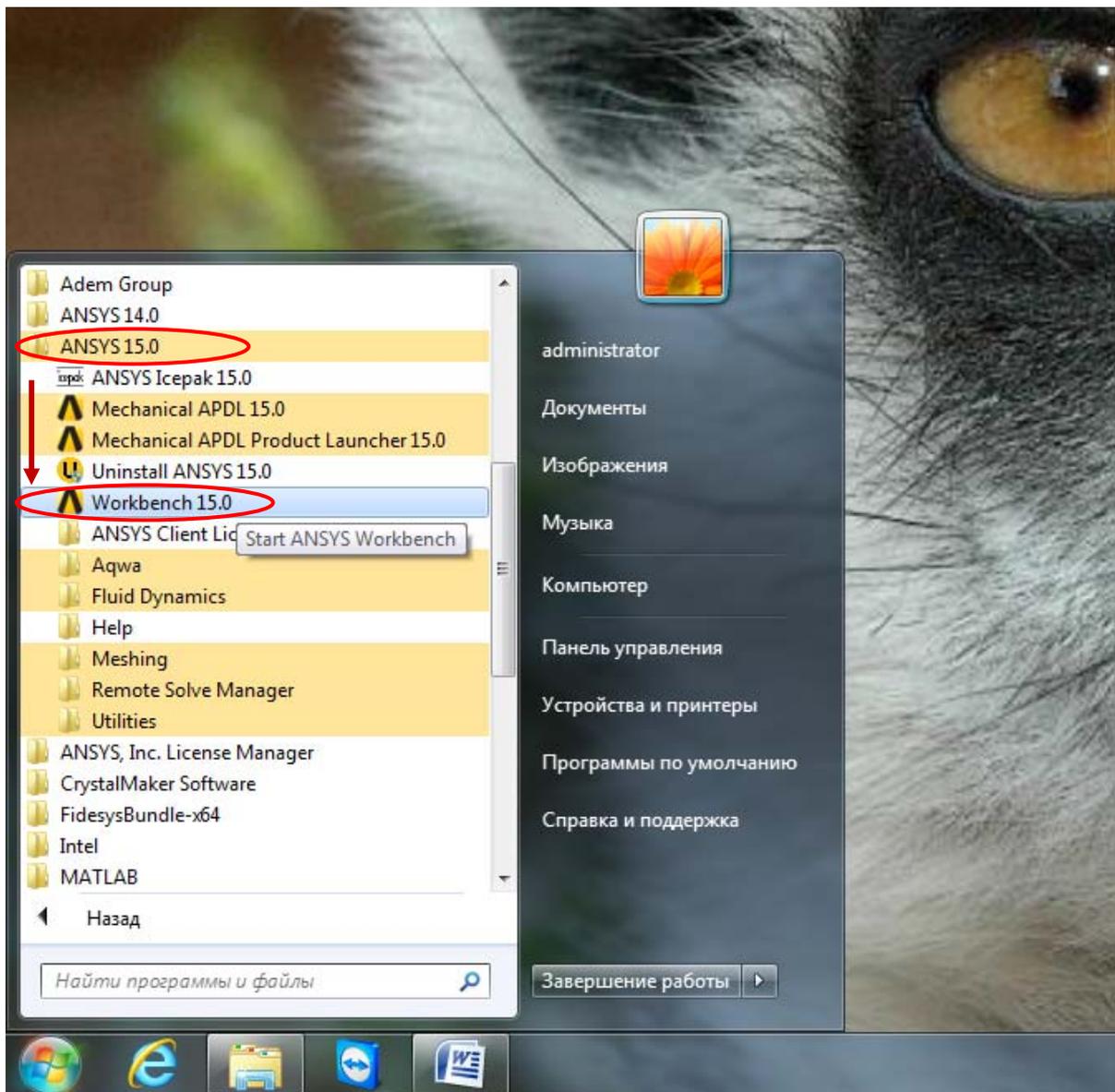
Существует два способа запустить ANSYS Workbench и приступить к работе в интерфейсе.

1. Непосредственно через меню программы CAD, где создается цифровая модель конструкции. Тогда работу можно вести в интегрированной среде CAD/CAE.

Эффективная интеграция предполагает, что при инсталляции ANSYS Workbench был также выбран в списке и инсталлирован прямой транслятор геометрии. Прямой транслятор читает файл геометрии в формате программы CAD без искажений и ошибок, что благоприятно отражается на генерации конечно-элементной сетки.

2. Через стартовое меню Windows. Тогда расчет выполняется в отдельной запускаемой программе CAE, на другом компьютере, независимо от того, в какой программе CAD вы предпочитаете работать (Компас, SolidWorks, Siemens PLM, AutoCAD и т.д.):

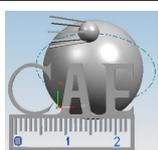




Работая с ANSYS WorkBench как с отдельно стоящей программой, заранее подготовьте геометрический файл для расчетов в формате *.x_t или *.igs. Постройте деталь или сборку в программе CAD и транслируйте в один из указанных форматов из интерфейса CAD.

ANSYS WorkBench содержит средства управления многодисциплинарными проектами. Каждый этап проекта доступен через выделенное табулированное окно, которое загружает соответствующий расчетный модуль.

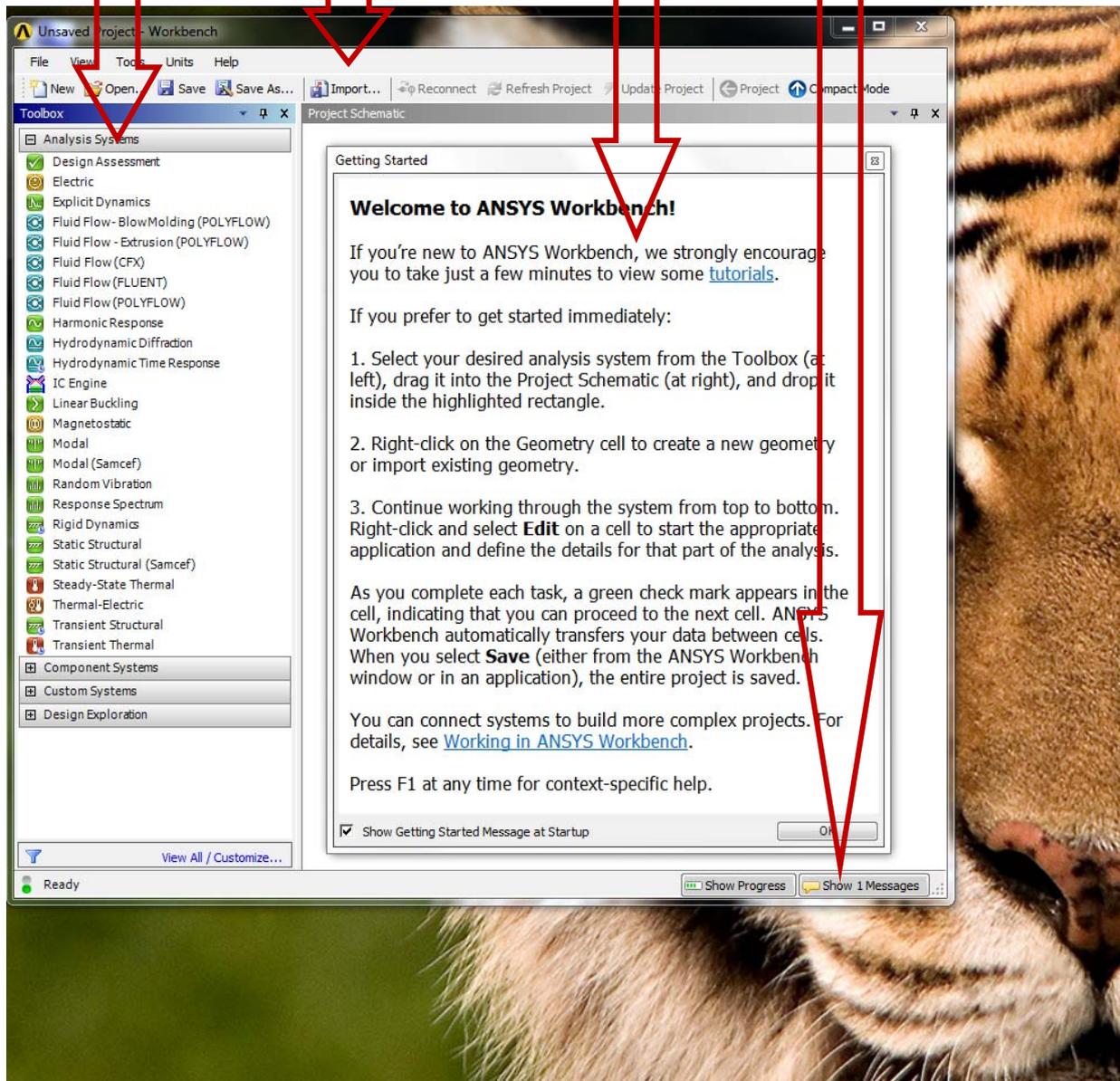
Входными данными на расчет является не только геометрия, но и необходимая информация о свойствах материалов и сред.



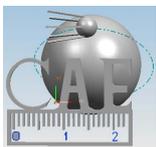
Стартовое окно ANSYS Workbench

Стартовое меню содержит следующие элементы:

Инструменты Меню и службы Рабочее окно Статус



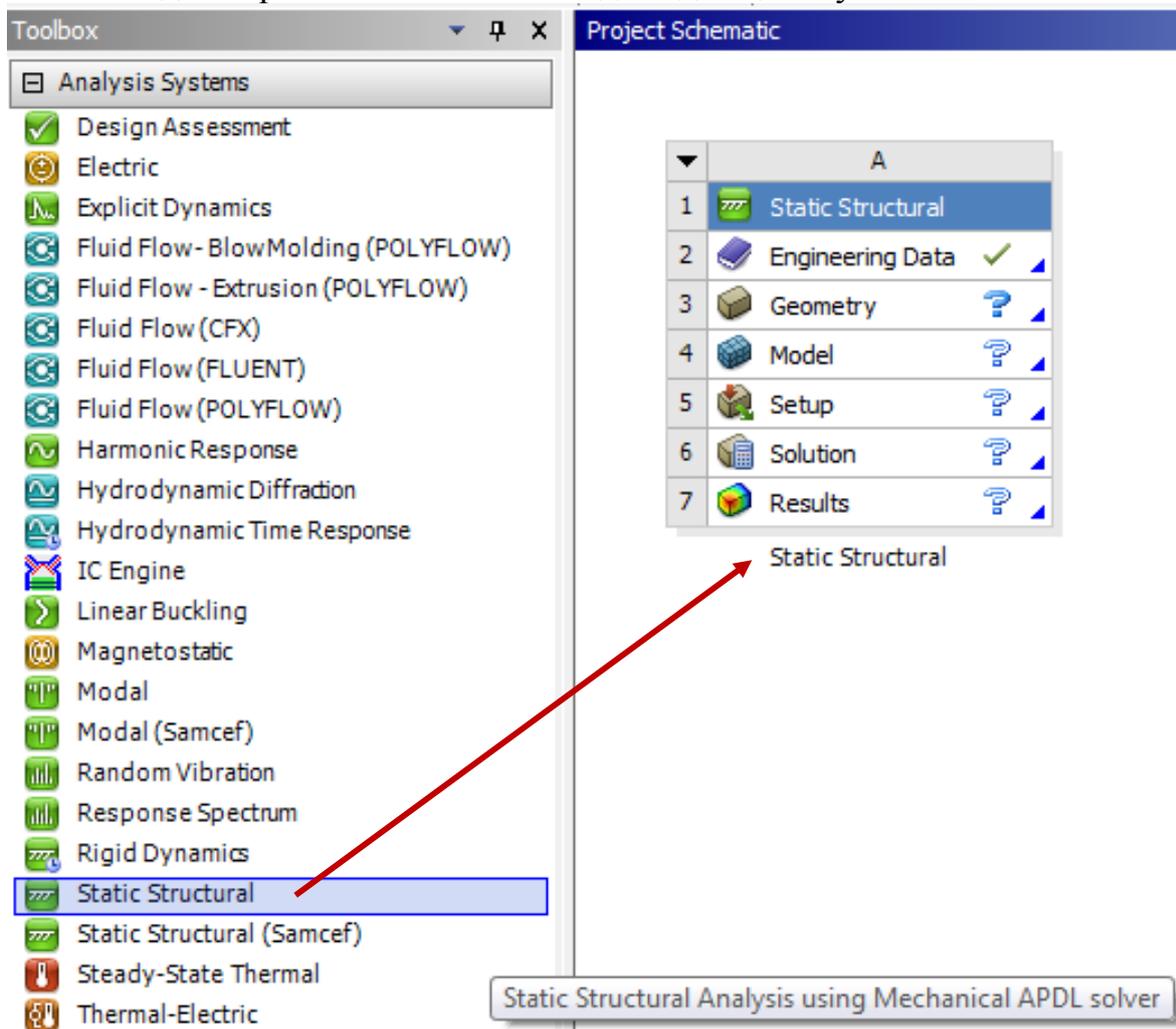
В стартовом окне слева перечислены все типы задач, которые можно запустить на решение. Можно запустить одну задачу. Можно настроить несколько задач, указать связи между ними и запустить на решение многодисциплинарную задачу.



➤ Окна настроек и менеджер расчетов

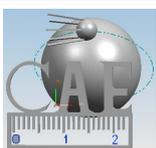
Создание расчетного проекта начинается с вызова менеджера расчетов. Каждому типу расчетов соответствует свой менеджер и соответствующий бокс настроек. Список доступных типов расчета **Toolbox** находится слева в стартовом окне. Необходимое окно настроек нужно перенести направо в рабочее окно **Project Schematic**. Для этого достаточно дважды щелкнуть мышкой в выбранной строчке или потянуть направо мышкой.

Создать проект в Workbench = дважды щелкнуть мышью:



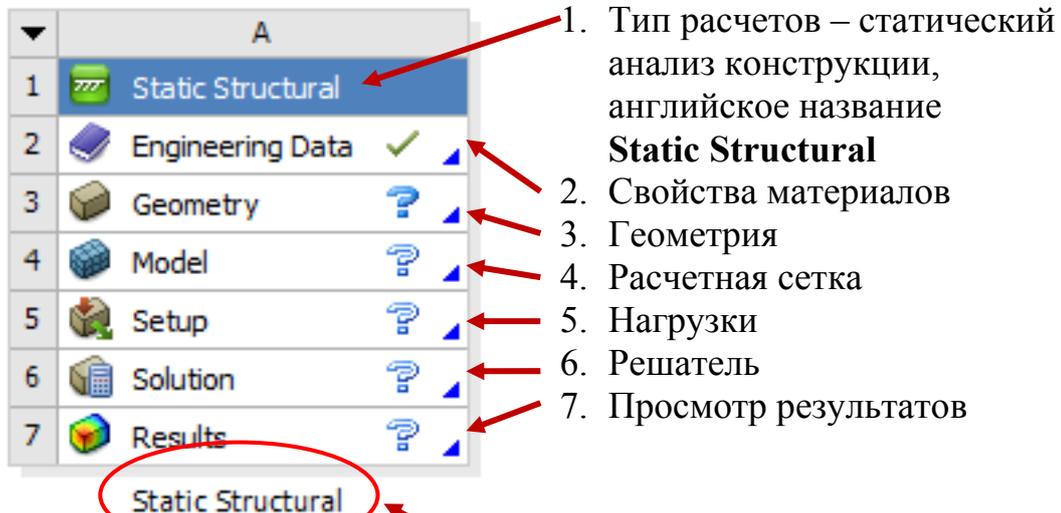
Менеджер расчетов – это отдельный бокс, в котором сверху вниз перечислены все необходимые действия и этапы расчета. Нужно двигаться сверху вниз, снимая вопросы.

Правая клавиша мыши в любом поле вызывает контекстное меню!



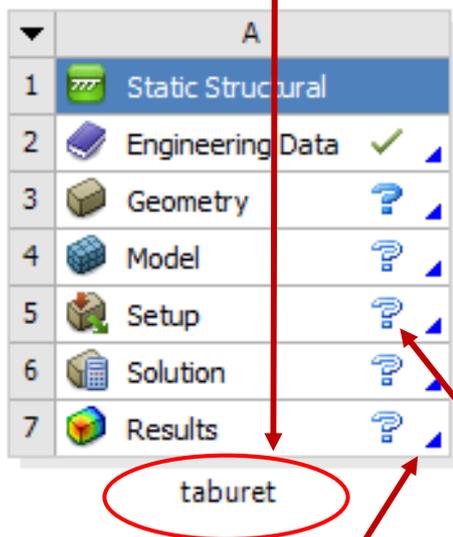
➤ Окно настроек конструкционного анализа

После вызова окна настроек двигайтесь последовательно сверху вниз, задавая настройки в перечисленных ячейках бокса, пока не исчезнут вопросы:



1. Тип расчетов – статический анализ конструкции, английское название **Static Structural**
2. Свойства материалов
3. Геометрия
4. Расчетная сетка
5. Нагрузки
6. Решатель
7. Просмотр результатов

Название проекта, его можно изменить, просто написать вместо исходного текста.



Сохраните проект:

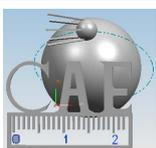
File>Save as

Дайте название, сохранив расширение по умолчанию.

