

Лабораторная работа № 6

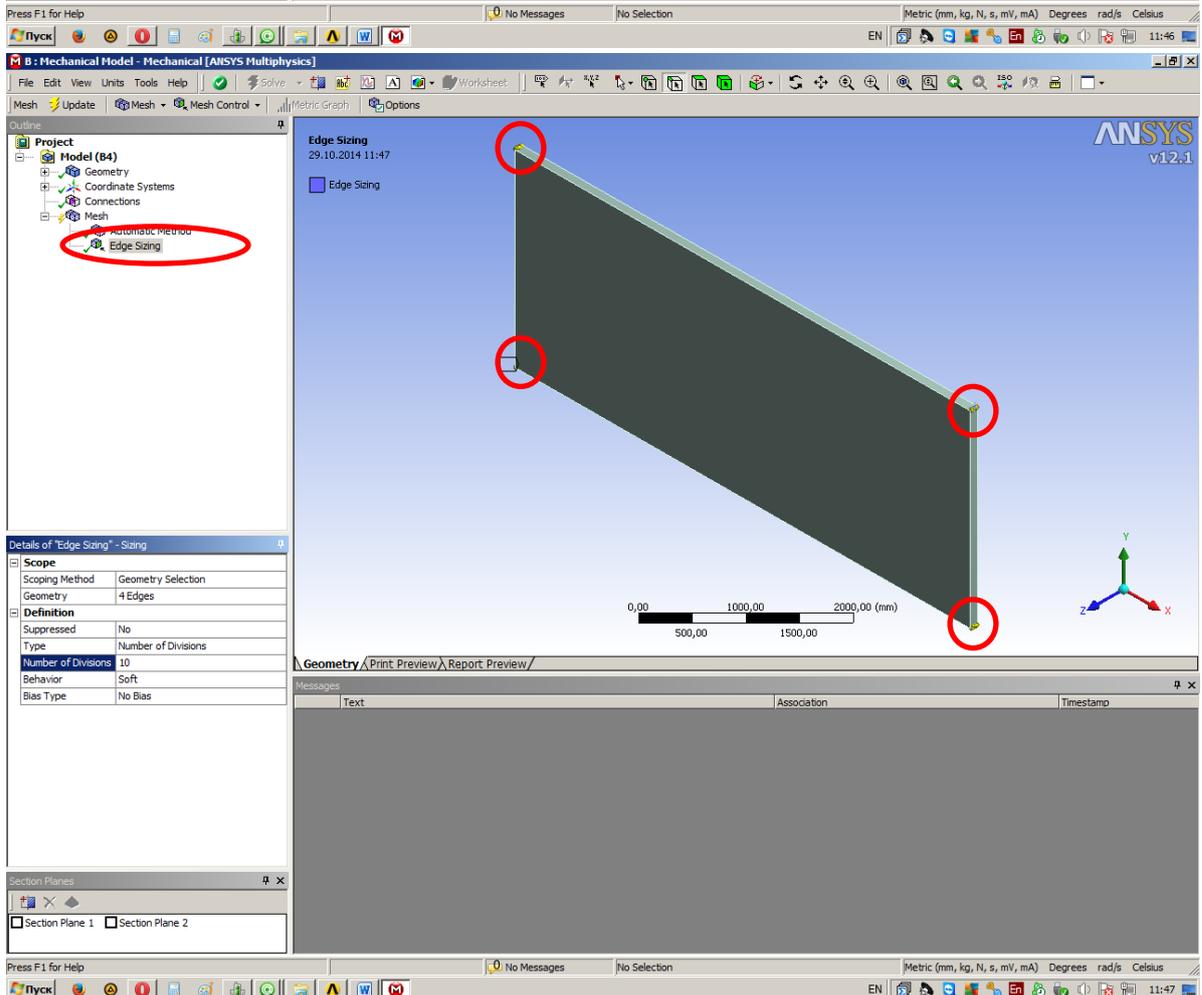
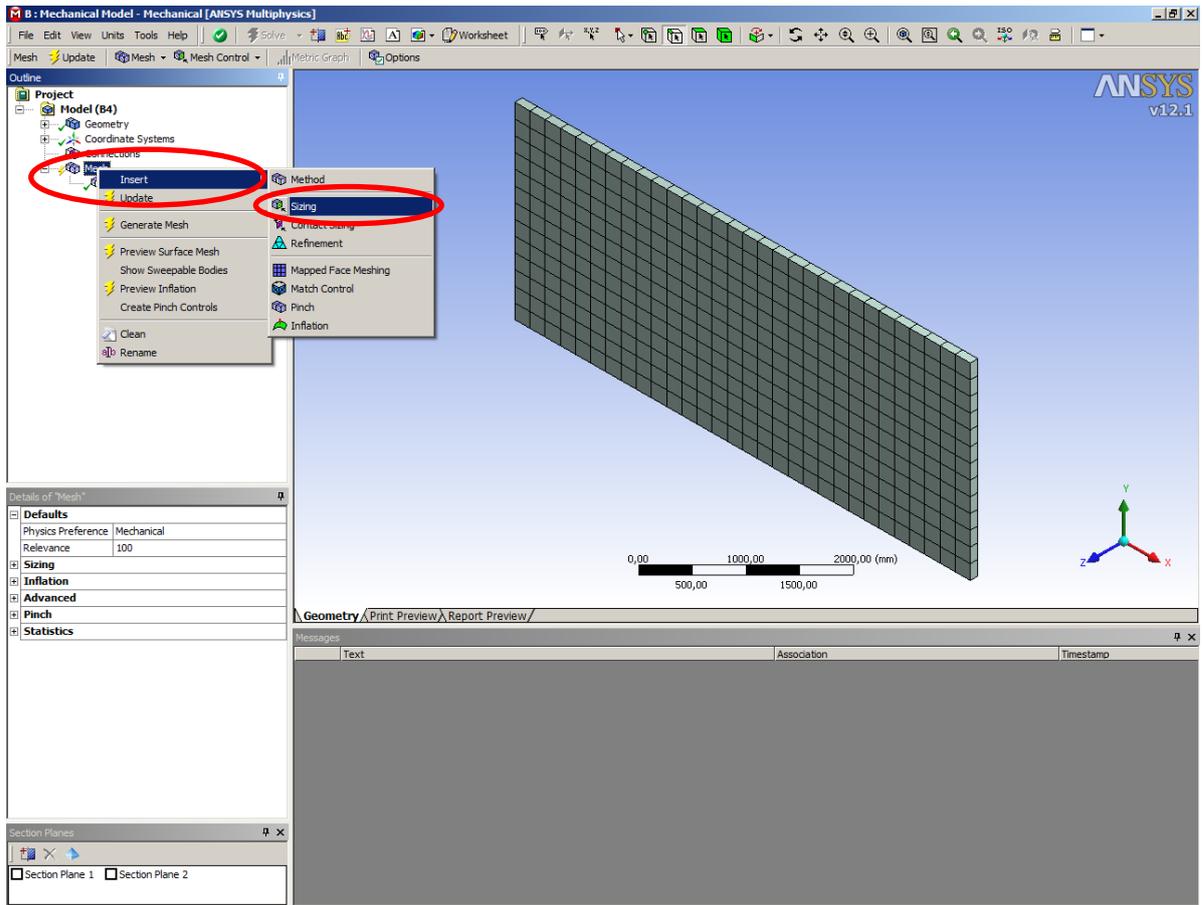
Освоение основ температурного расчета и совмещенного термо-конструкционного анализа