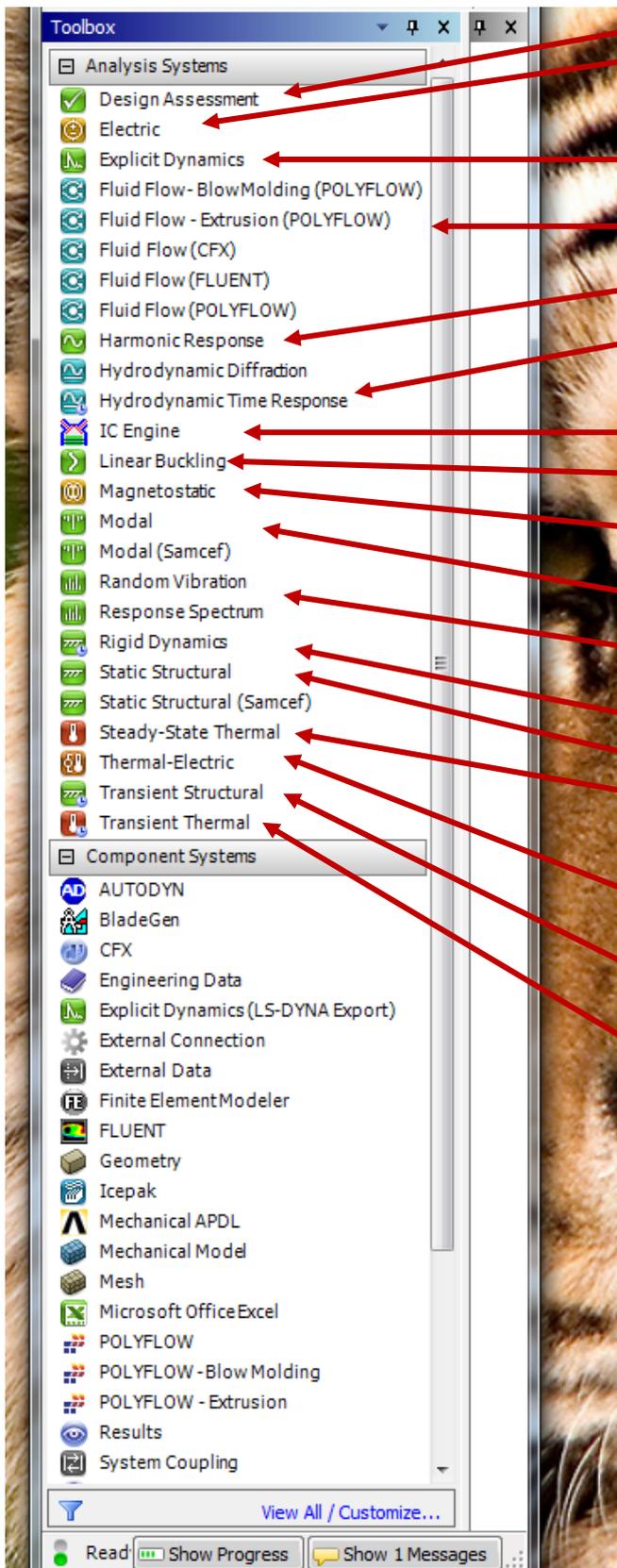
В рабочей папке по умолчанию далее будут сохраняться все файлы этого проекта.

Вопрос в ячейке окна настроек означает, что настройки в данной позиции необходимы, без настроек расчет не состоится.

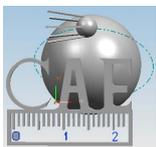
Треугольник справа от вопроса открывает контекстное сообщение.



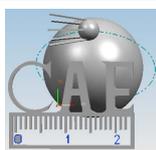
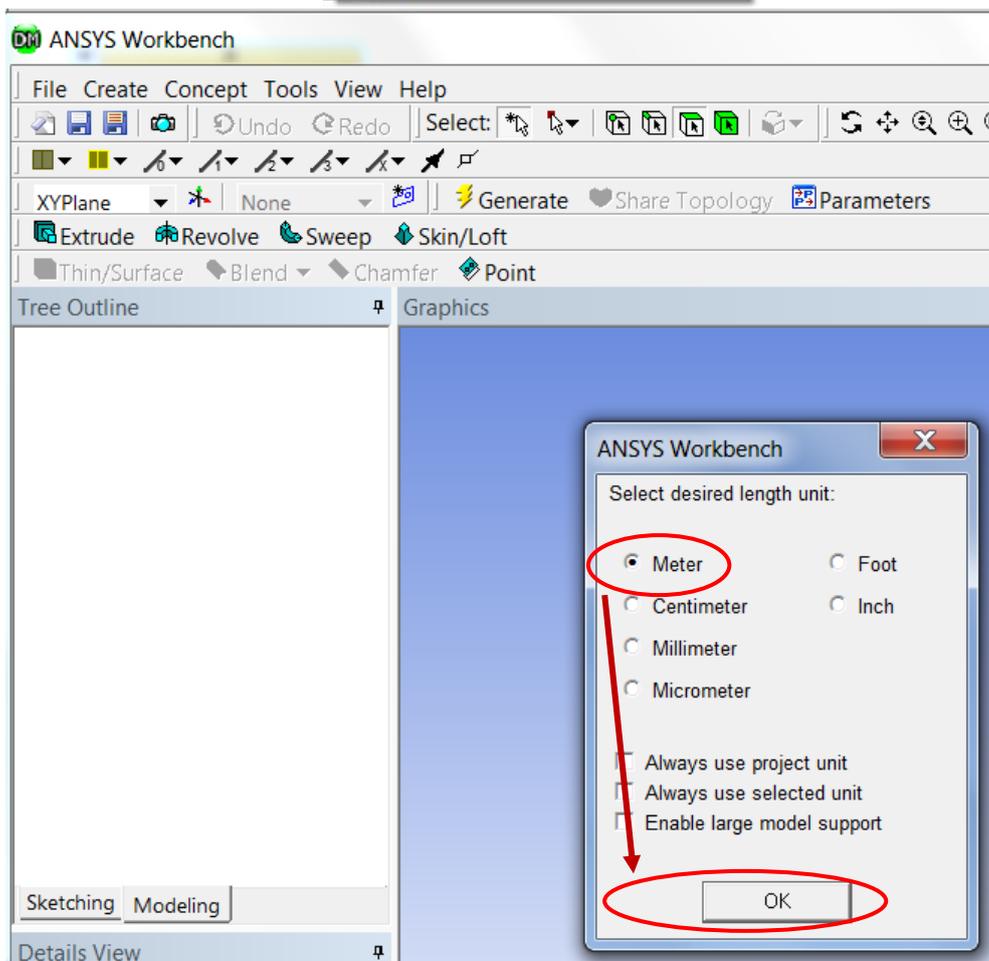
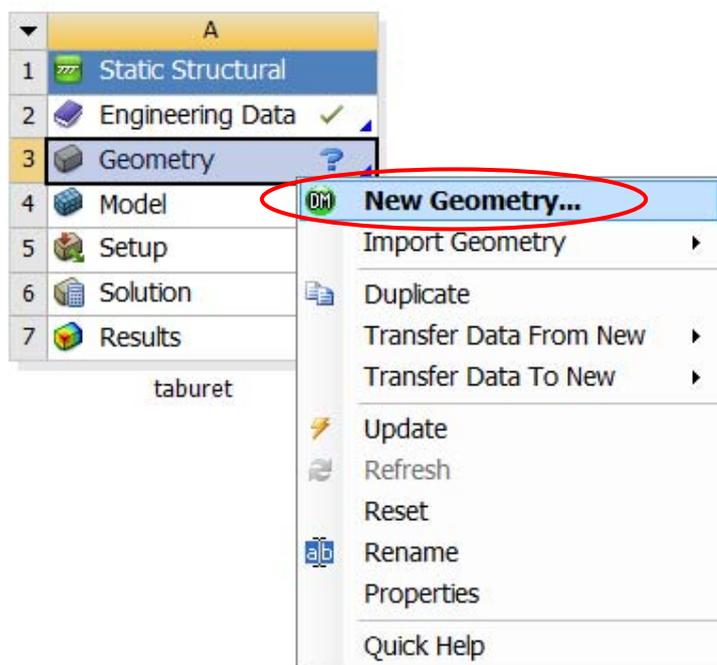
➤ Расчетные возможности WorkBench

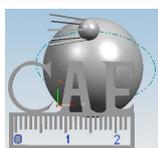
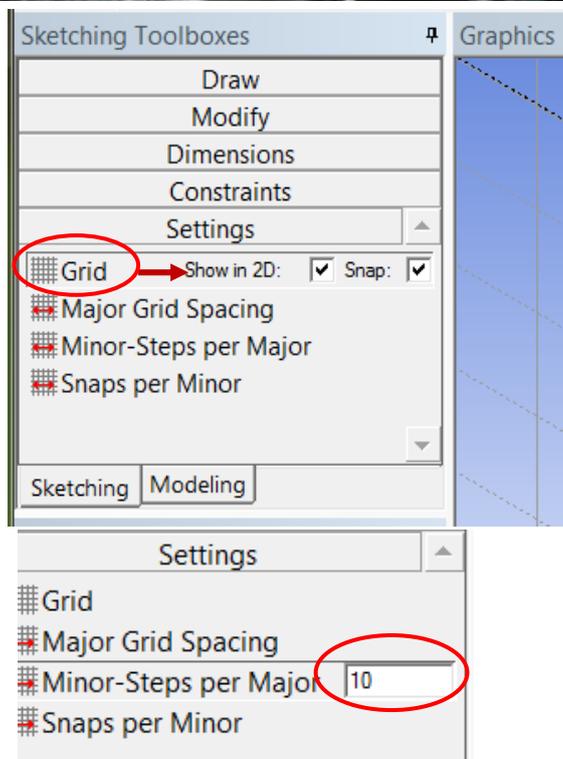
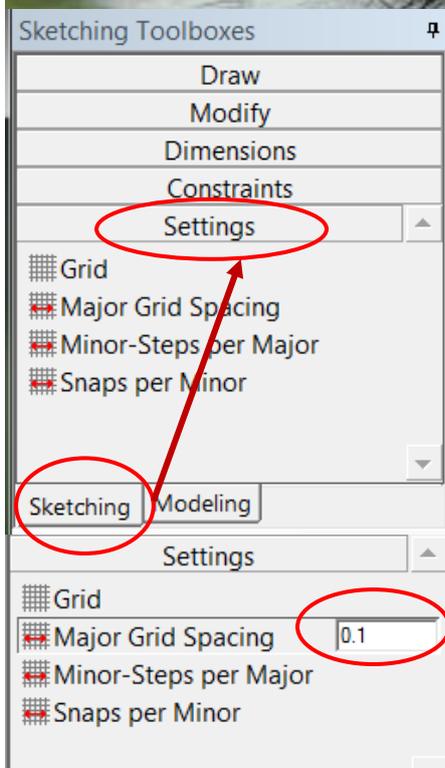
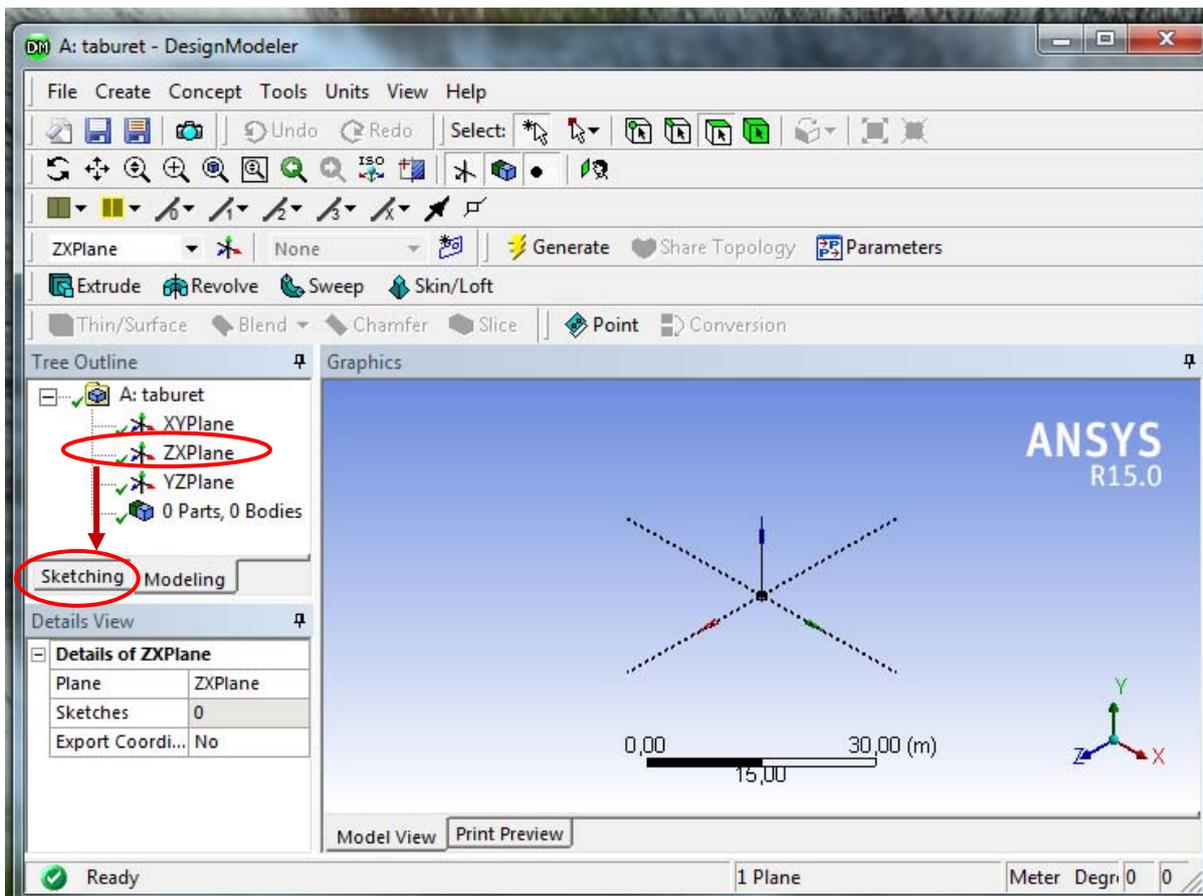


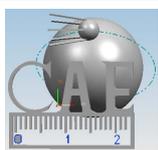
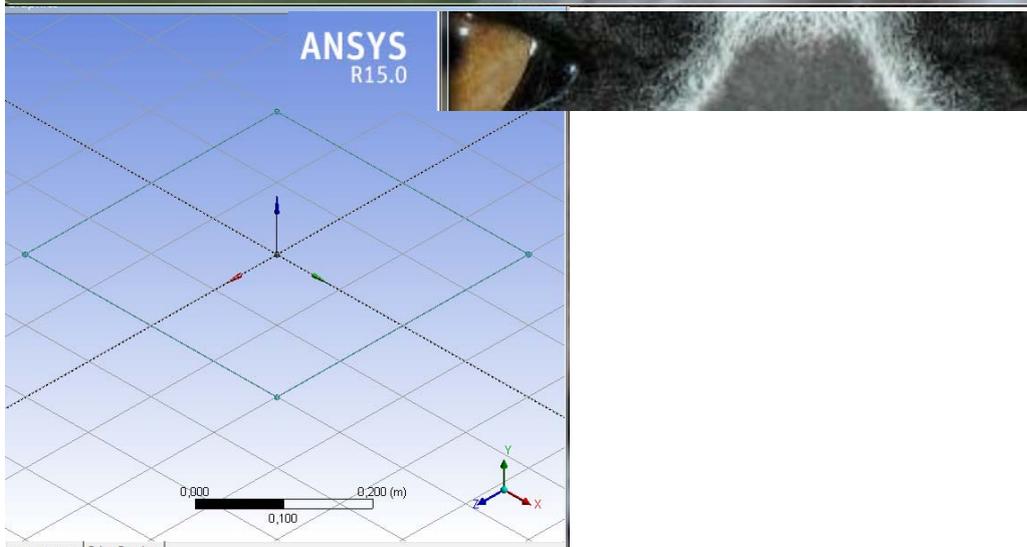
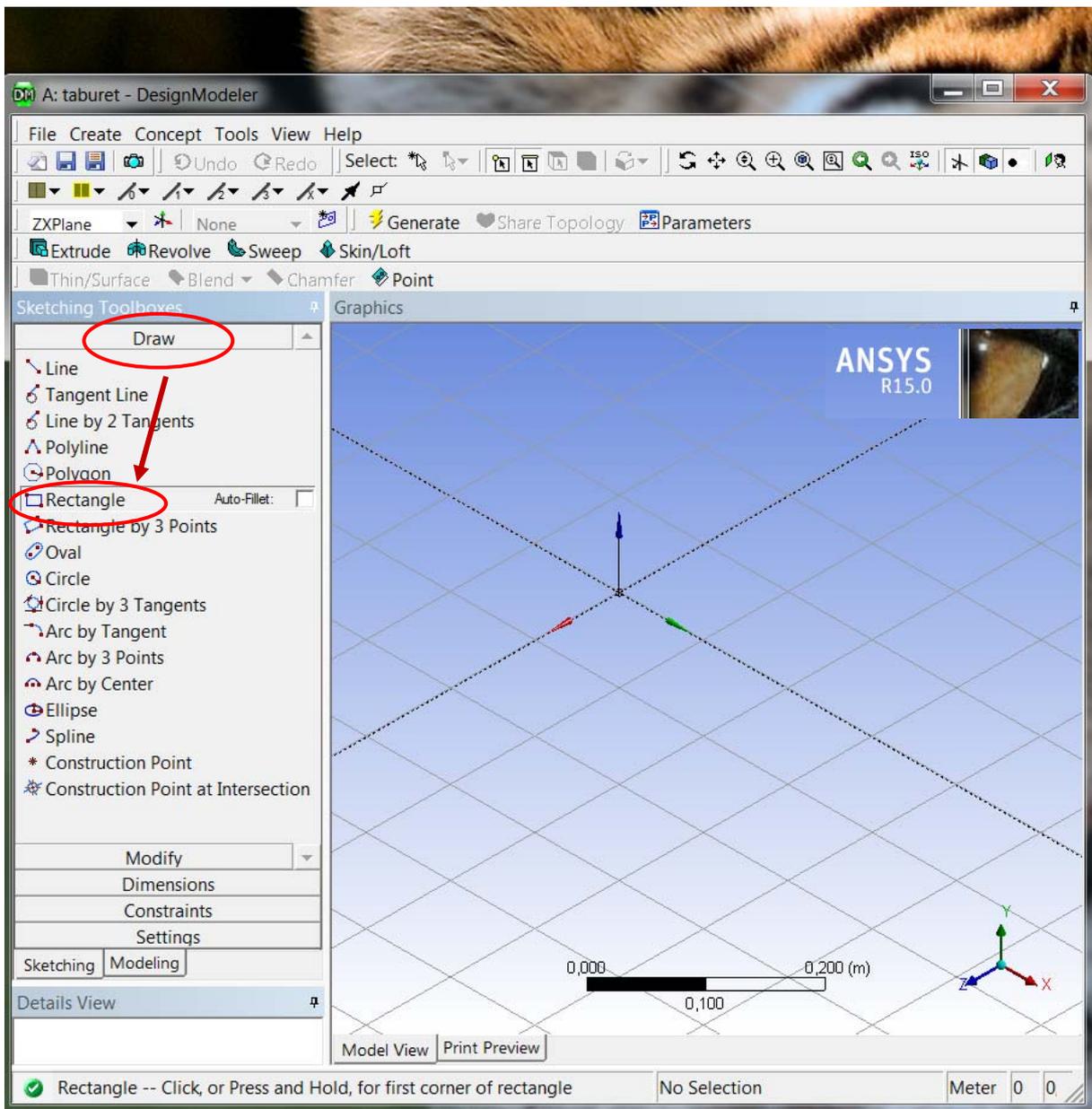
- Построение геометрии
- Стационарные электрические поля
- Большие пластические деформации
- Гидродинамика
- Гармонический анализ вибраций
- Воздействие волн на конструкцию
- Потоки в двигателе
- Линейная устойчивость
- Магнитные поля
- Собственные частоты и формы колебаний
- Спектральный анализ вибраций
- Жесткое движение
- Статическая прочность
- Стационарный тепловой анализ
- Связанный анализ тепловой-электрический
- Переходный динамический анализ конструкций
- Нестационарный тепловой анализ

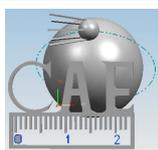
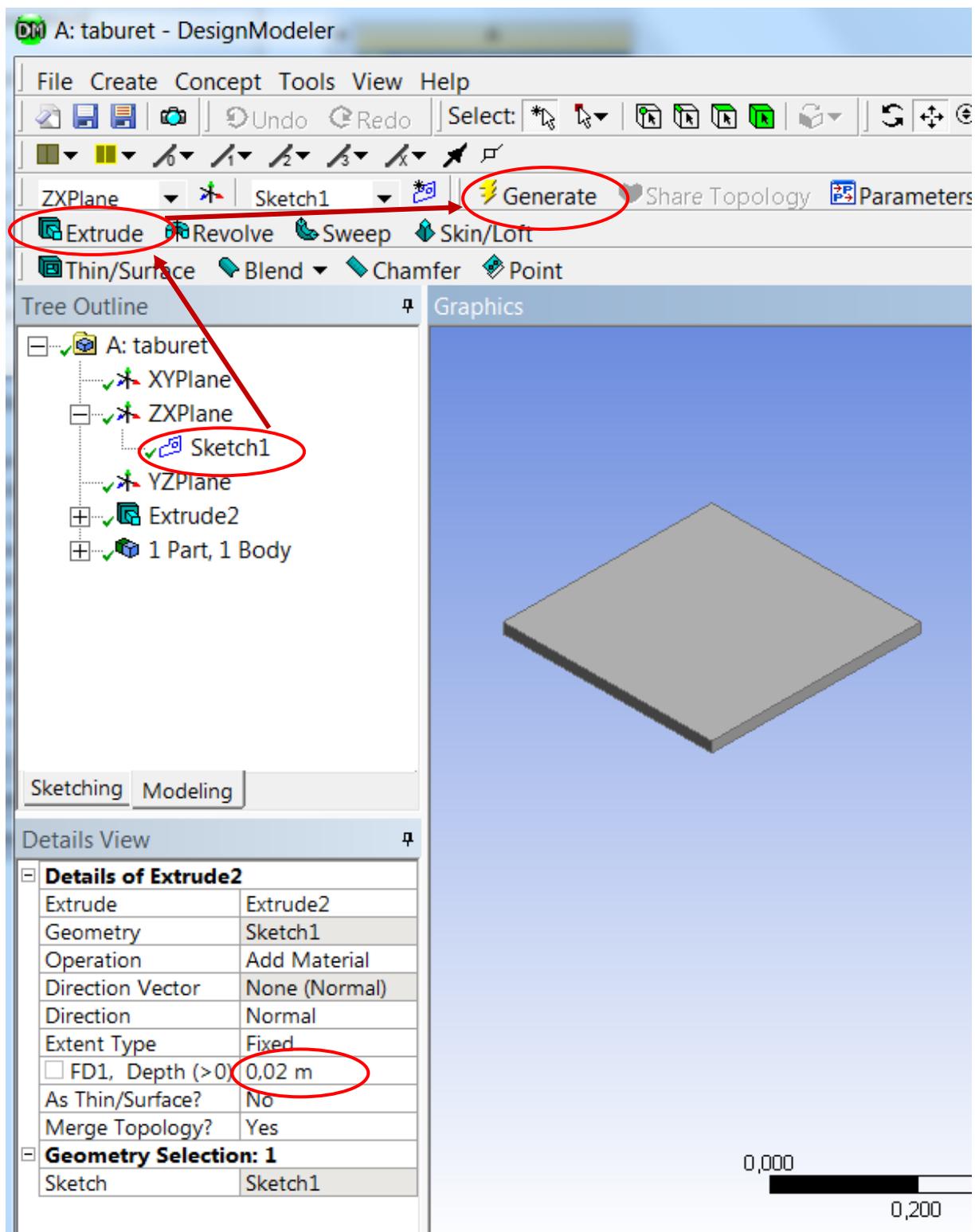


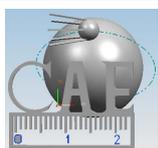
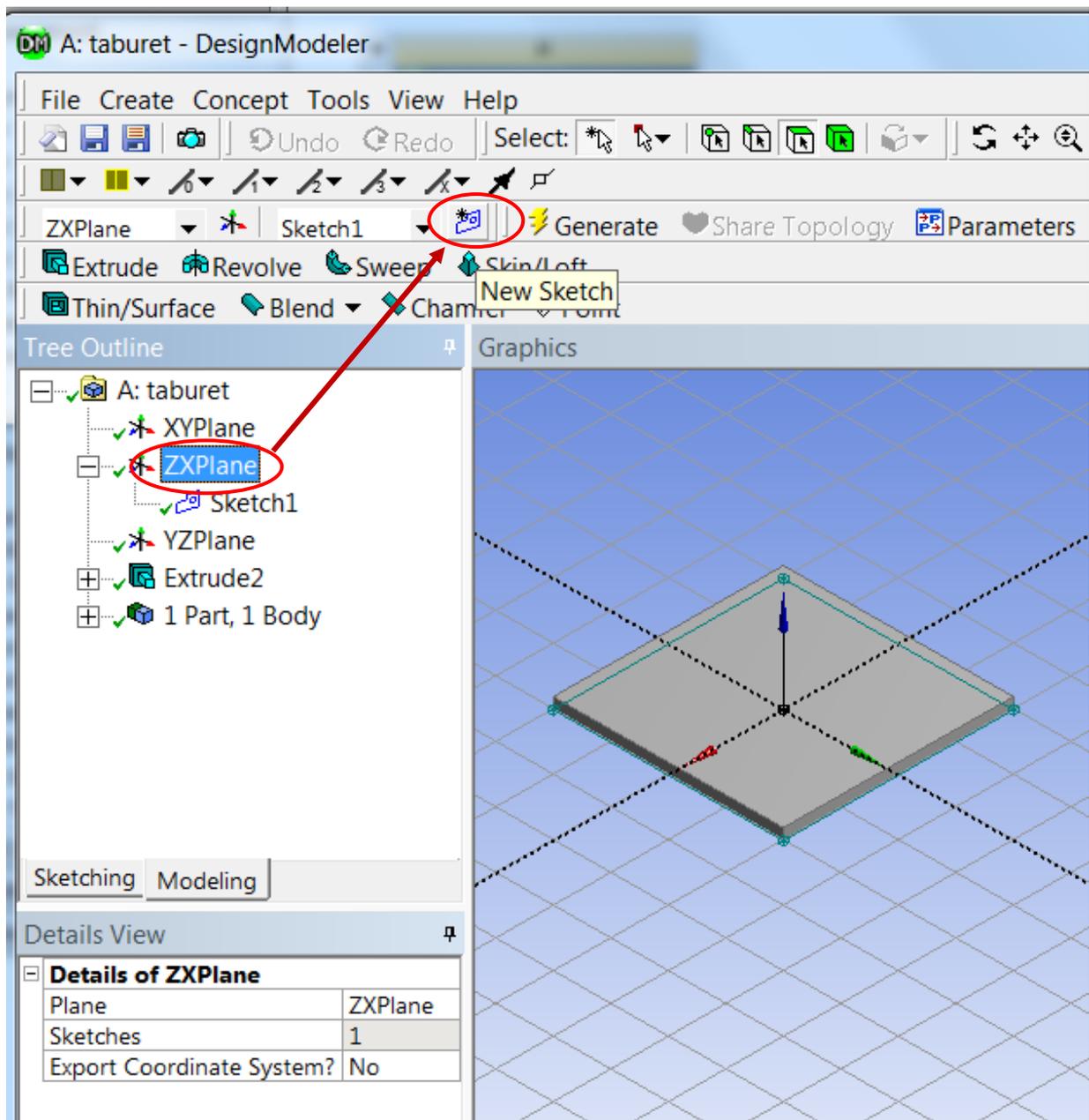
➤ Построение геометрической модели

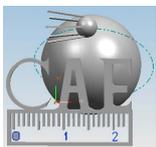
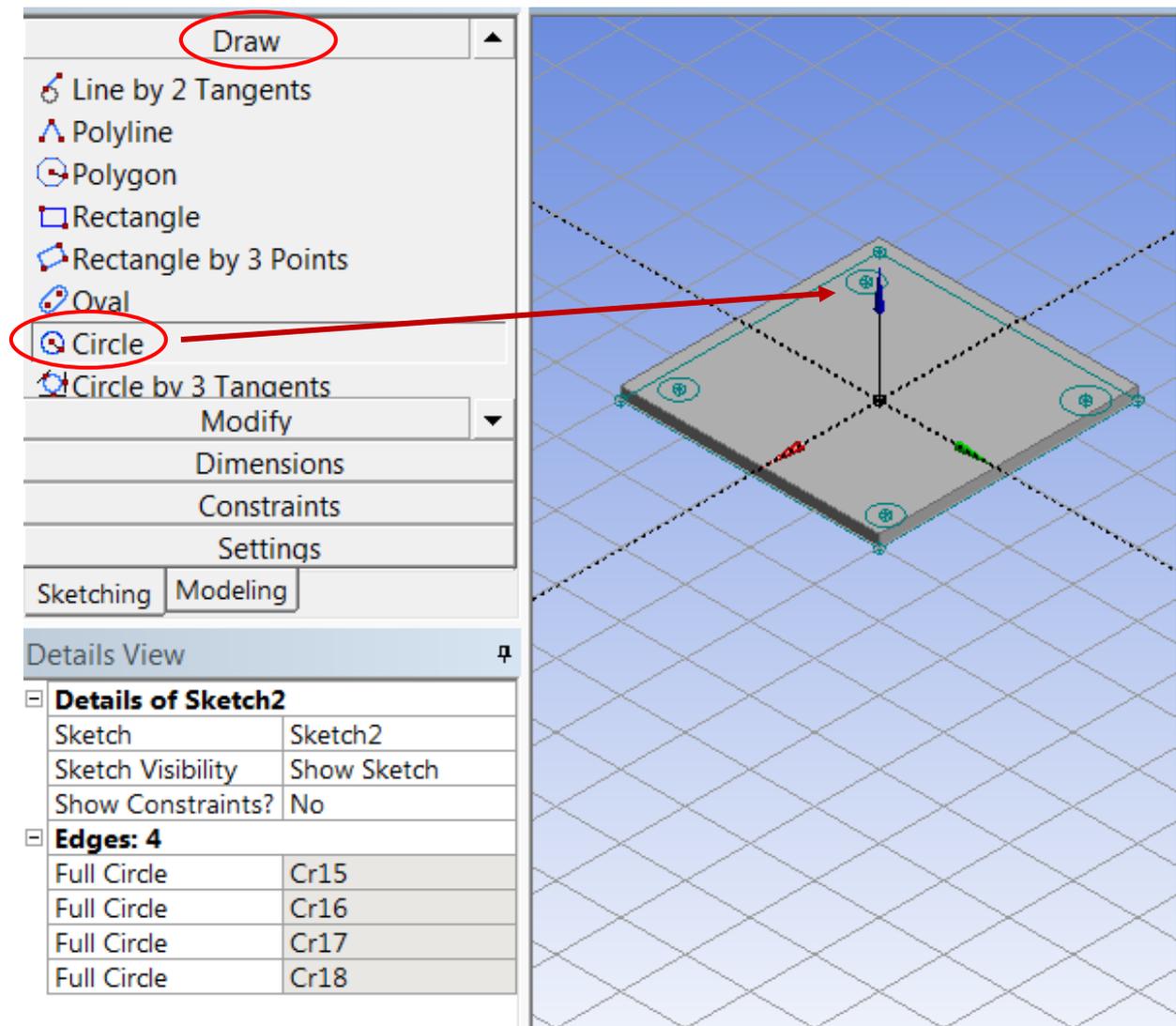


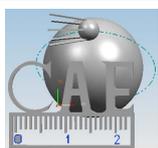
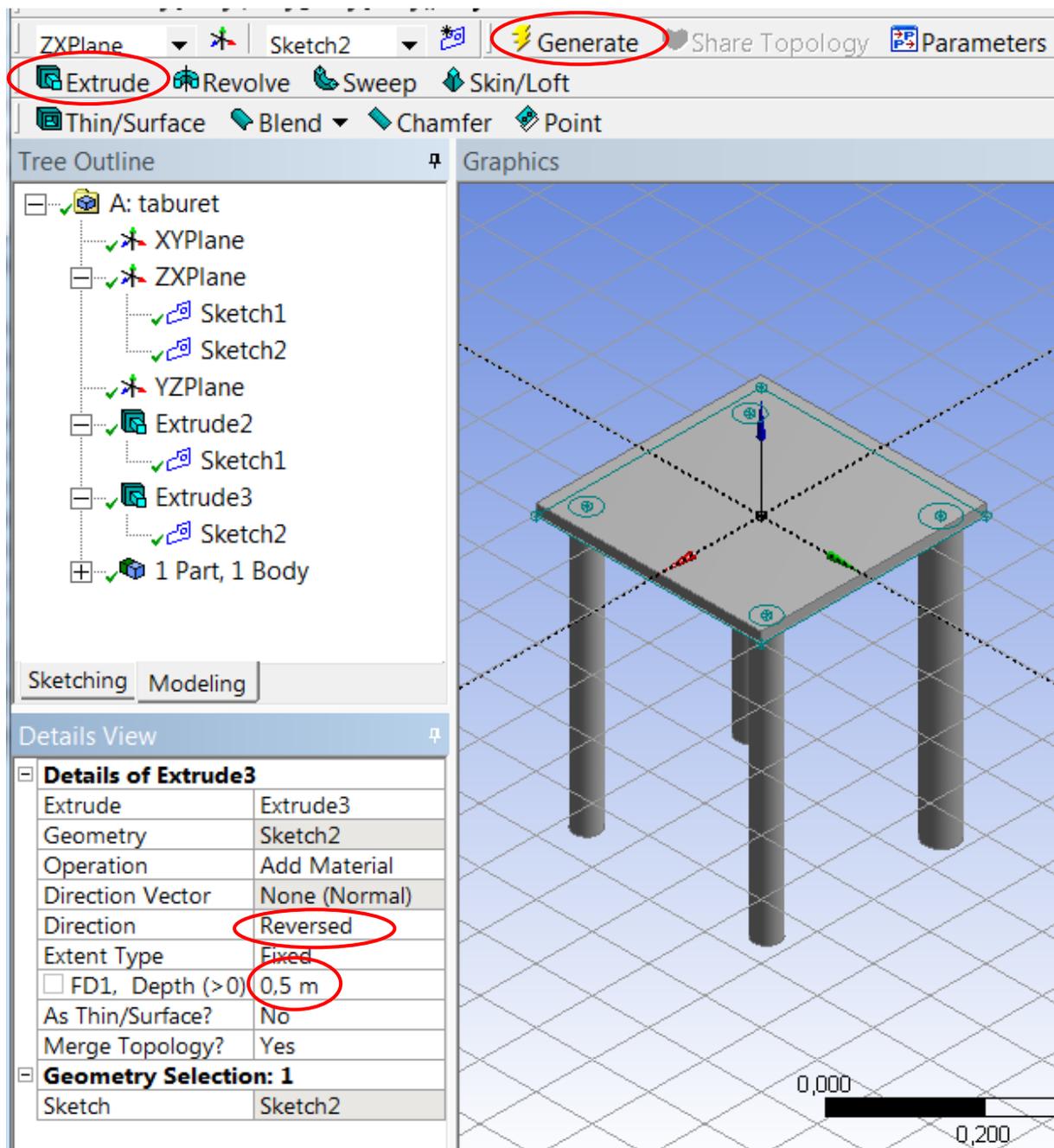








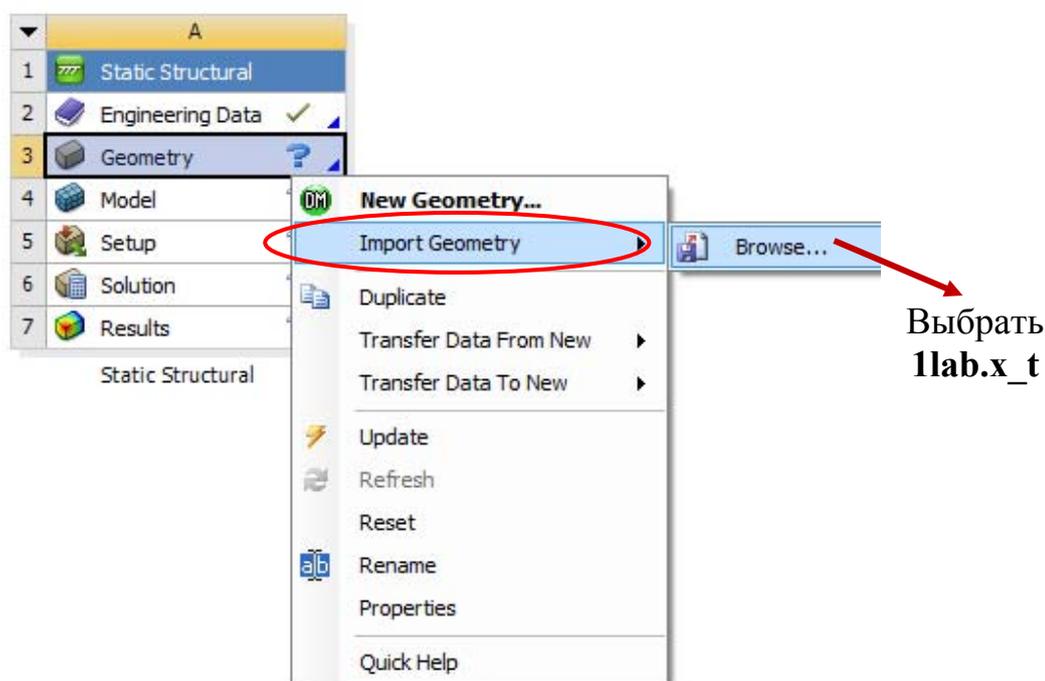




Трансляция геометрической модели

Геометрическую модель можно создать во встроенном моделировщике CAD - DesignModeler WorkBench или импортировать из внешней программы CAD.