в программе ANSYS Workbench

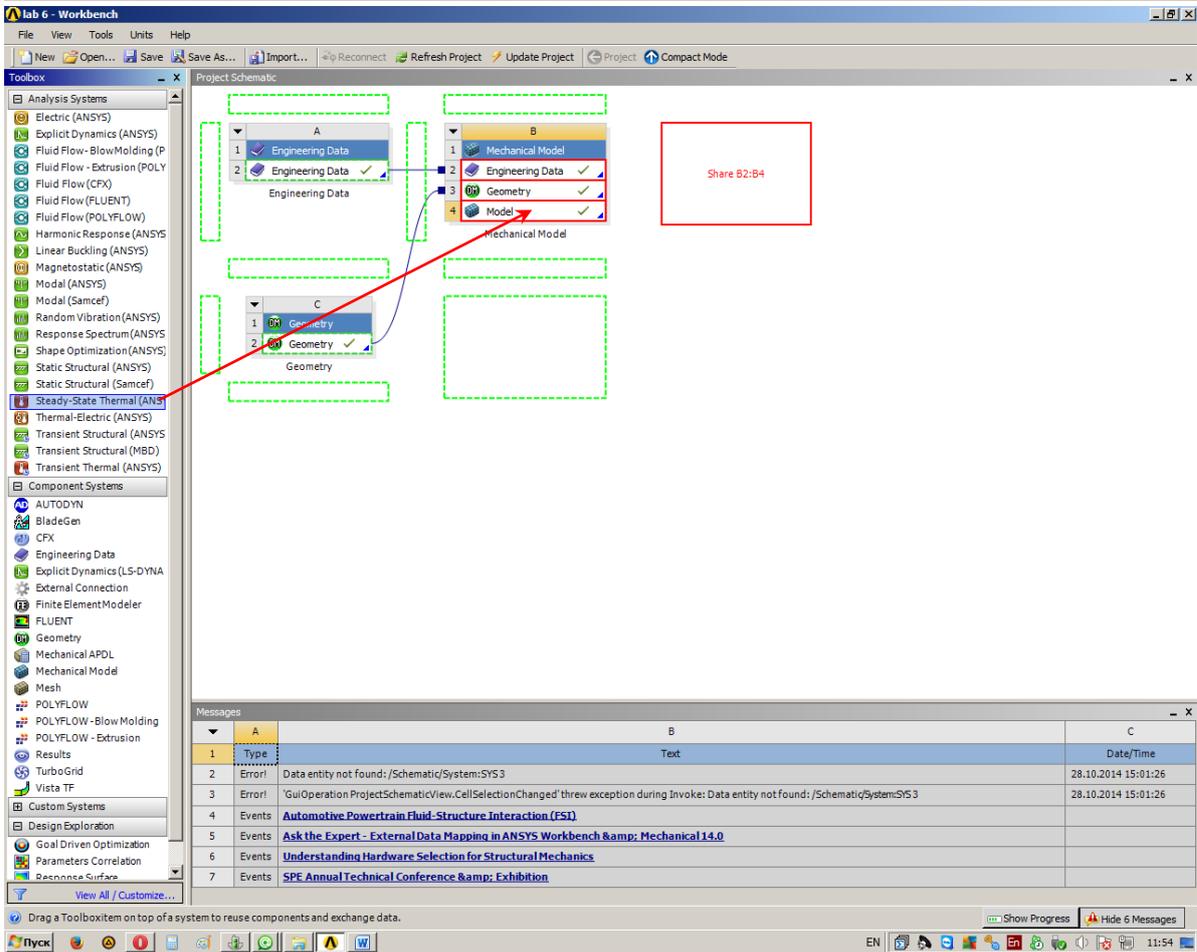
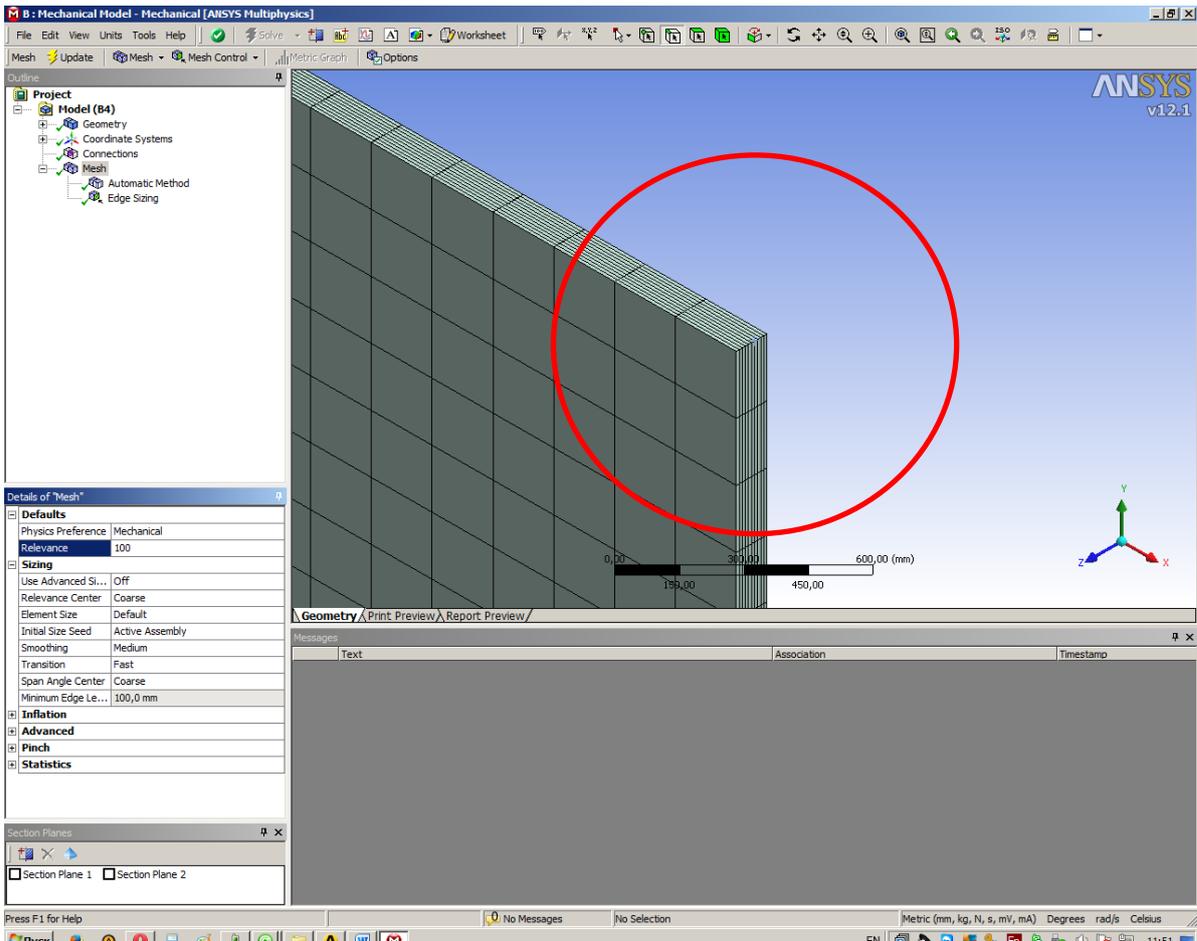
1. Расчет температуры внутренней поверхности стены

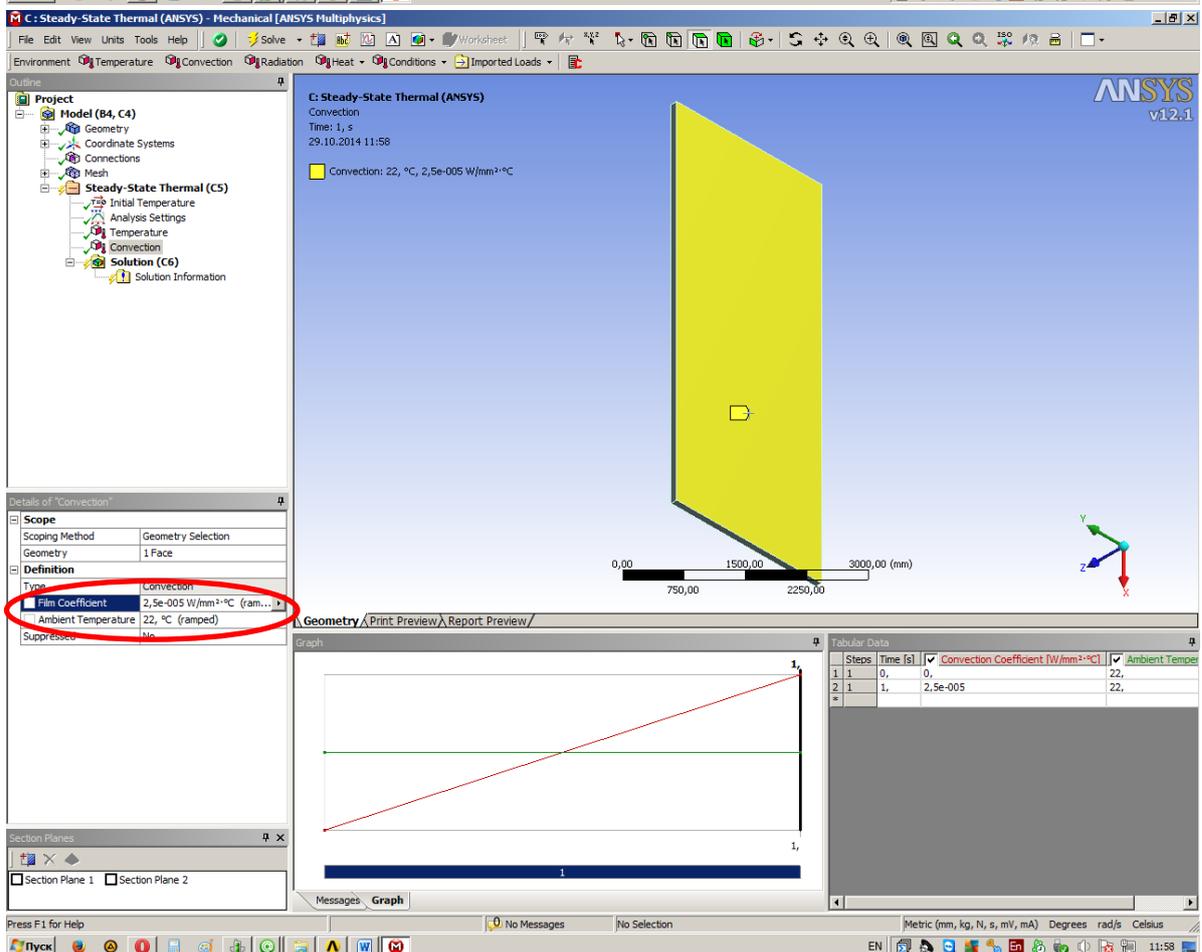