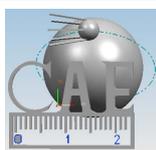
Чтобы импортировать геометрическую модель, следует вызвать контекстное меню правой клавишей мыши в строке Geometry, перейти в строчку импорта геометрии и выбрать файл геометрии, созданный во внешней программе CAD:



Удобным форматом геометрии является *.x_t

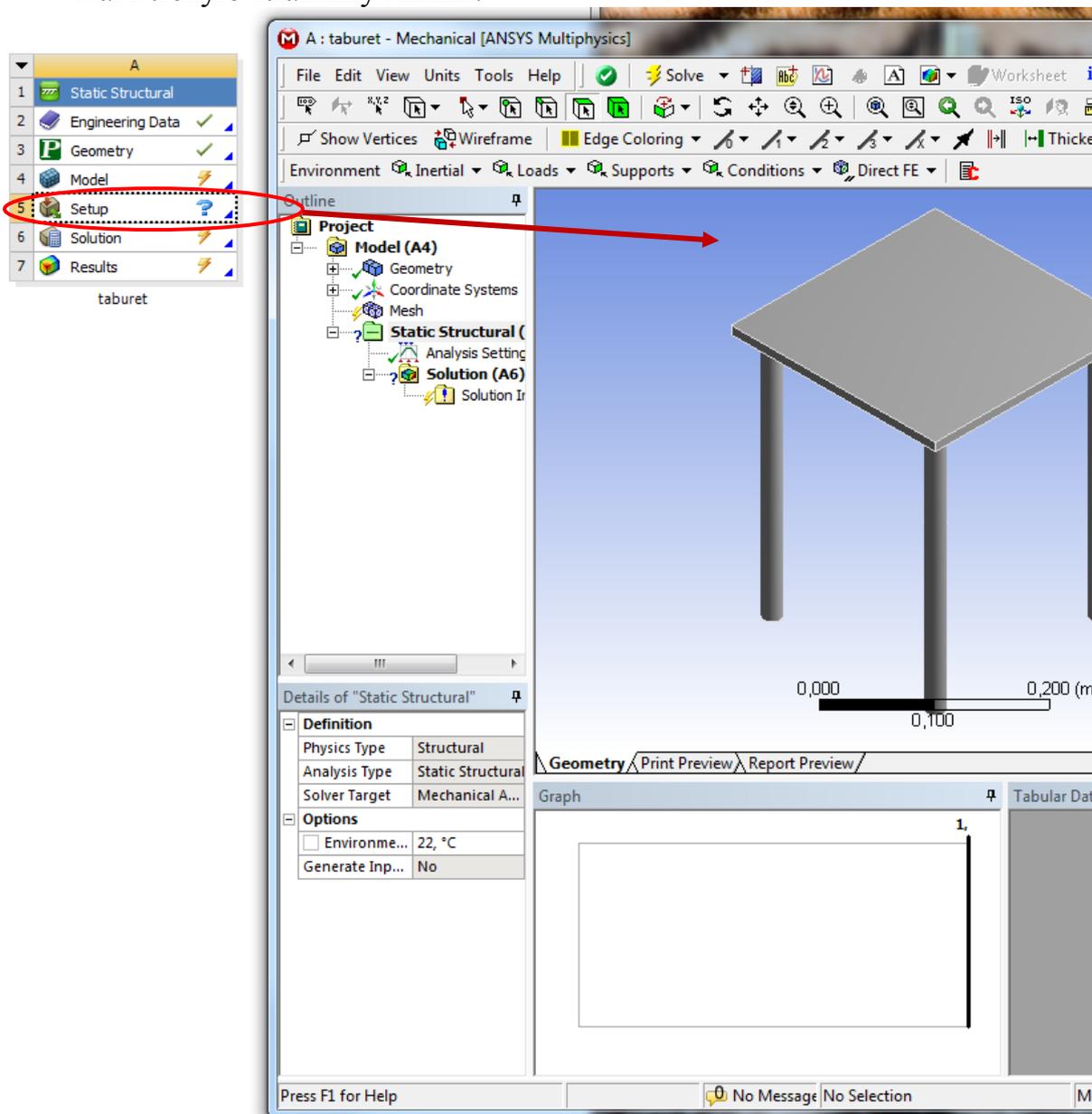
Занимаясь построением геометрии в любимой CAD программе (SolidWorks, Kompas, AutoCAD, SolidEdge и другие; для WorkBench нет ограничений по применяемым конструкторским программам) следует сохранить геометрию в формате *.x_t.

WorkBench имеет свой встроенный модуль геометрических построений, в котором можно построить относительно несложную геометрию или просмотреть импортированную на расчет геометрию из внешней программы.

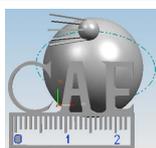


➤ Переход к расчету

После того, как импортирована геометрическая модель из внешней программы CAD, можно перейти к настройке расчетной модели. Для этого следует в окне настроек перейти в строчку Setup и дважды нажать левую клавишу мыши:

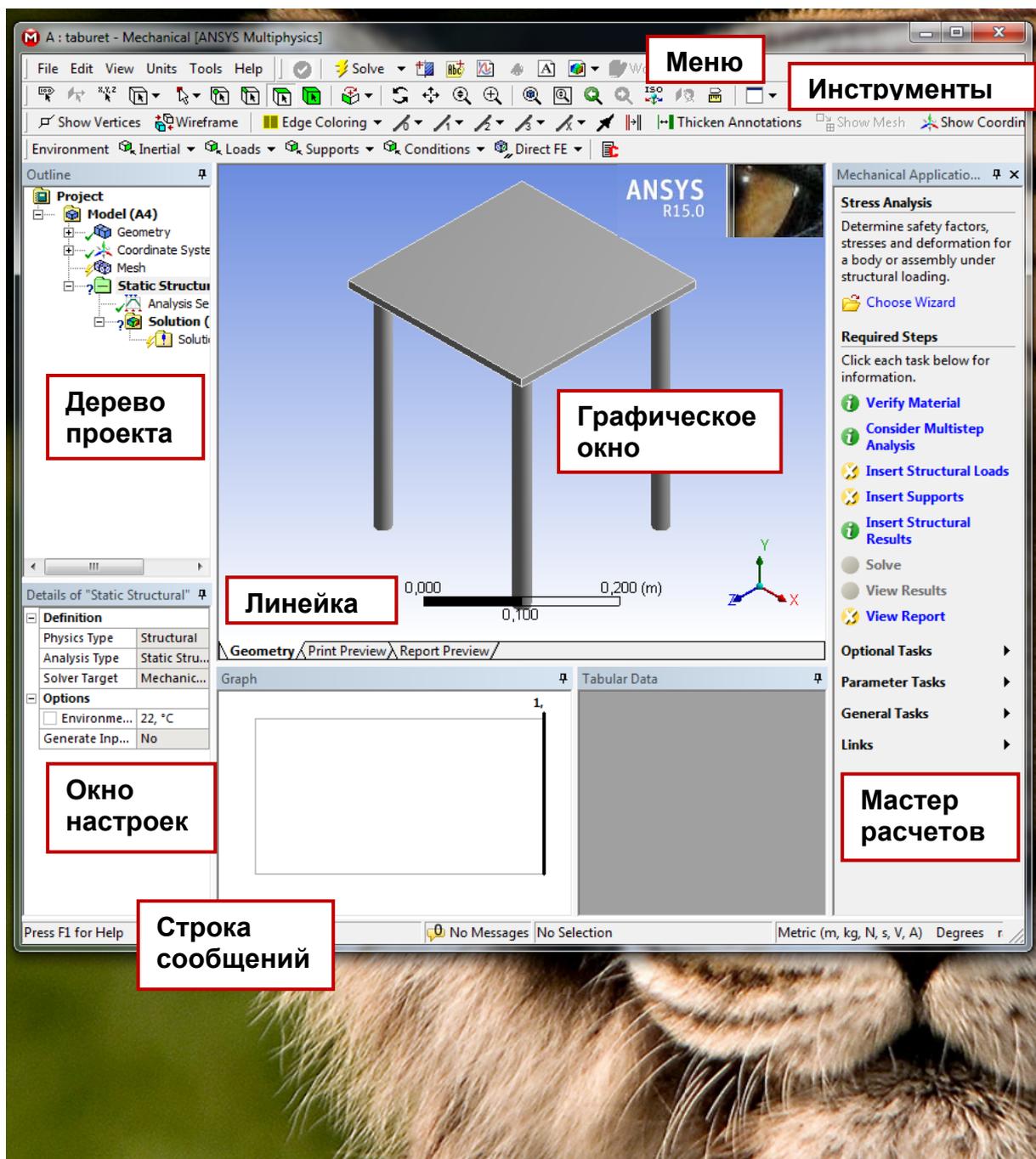


Откроется окно расчетного модуля для решения задачи конструкционной прочности **Mechanical ANSYS**, и в нем появится импортированная на расчет геометрия.

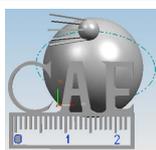


➤ Интерфейс расчетного модуля

Компоненты пользовательского интерфейса:



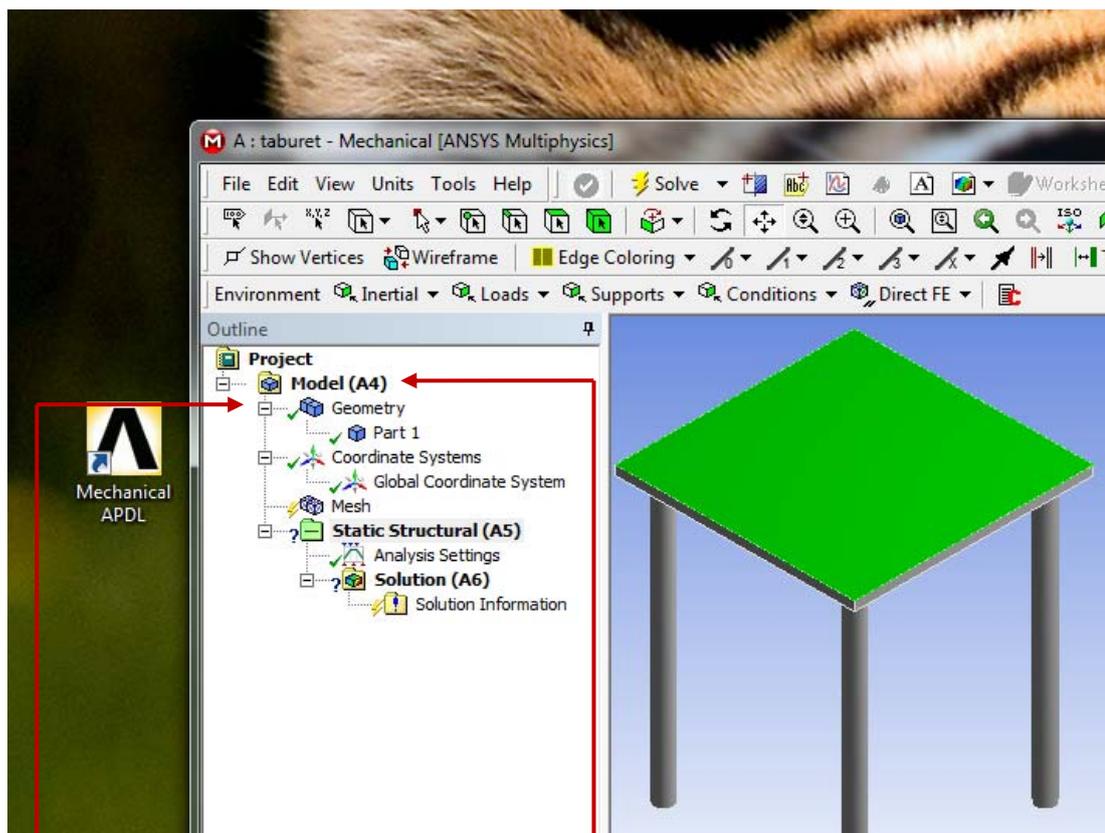
Чтобы вывести Мастер расчетов, в Меню сделайте выбор:
View > Windows > Mechanical Wizard



Дерево проекта

В дереве проекта перечислены сверху вниз и организованы все этапы расчета: геометрическая модель, материалы, сетка, нагружение, расчетные результаты.

Через дерево проекта осуществляется быстрый доступ к настройкам всех этапов расчета.



Структура дерева проекта:

Разделов “Model” может быть несколько. В одном проекте можно рассчитать несколько вариантов по геометрии, материалам, нагрузкам.

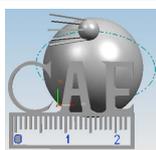
“Geometry” – геометрическая модель может состоять из одной детали или из сборки.

“Contact” – контактные условия для деталей в сборке.

“Mesh” – конечно-элементная сетка.

“Static Structural” – нагружение.

“Solution” – список расчетных результатов.

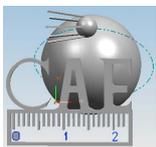


Символы статуса в дереве проекта

Разделы дерева проекта маркируются символами текущего статуса. Символы статуса позволяют быстро оценить готовность проекта к расчету.

Значение символов статуса:

	раздел полностью определен и готов к расчету;
	неполные данные, следует ввести недостающие;
	следует провести расчет;
	проблемные данные, следует изменить;
	объект подавлен, для него вычисления не проводятся;
	объект скрыт, не выводится в графическом окне;
	позиция в данный момент активирована;
	генерация сетки по заданной разметке невозможна.



Последовательность решения

Решение задачи проходит последовательно через 4 этапа.

1. Основные допущения

Выбор типа анализа: статический, вибрационный...?

Выбор контактной модели: деталь или сборка?

Выбор типа элементов: оболочечные или твердотельные...?

2. Пре процессинг

Трансляция геометрической модели.

Задание свойств материалов.

Генерация сетки.

Нагружение и закрепление конструкции.

Выбор расчетных параметров.

3. Расчет

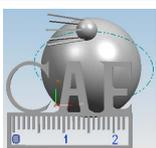
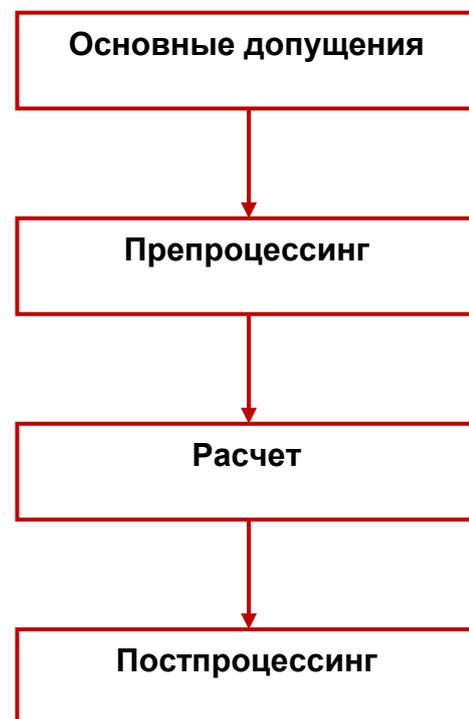
4. Пост процессинг

Просмотр результатов.

Проверка достоверности решения.

Основные шаги конструкционного анализа:

1. Транслировать геометрическую модель из CAD системы.
2. Задать свойства материалов.
3. Сгенерировать сетку.
4. Закрепить модель.
5. Приложить нагрузки.
6. Выбрать параметры решателя.
7. Задать список расчетных результатов и провести расчет.
8. Просмотреть расчетные результаты.
9. Сгенерировать отчет.



Описание решаемого примера

Нагрузка:

Посадим на табурет человека весом 80 кг.

Приложенную силовую нагрузку представим давлением на верхнюю плоскость.

Условия закрепления:

Представим контакт табурета с полом как закрепление без трения (**Frictionless support**).

- При закреплении без трения запрещается перемещение по нормали к поверхности контакта. Разрешено перемещение во всех направлениях за исключением нормали к плоскости закрепления.
- В области контакта предполагается действие сил без трения, т.е. консервативное поведение системы (без рассеяния энергии).

Примечание. Если все закрепления определены как закрепления без трения, появится предупреждение: «Для одного или нескольких тел ограничение степеней свободы задано некорректно, что может вызвать жесткое движение тел. Чтобы получить решение, необходимо добавить слабые пружины».

Программа автоматически добавляет слабые пружины в расчетную модель, если возможно жесткое движение под действием приложенных нагрузок. Проверка граничных условий должна подтвердить, что такое движение исключено. В этом случае слабые пружины не влияют на расчетные результаты.

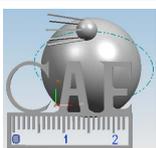
- Появится предупреждение о том, что модель будет проверена. Такое предупреждение не означает, что решение будет неверным.
- Слабые пружины могут быть включены/выключены пользователем.

Конструкционный материал:

Сравним алюминий и пластик.

Какие параметры посчитаем:

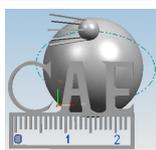
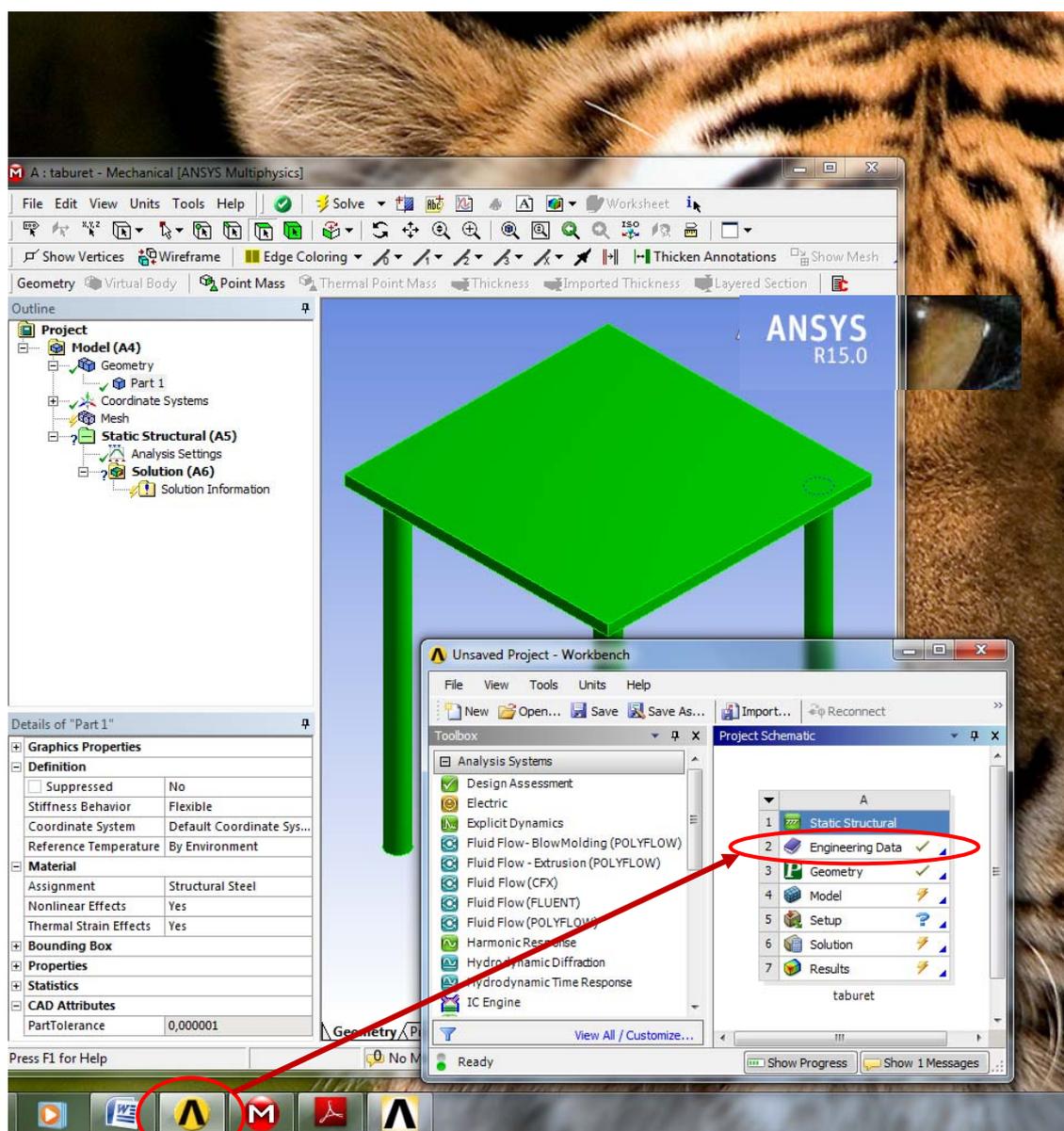
Смещения, эквивалентные напряжения Мизеса, коэффициент запаса по прочности.



Выбор материала из базы данных

По умолчанию импортированная в проект деталь выполнена из конструкционной стали. Изменить материал или создать в базе данных новый материал можно через сервис инженерных данных **Engineering Data**.

Следует из расчетного модуля вернуться в окно управления проектом и перейти по строчке **Engineering Data** (дважды щелкнуть мышью) к выбору материала и редактированию свойств в базе данных:



➤ Работа с базой данных материалов

Свойства материалов в базе данных можно просмотреть, отредактировать и добавить в расчетный проект.

Создадим список материалов для проекта, включим в него алюминиевый сплав и пластик. Обратимся к существующей библиотеке материалов General Materials > Выбрать материалы плюсами > Update Project.

The screenshot shows the ANSYS Workbench interface. The 'Engineering Data Sources' table is visible, with 'General Materials' selected. Below it, the 'Outline of General Materials' table lists various materials. Red circles and arrows indicate the following steps:

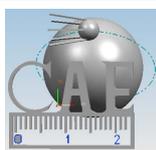
- Clicking the 'Update Project' button in the top toolbar.
- Selecting 'General Materials' in the 'Engineering Data Sources' table.
- Clicking the plus sign (+) next to 'Aluminum Alloy' in the 'Outline of General Materials' table.
- Clicking the plus sign (+) next to 'Polyethylene' in the 'Outline of General Materials' table.

A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data	source	Description
2	Material		
3	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		

A	B	C	D
1	Data Source	Location	Description
2	★ Favorites		Quick access list and default items
3	General Materials		General use material samples for use in various analyses.
4	General Non-linear Materials		General use material samples for use in non-linear analyses.

A	B	C	D	E
1	Contents of General Materials	Add	source	Description
2	Material			
3	Structural Steel	+		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
4	Air	+		General properties for air.
5	Aluminum Alloy	+		General aluminum alloy. Fatigue properties come from MIL-HDBK-5H, page 3-277.
6	Concrete	+		
7	Copper Alloy	+		
8	Gray Cast Iron	+		
9	Magnesium Alloy	+		
10	Polyethylene	+		
11	Stainless Steel	+		

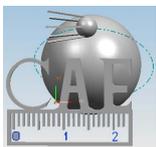
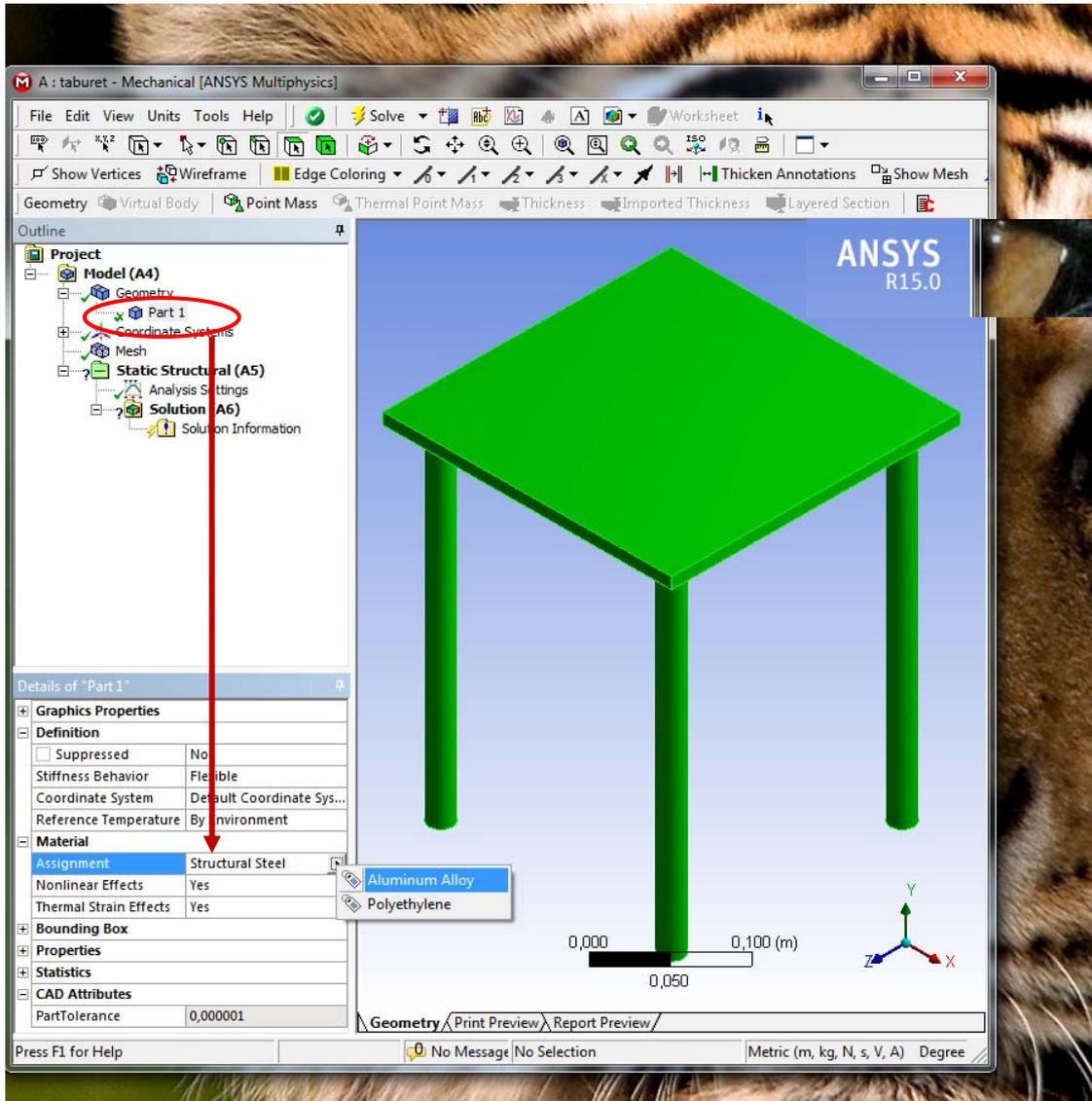
Нажимайте плюсы.



➤ Назначение материала для детали в проекте

После обновления в дереве проекта сформировался список материалов, из которого можно выбрать алюминиевый сплав.

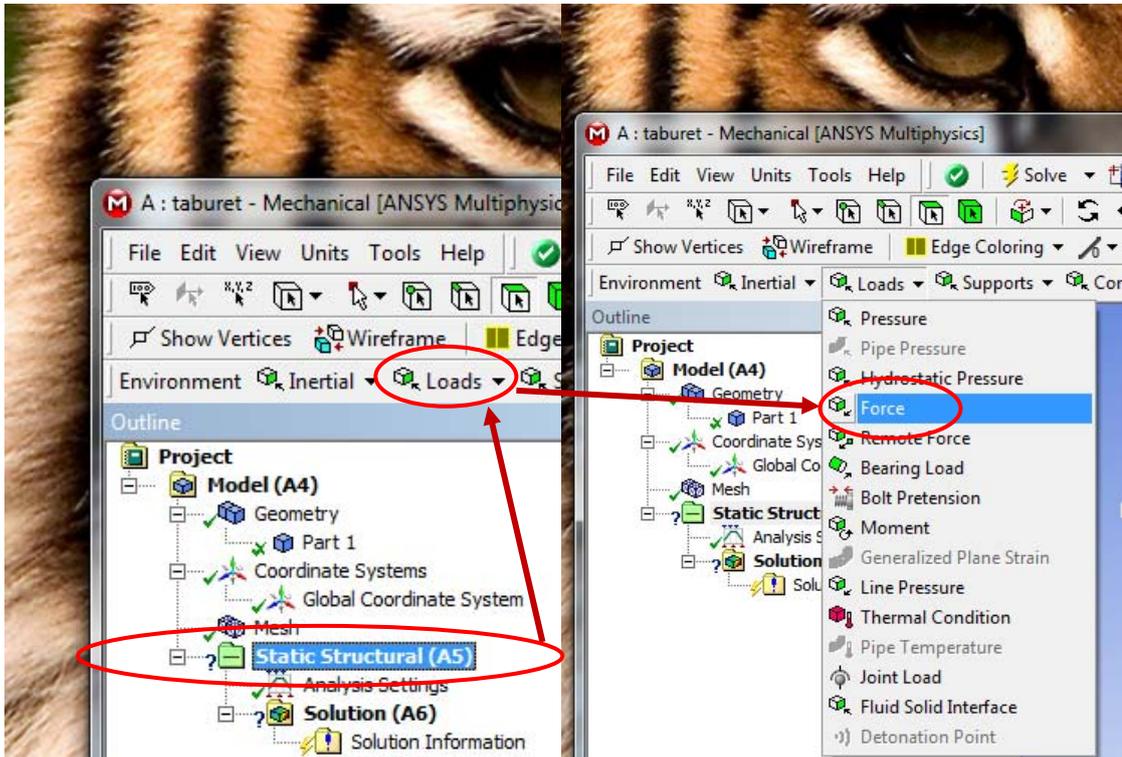
Достаточно выбрать в дереве деталь **Part1**, в окне настроек открыть список Material > Assignment и выбрать нужный материал.



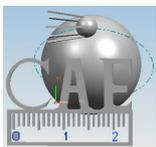
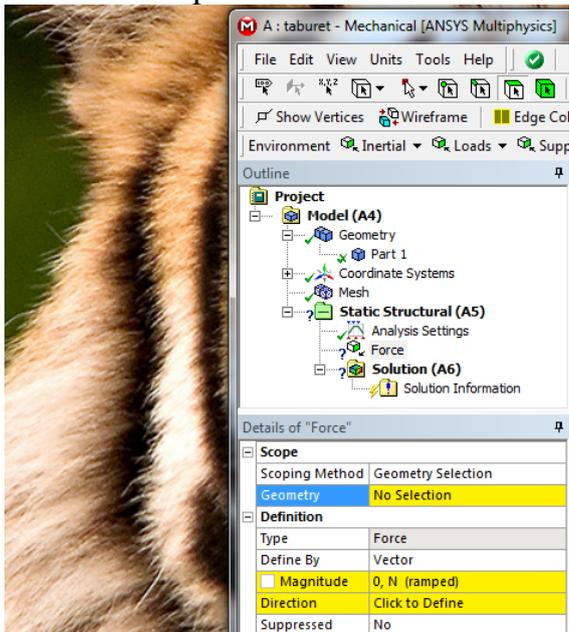
➤ Приложение нагрузки

Весовую нагрузку 80 кг представим силой 800 Н, приложенной нормально к горизонтальной поверхности табурета.

Следует выбрать в дереве проекта строчку Static Structural, обратиться в меню к списку Loads, в списке выбрать тип нагрузки Force:

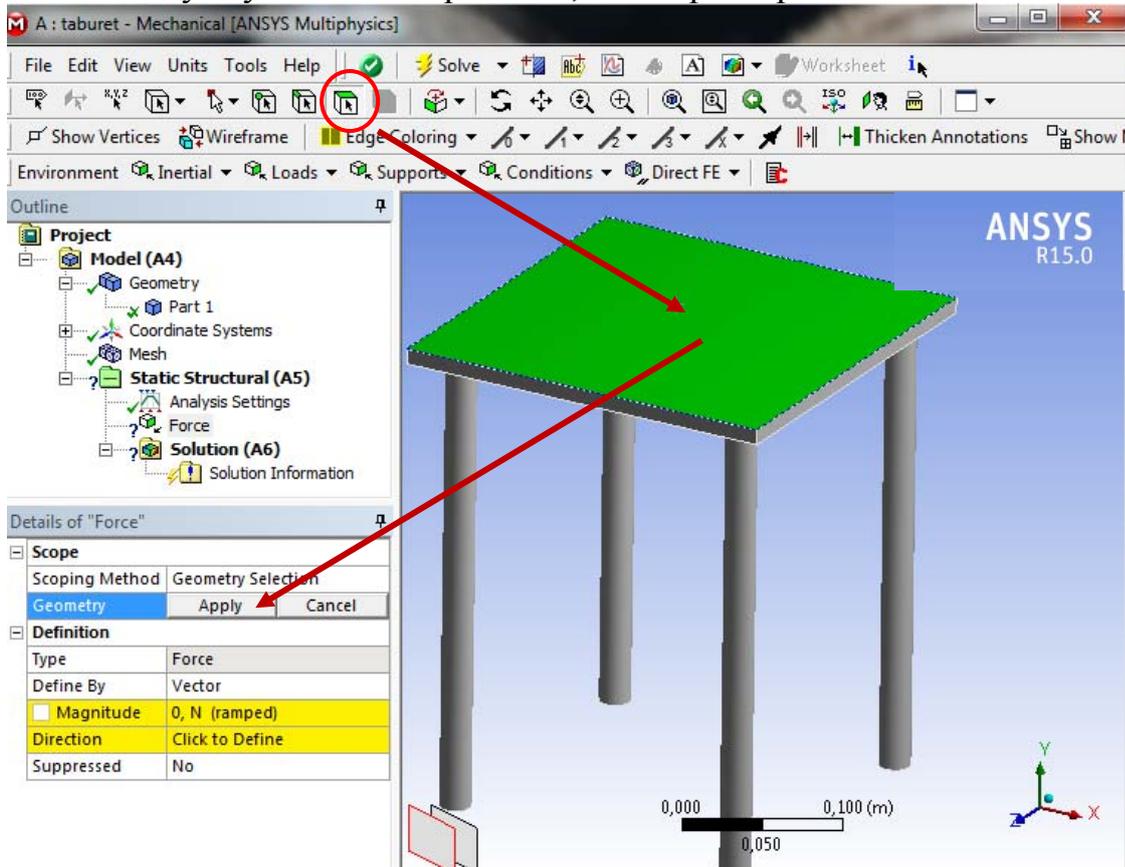


В окне настроек появится желтые строки для задания силы:

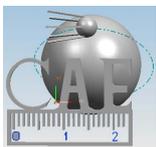
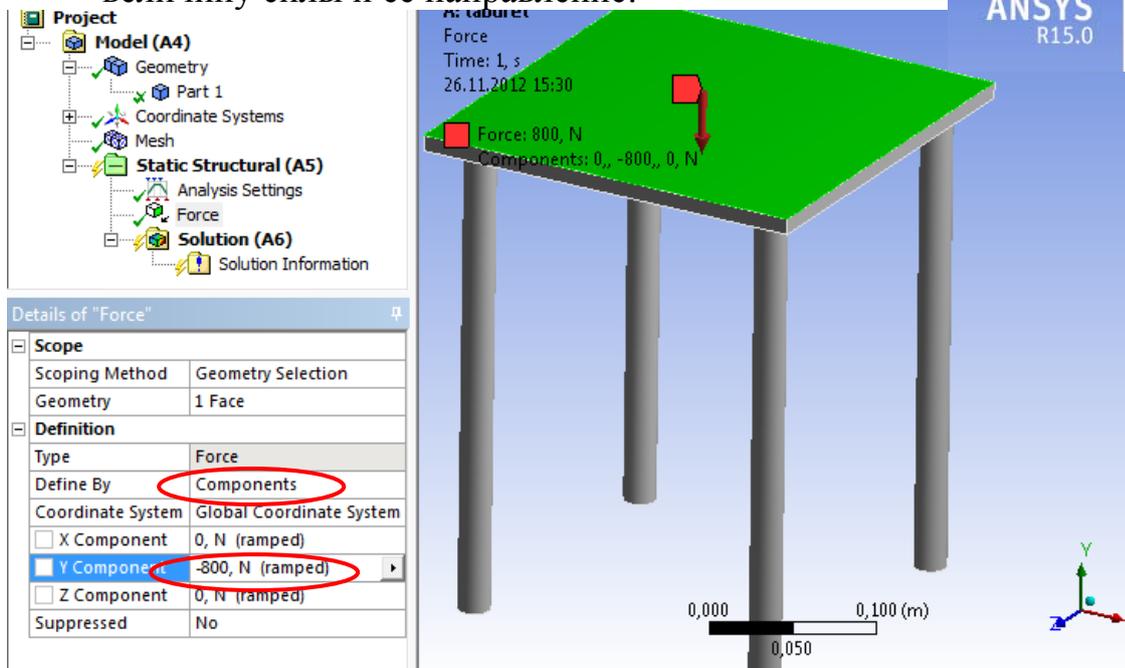