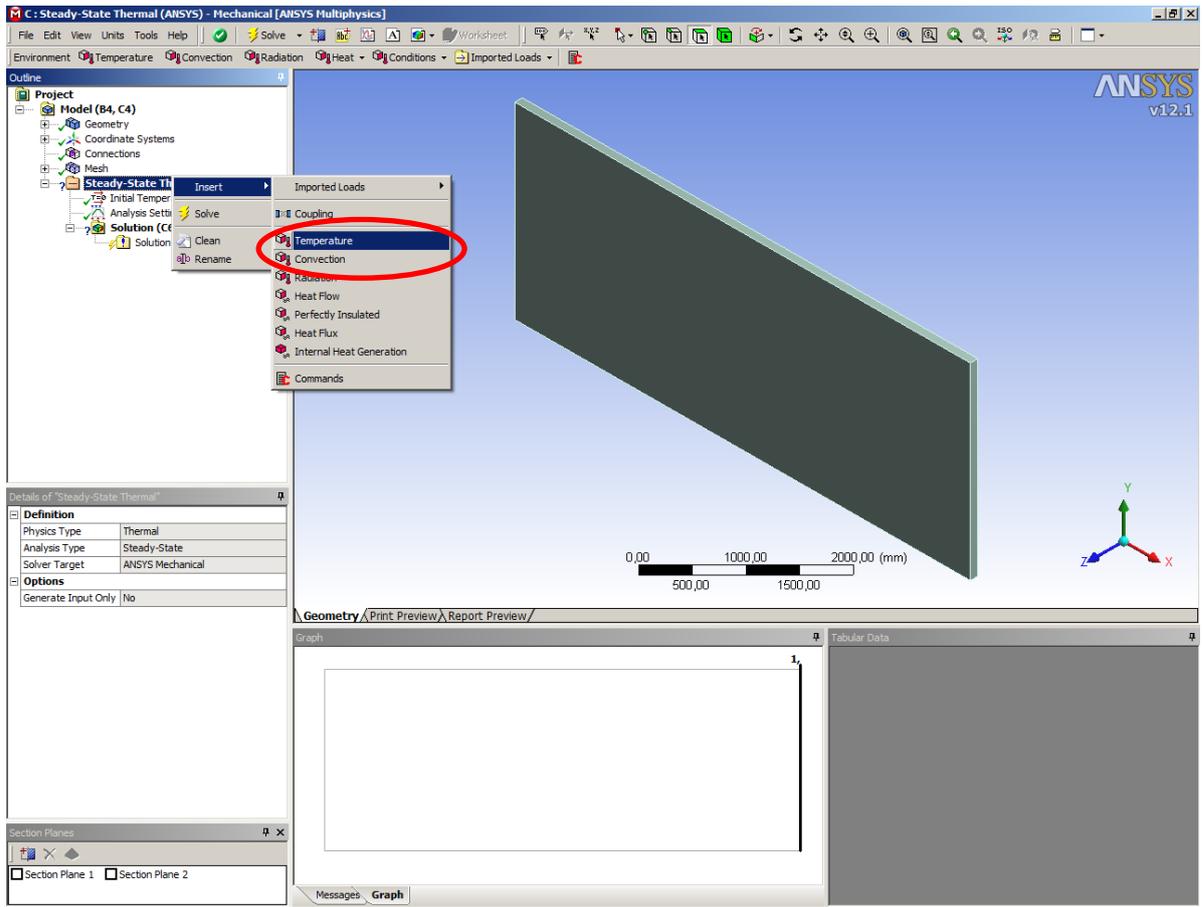
Задание: провести температурный расчет стены и определить температуру на ее внутренней поверхности, если температура на улице $t_{\text{нар}} = -30^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в комнате составляет $t_{\text{комн}} = 22^{\circ}\text{C}$, коэффициент теплоотдачи по границе воздух – гладкая поверхность равен $k_{\text{возд}} = 25 \text{ Вт/м}^2 \times ^{\circ}\text{C}$. Параметры стены: высота $b = 2,5 \text{ м}$, толщина $h = 100 \text{ мм}$, длина $l = 6 \text{ м}$. Материал стены – *бетон*.