➔ Задание силы

Следует указать поверхность, к которой приложена сила:

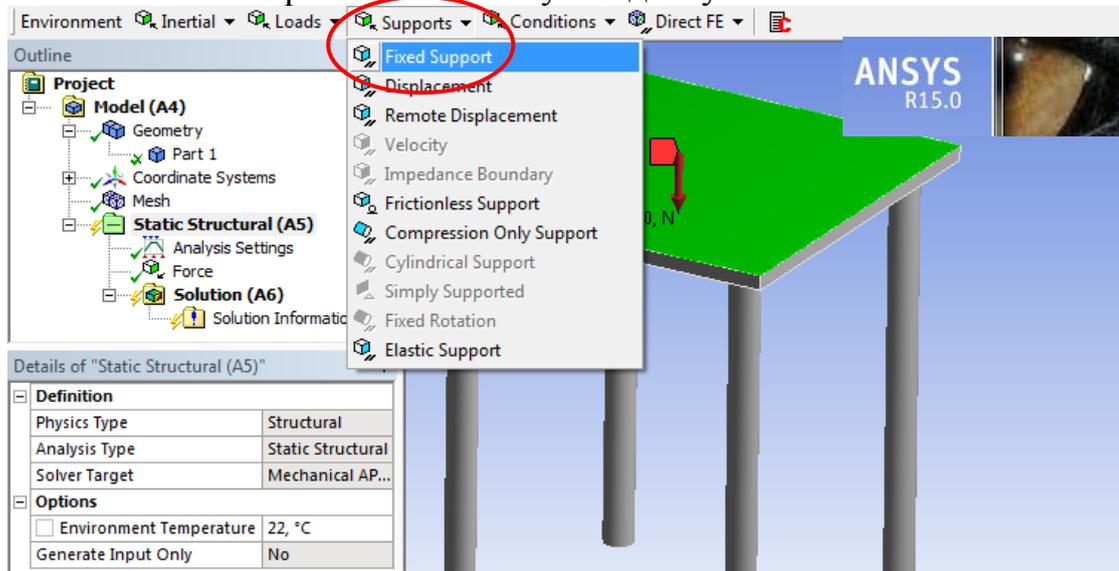


величину силы и ее направление:

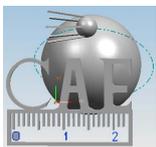
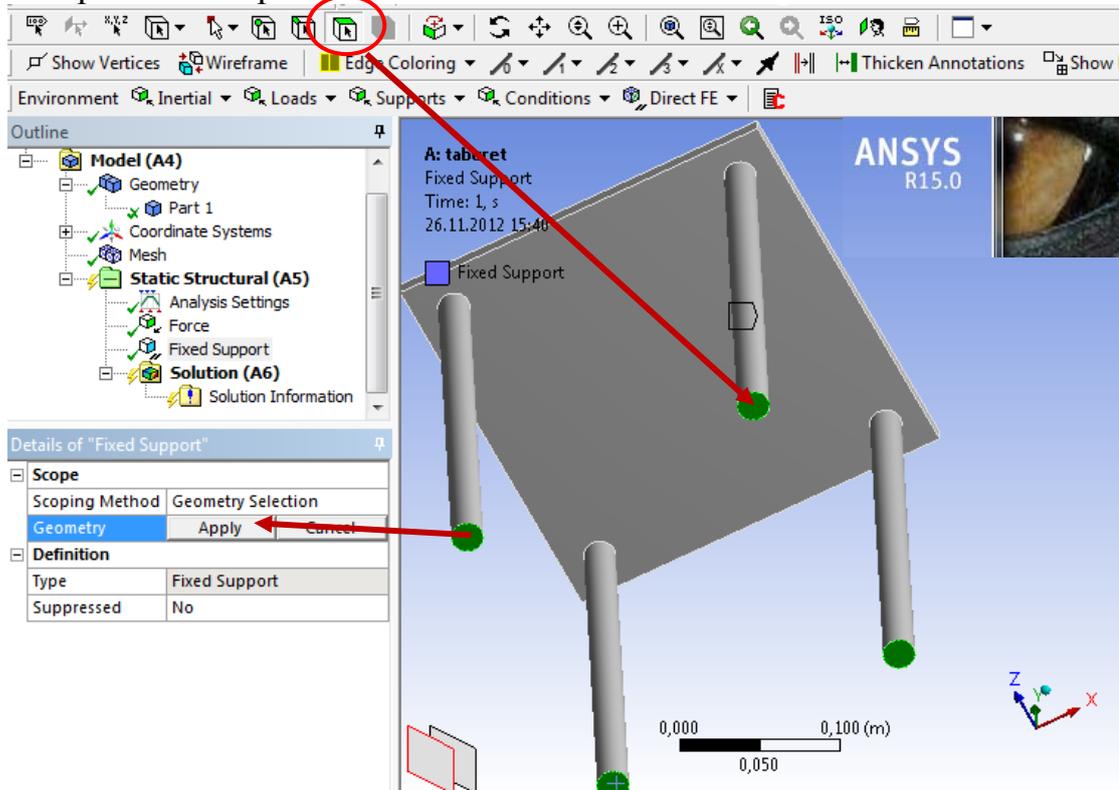


➤ Ограничение степеней свободы

Табурет стоит на полу и ограничен в перемещениях по вертикали ниже плоскости пола. Такое ограничению степеней свободы может соответствовать выбор из списка Supports типа заделки Fixed - жесткая заделка. При задании заделки следует выбрать 4 нижних поверхности ножек и применить жесткую заделку:

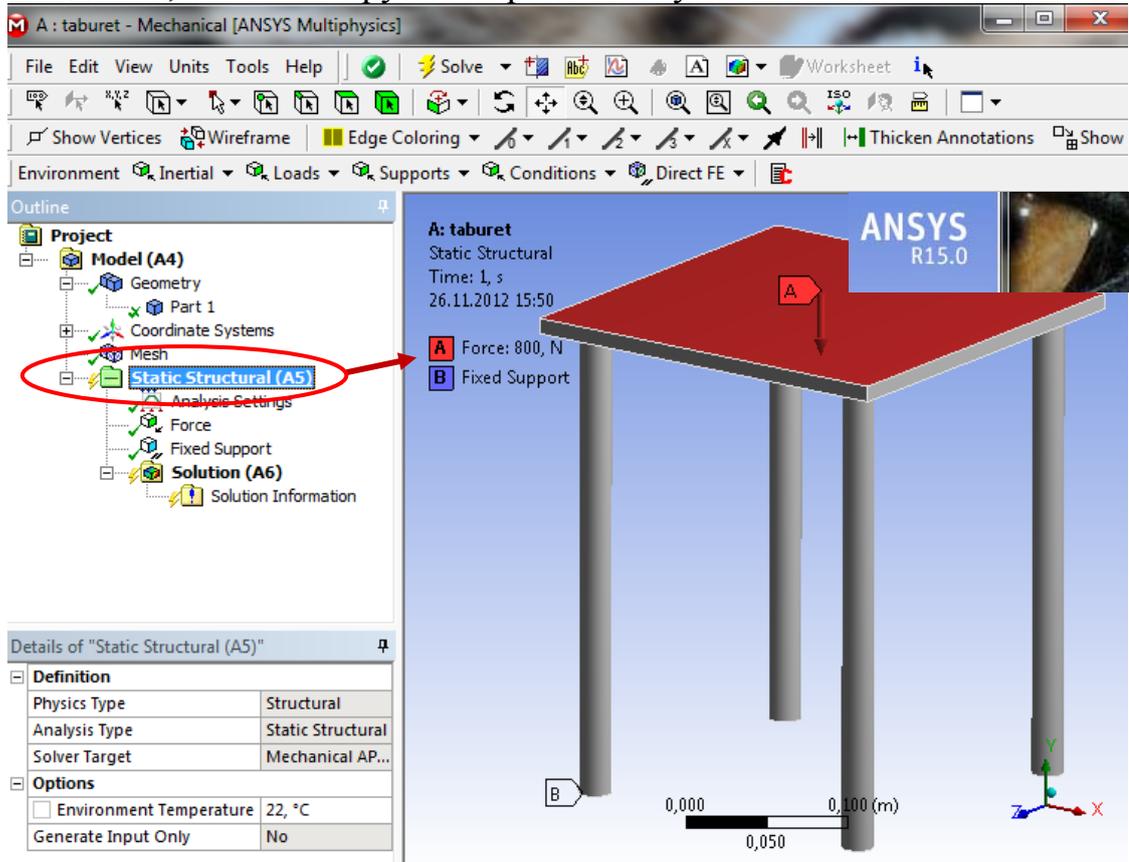


Выбрать 4 поверхности с нажатой кнопкой CTRL

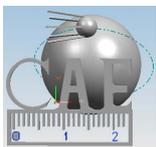
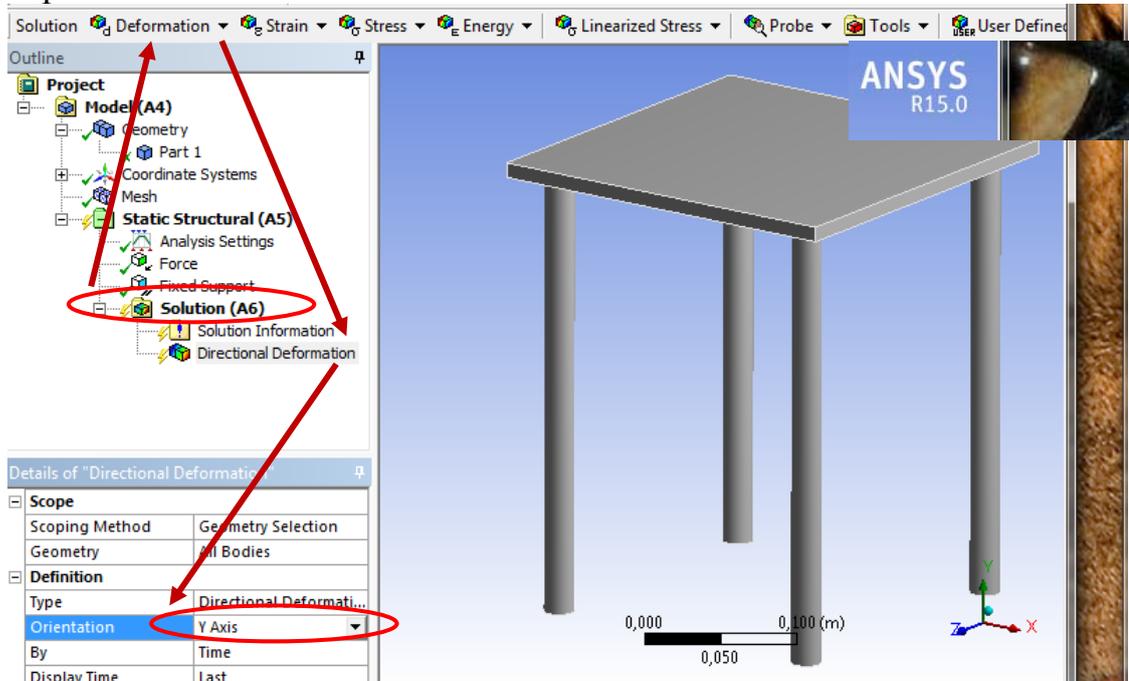


➔ Набор расчетных параметров проекта

Убедимся, что все нагрузки и граничные условия заданы:

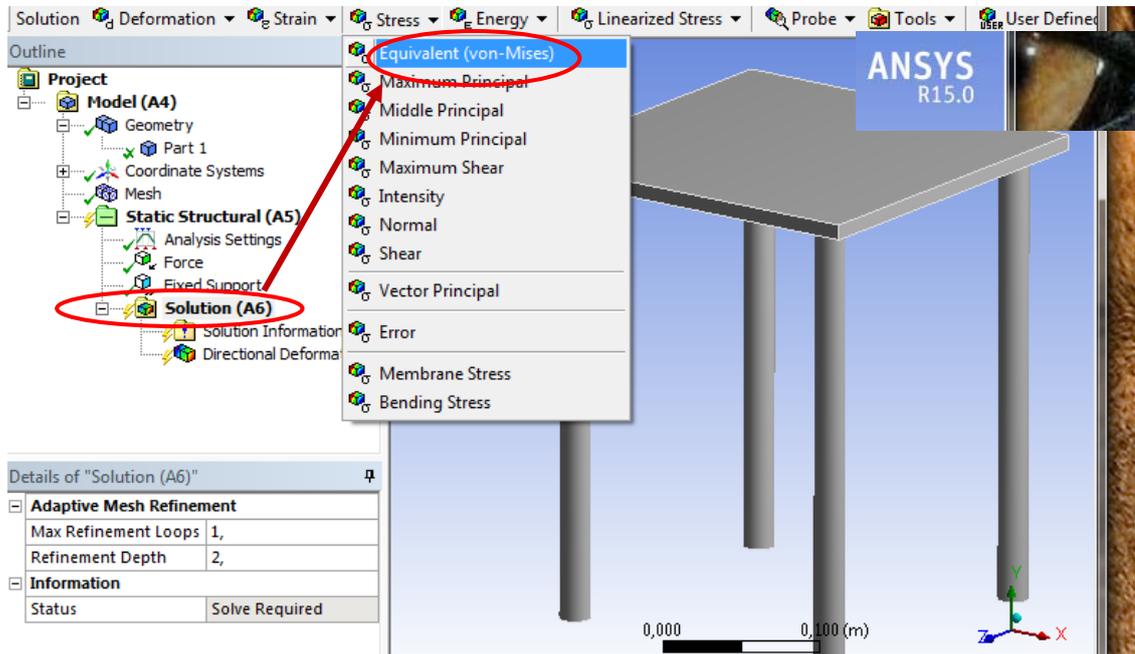


В список вычисляемых параметров проект включим смещения по вертикали:

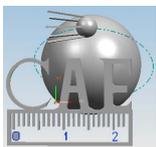
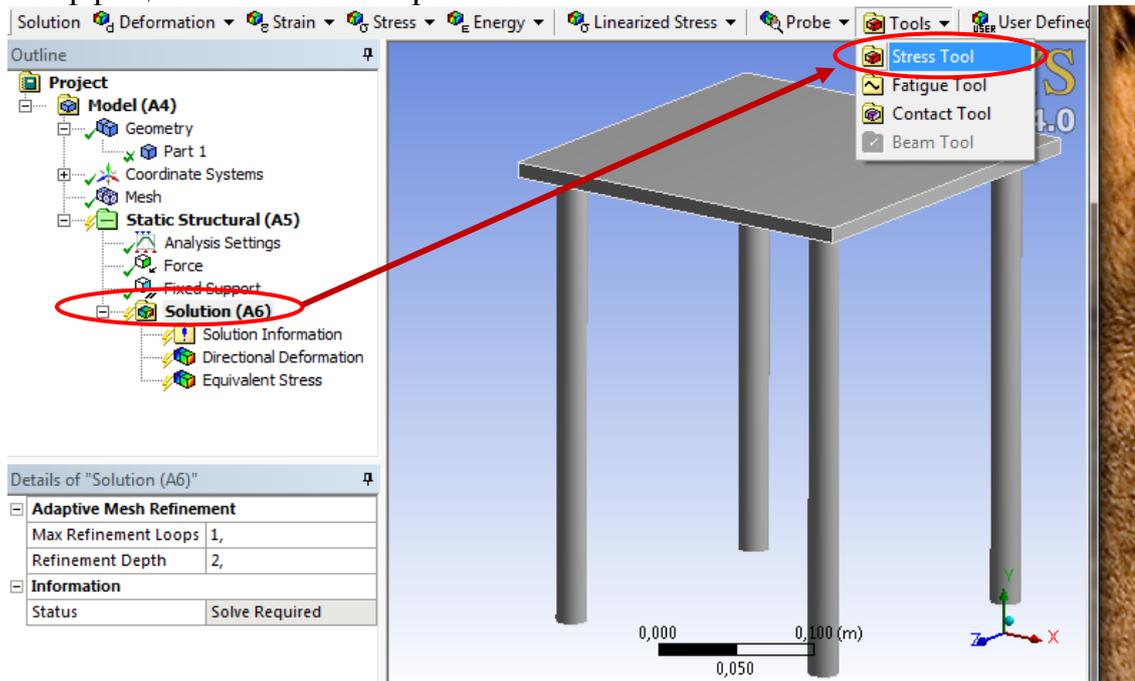


➤ Расчетные параметры прочности

Включим в список вычисляемых параметров эквивалентные напряжения:

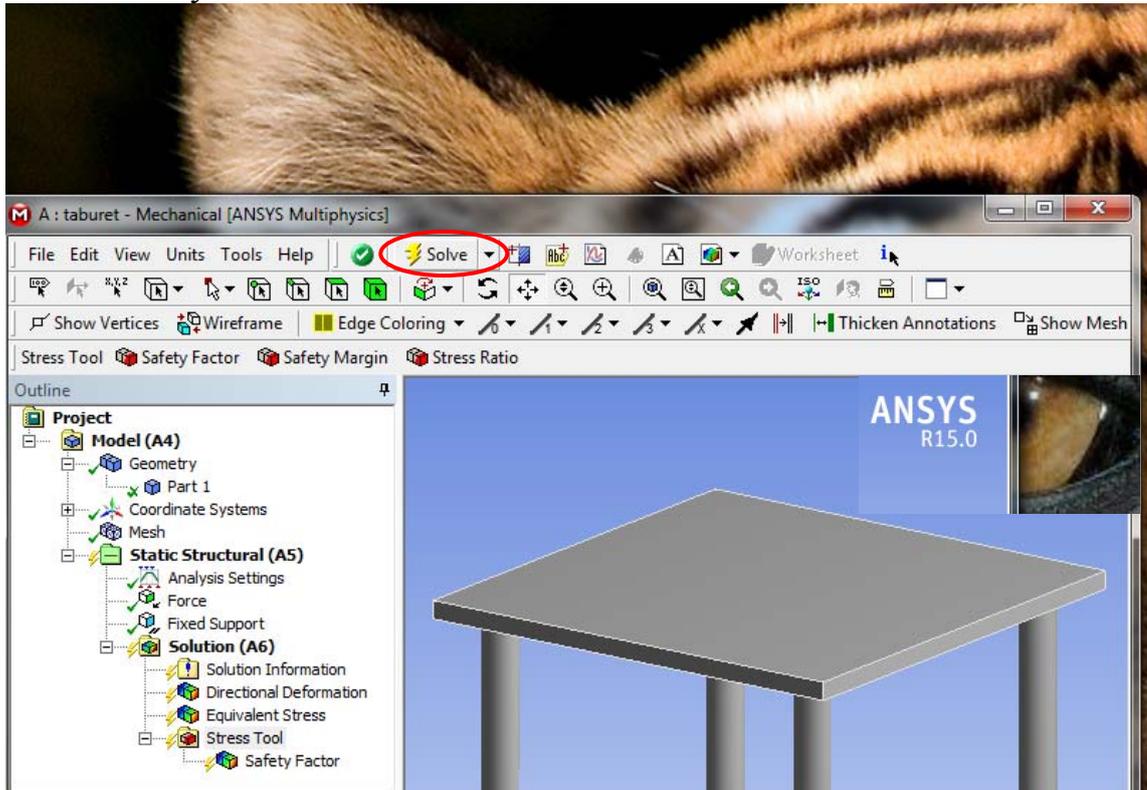


коэффициент запаса по прочности:

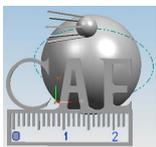
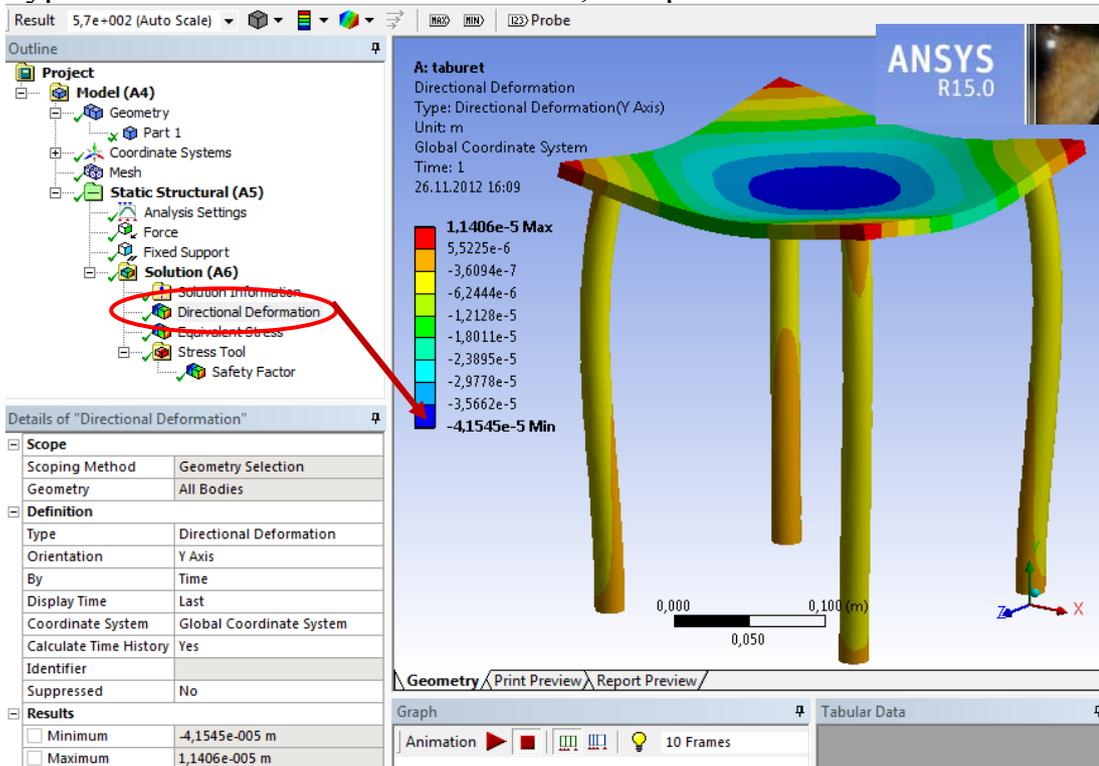


➤ Запуск вычислений и просмотр расчетных результатов

В меню запустить вычисления - Solve:



Максимальные смещения по вертикали для данной конструкции табурета, выполненного из алюминия, не превышает 0.04 мм:



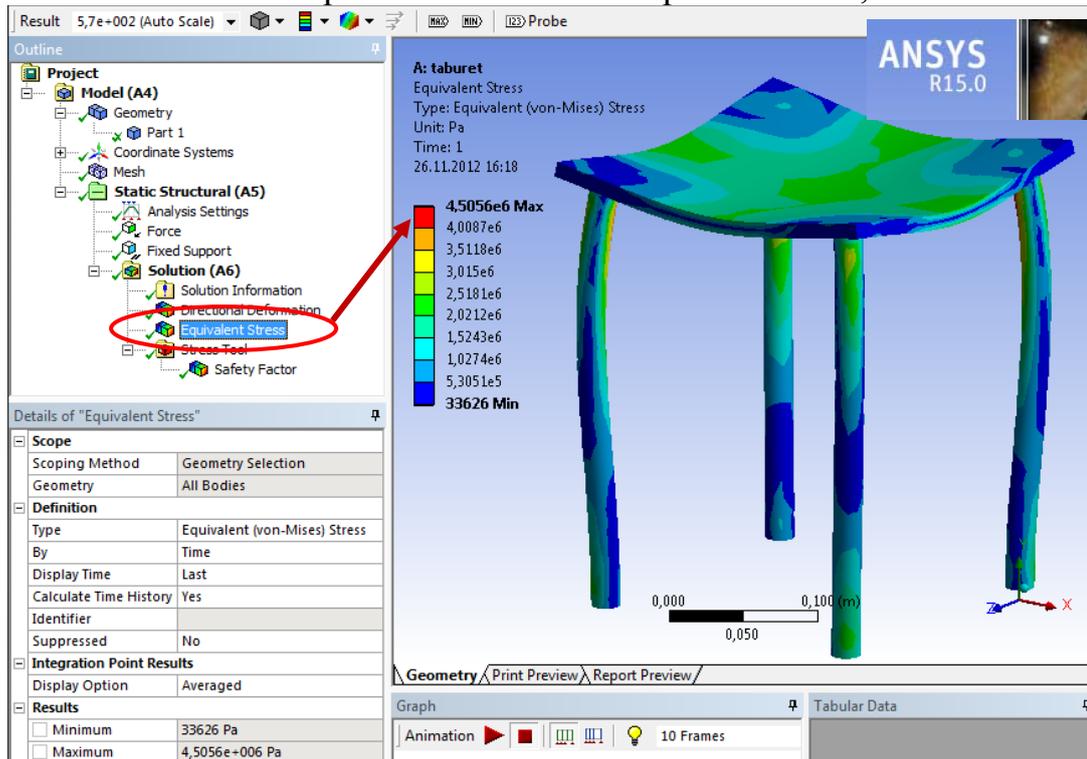
Екатеринбург · · · · (343) 375 94 03

30

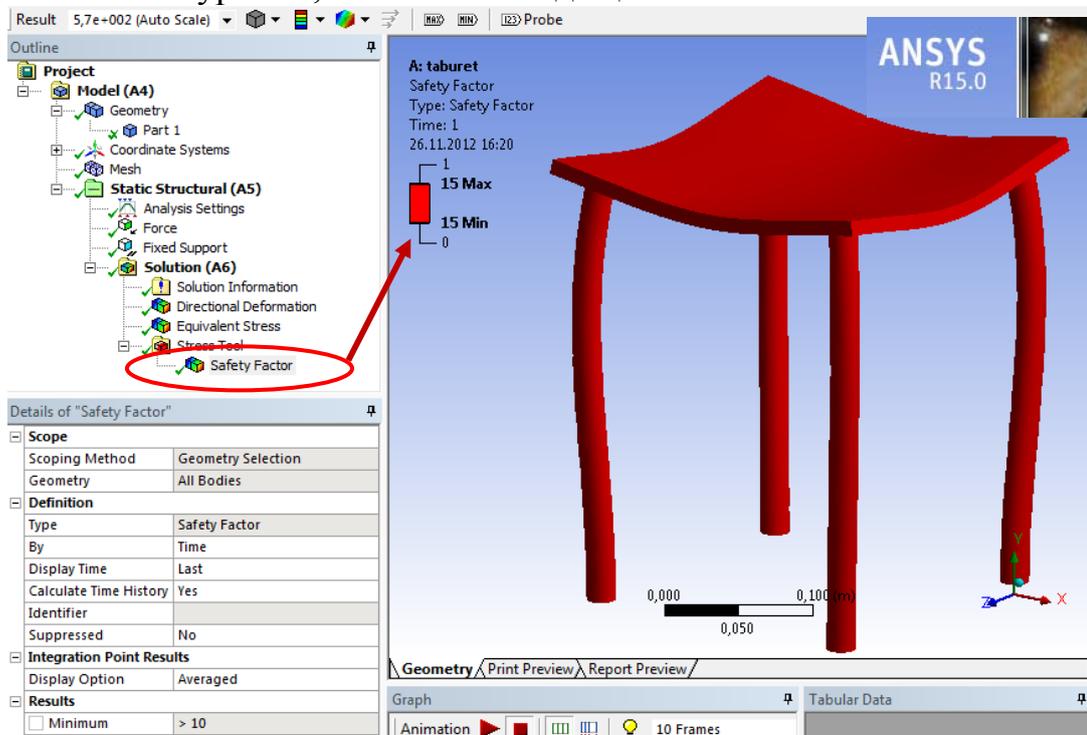
o.m.ogorodnikova@bk.ru · · · · www.cae.urfu.ru

© Техноцентр компьютерного инжиниринга · · · · 2017

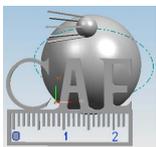
Эквивалентные напряжения Мизеса не превышают 4,5 МПа:



Коэффициент запаса по прочности превышает 15 при весе алюминиевого табурета 2,78 кг и весе сидящего человека 80 кг.

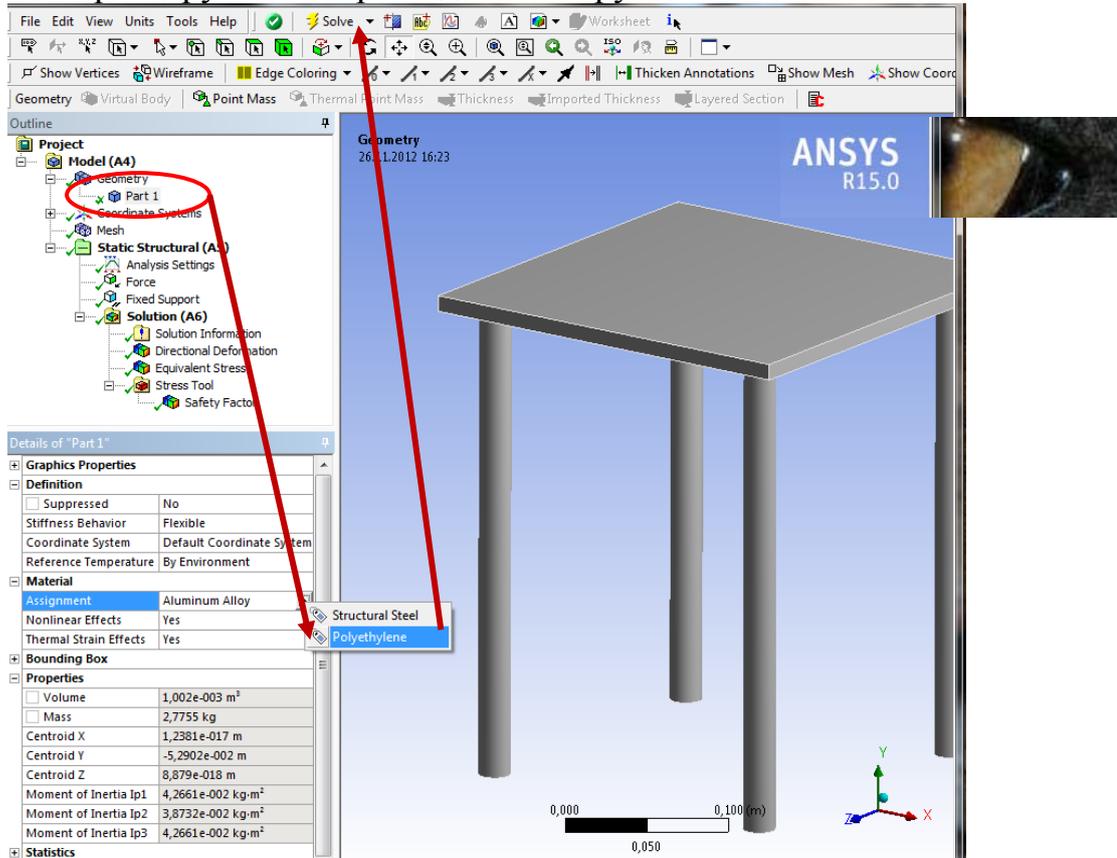


Вывод: конструкция переопределена по прочности.

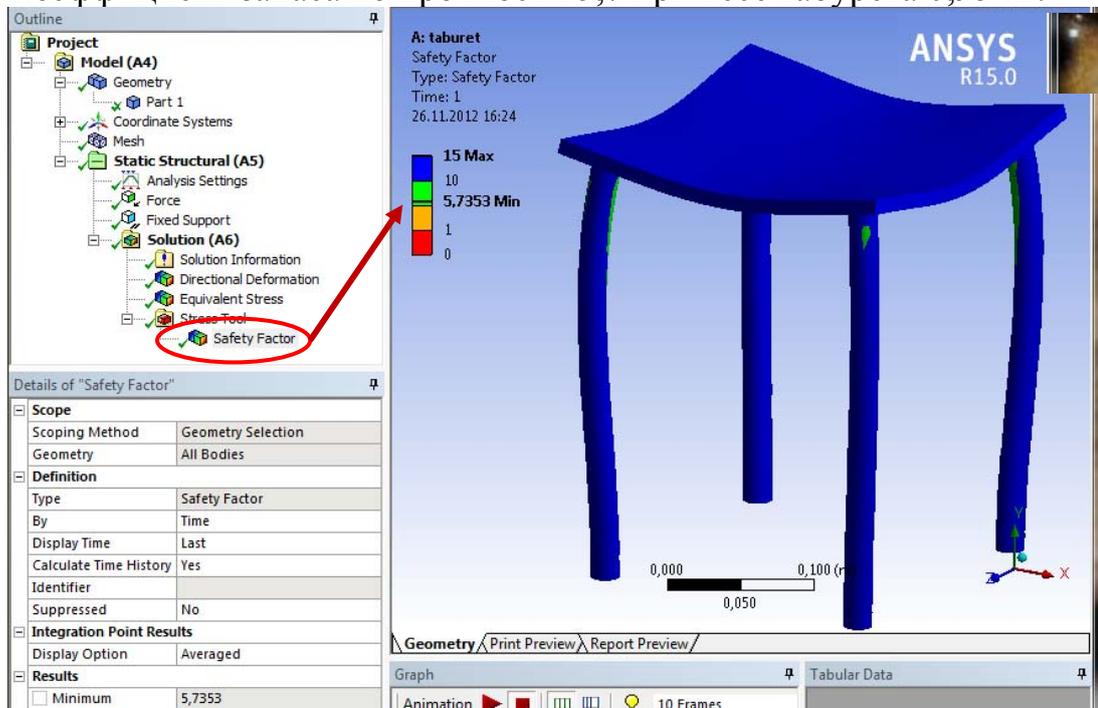


➔ Расчет прочности для другого материала

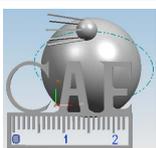
Выберем другой материал для конструкции - полиэтилен:



Коэффициент запаса по прочности 5,7 при весе табурета 0,95 кг:



Вывод: конструкция переопределена по прочности.



Екатеринбург ···· (343) 375 94 03

32

o.m.ogorodnikova@bk.ru ···· www.cae.urfu.ru

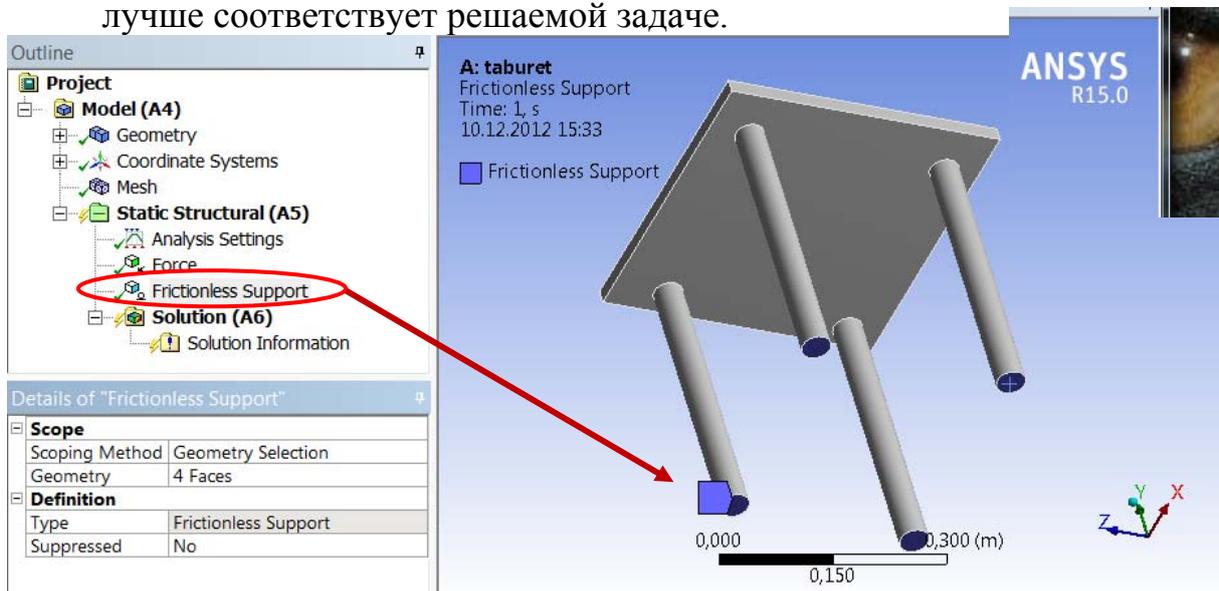
© Техноцентр компьютерного инжиниринга ···· 2017

➤ Расчет прочности для другого типа заделки

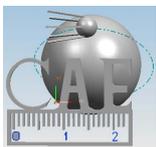
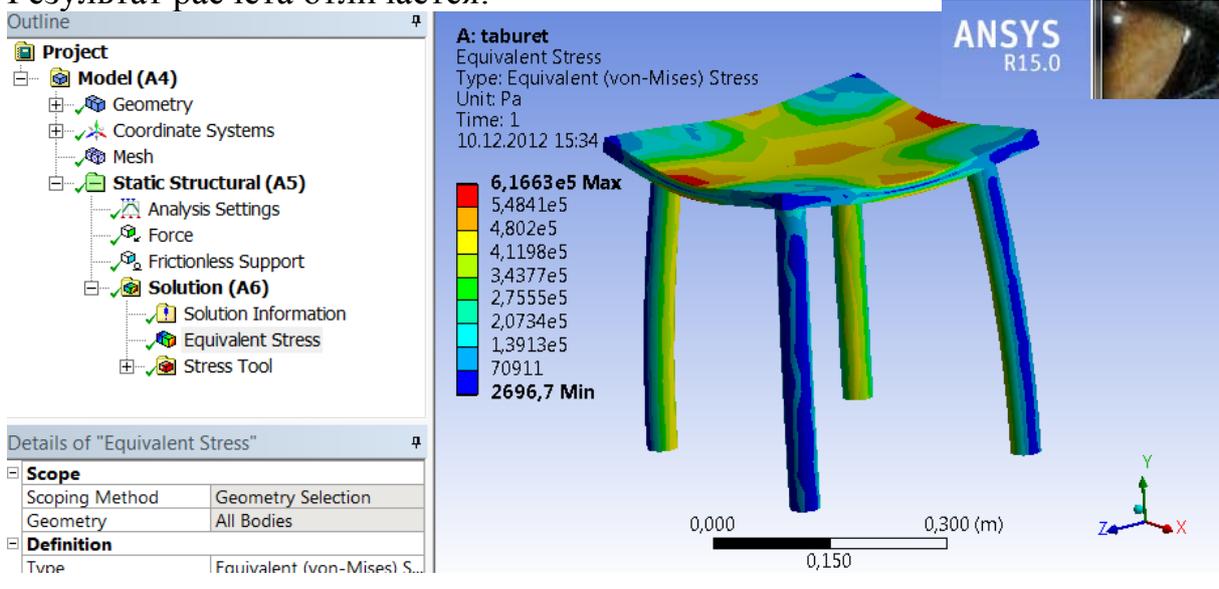
Расположение концентраторов напряжений и величина коэффициента запаса зависит от выбранного типа заделки. Более правдоподобный результат получается при выборе Static Structural > Support > Frictionless Support .

Жесткая заделка Fixed Support запрещает всем выбранным поверхностям смещаться по всем направлениям координат.

Граничные условия Frictionless Support запрещают отделение выбранных плоскостей от плоскости, но разрешают относительные перемещения по плоскости. Такое определение граничных условий лучше соответствует решаемой задаче.

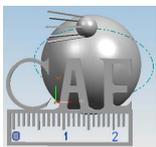
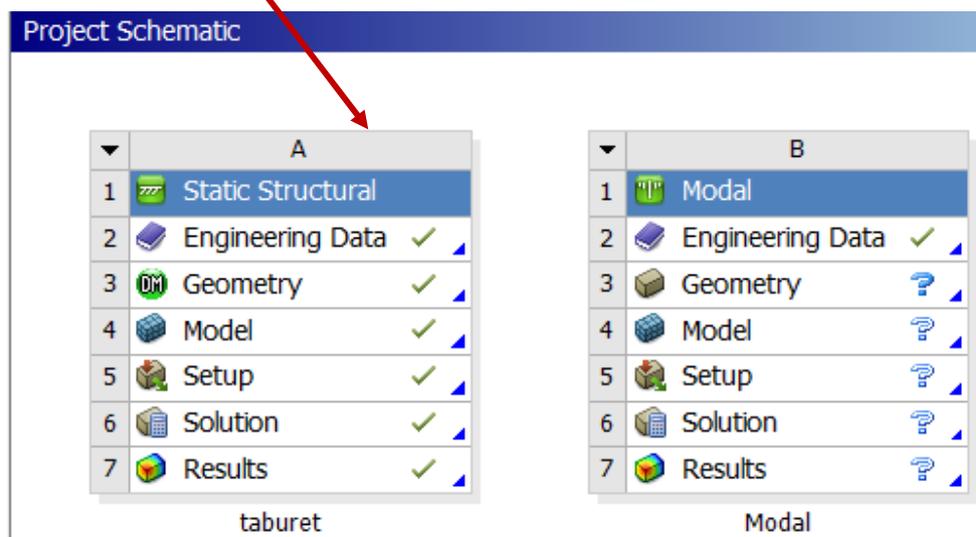
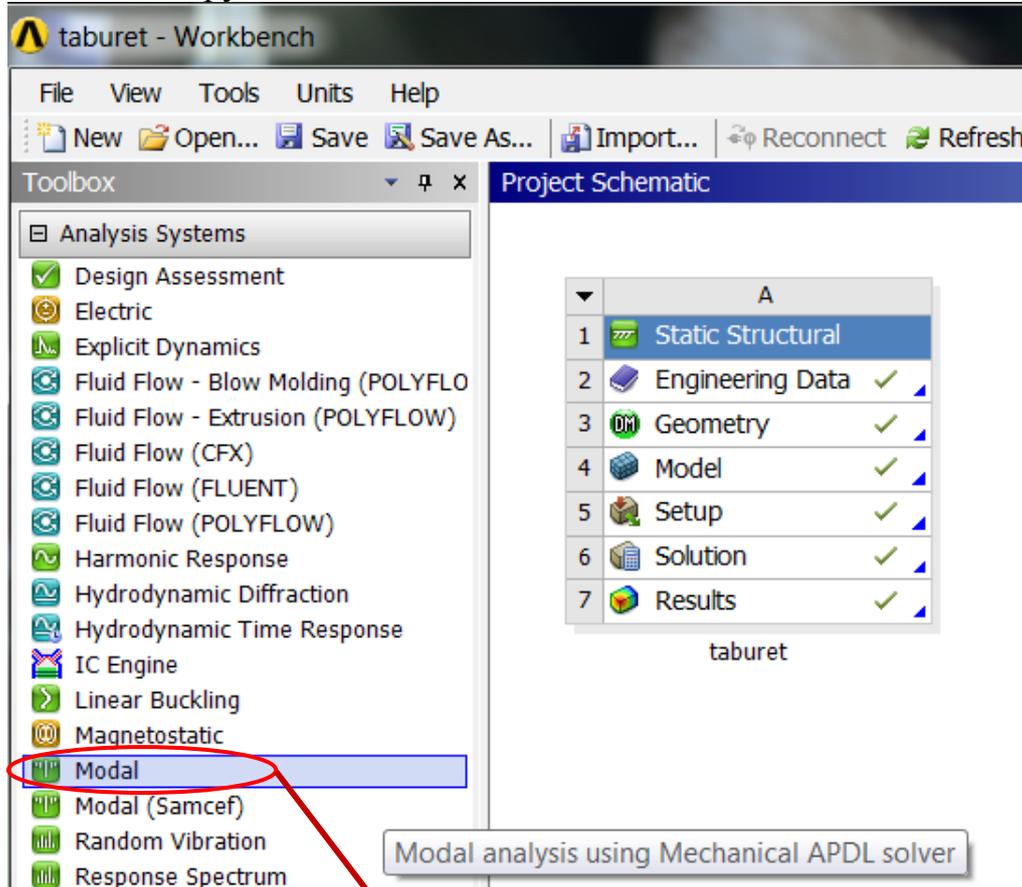


Результат расчета отличается:



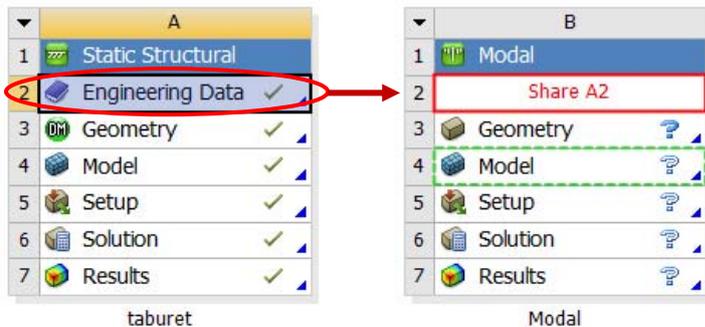
➔ Добавление в проект другого расчетного бокса

Чтобы добавить в проект еще одного расчетного бокса, достаточно дважды щелкнуть мышью по выбранной строчке. Добавим бокс модального расчета собственных частот и форм колебаний конструкции.

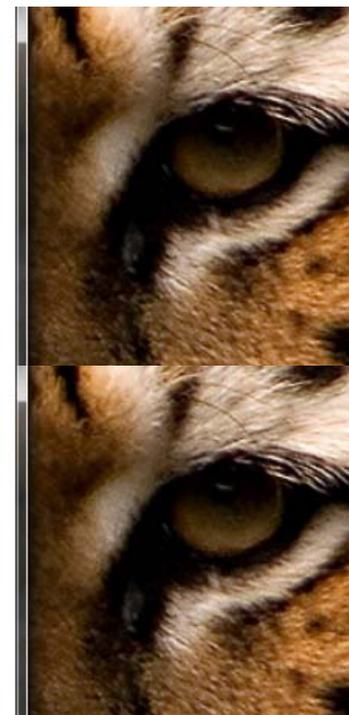
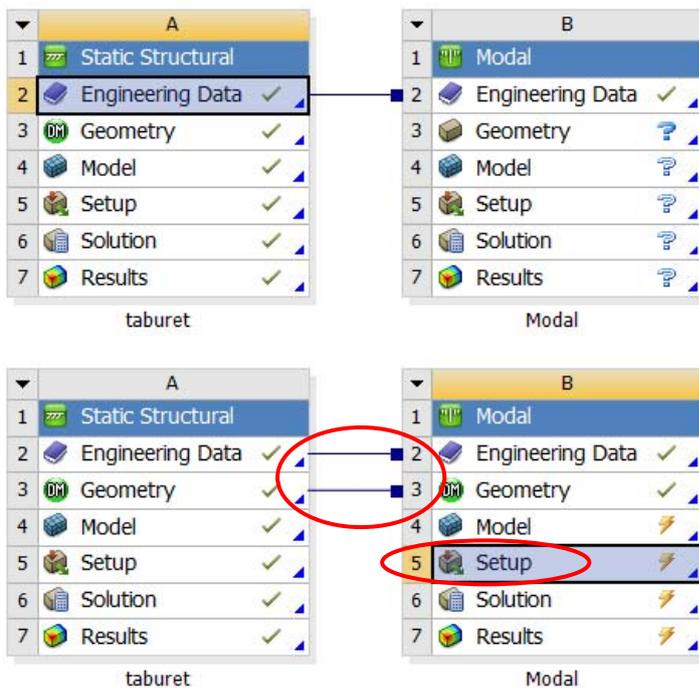


➤ Организация связей между расчетными боксами

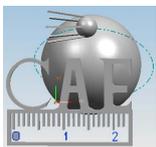
Два бокса следует связать. В частности, прочностной и вибрационный расчеты могут иметь общие свойства материалов и геометрию. Соответствующие строчки боксов следует связать гибкими связями. Чтобы организовать связь, нужно нажать мышью строчку в боксе А и вести до нужной строчки в боксе В.



В результате высвечивается связь:

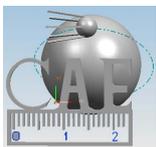
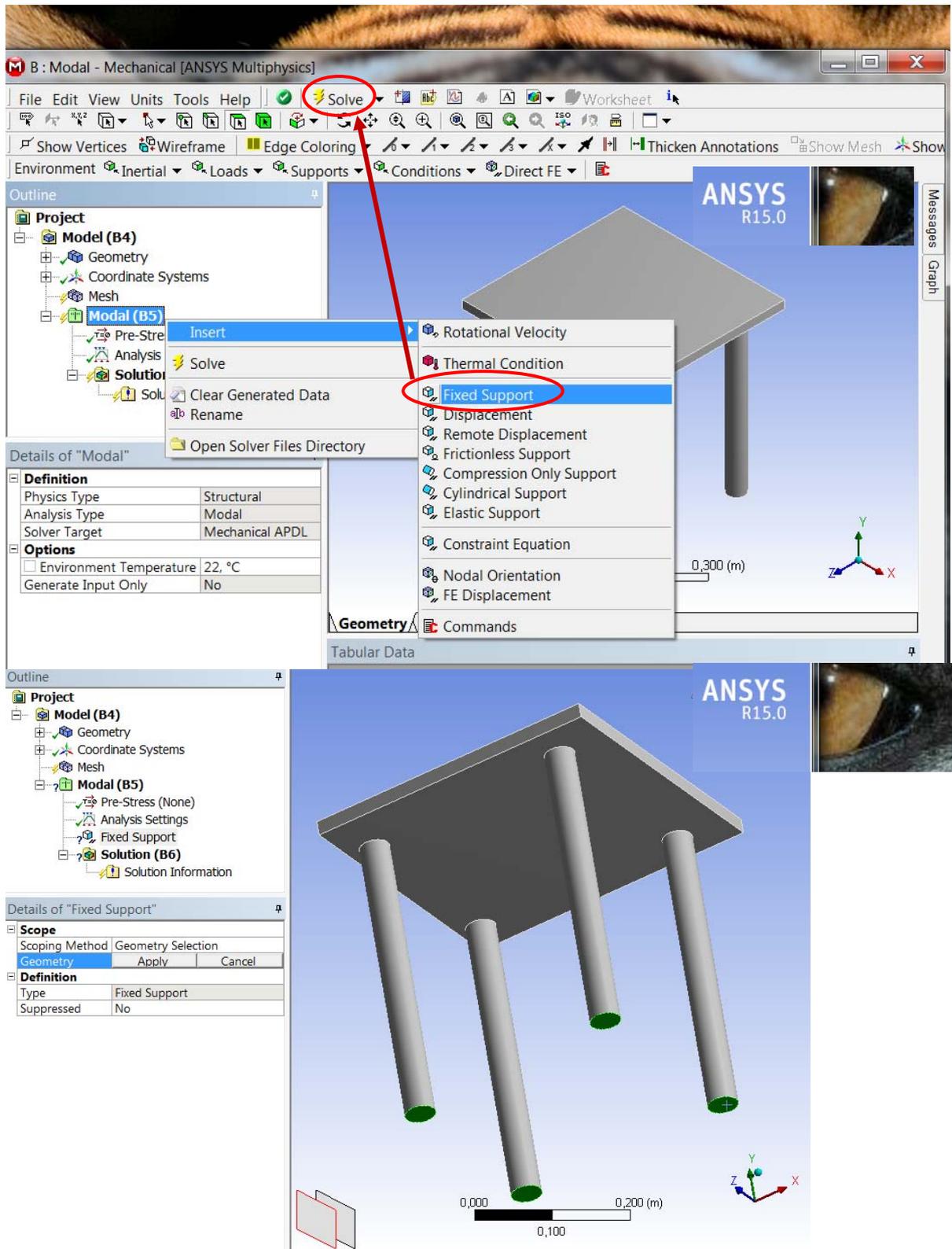


Следует выполнить остальные настройки расчетной модели, обратившись к модулю механических расчетов через строчку **Setup** бокса модального анализа.



➤ Настройки модального анализа

В модальном анализе задается только ограничение степеней свободы.



➤ Просмотр собственных частот и форм колебаний

Результатом расчета является листинг собственных частот:

The screenshot displays the software interface. On the left, the 'Outline' pane shows a project structure with 'Model (B4)' containing Geometry, Coordinate Systems, and Mesh, and 'Modal (B5)' containing Pre-Stress (None), Analysis Settings, and Fixed Support. Below it, 'Solution (B6)' includes Solution Information. The 'Details of "Solution (B6)"' pane shows 'Adaptive Mesh Refinement' with 'Max Refinement Loops' set to 1 and 'Refinement Depth' set to 2, and 'Information' with 'Status' set to 'Done'. The main area shows a 3D model of a square plate supported by four columns. A scale bar at the bottom indicates dimensions of 0,000, 0,150, and 0,300 (m). Below the model, the 'Tabular Data' table is shown with the following data:

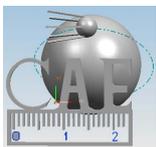
	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	106,94
2	2,	107,59
3	3,	149,67
4	4,	570,82
5	5,	658,03
6	6,	738,08

Для просмотра форм колебаний нужно выбрать эту опцию в контекстном меню:

The close-up shows the 'Tabular Data' table with a context menu open over the 'Frequency [Hz]' column. The menu options are: 'Copy Cell', 'Create Mode Shape Results' (circled in red), 'Export', and 'Select All'. The table data is as follows:

	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	106,94
2	2,	107,59
3	3,	149,67
4	4,	570,82
5	5,	658,03
6	6,	738,08

Список мод появится в дереве проекта.



➤ Анимация механических колебаний

Для анимационного вывода форм колебаний нужно в дереве проекта задать генерацию необходимых данных и нажать кнопку Animation:

Outline

- Project
 - Model (B4)
 - Geometry
 - Coordinate Systems
 - Mesh
 - Modal (B5)
 - Pre-Stress (None)
 - Analysis Settings
 - Fixed Support
 - Solution (B6)
 - Solution Information
 - Total Deformation
 - Total Deformation

Details of "Total Deformation"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Total Deformation
Mode	1,

ANSYS R15.0

B: Modal
Total Deformation 2
Type: Total Deformation
Frequency: 107,59 Hz
Unit: m
10.12.2012 15:17

0,18583 Max
0,16518
0,14453
0,12389
0,10324
0,082591
0,061943
0,041296
0,020648
0 Min

Details of "Total Deformation 2"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Total Deformation
Mode	2,
Identifier	
Suppressed	No
Results	
Minimum	0, m
Maximum	0,18583 m
Information	

Animation ▶

Graph

738,08

400

200

0

1 2 3 4 5 6

Mode	Frequency [Hz]
1	106,94
2	107,59
3	149,67
4	570,82
5	658,03
6	738,08