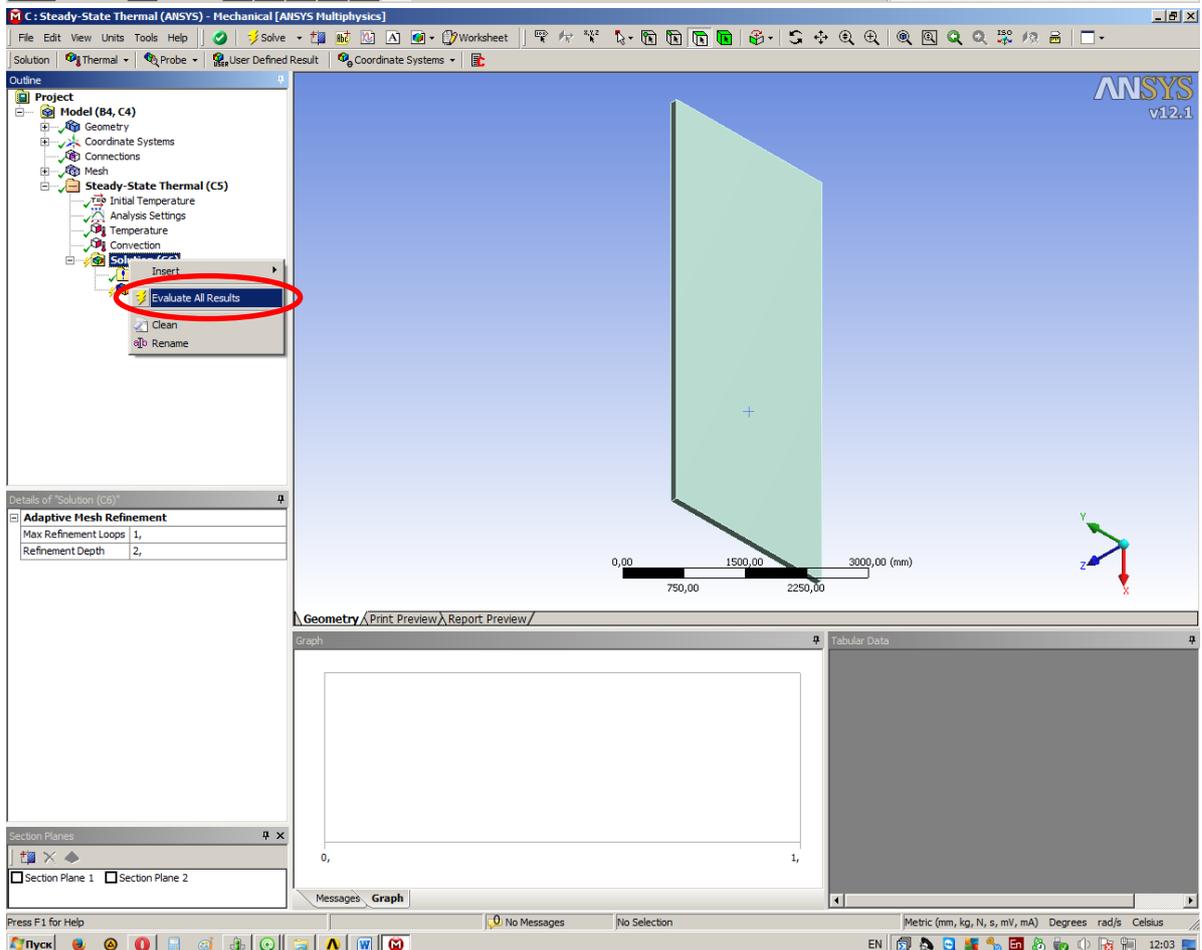
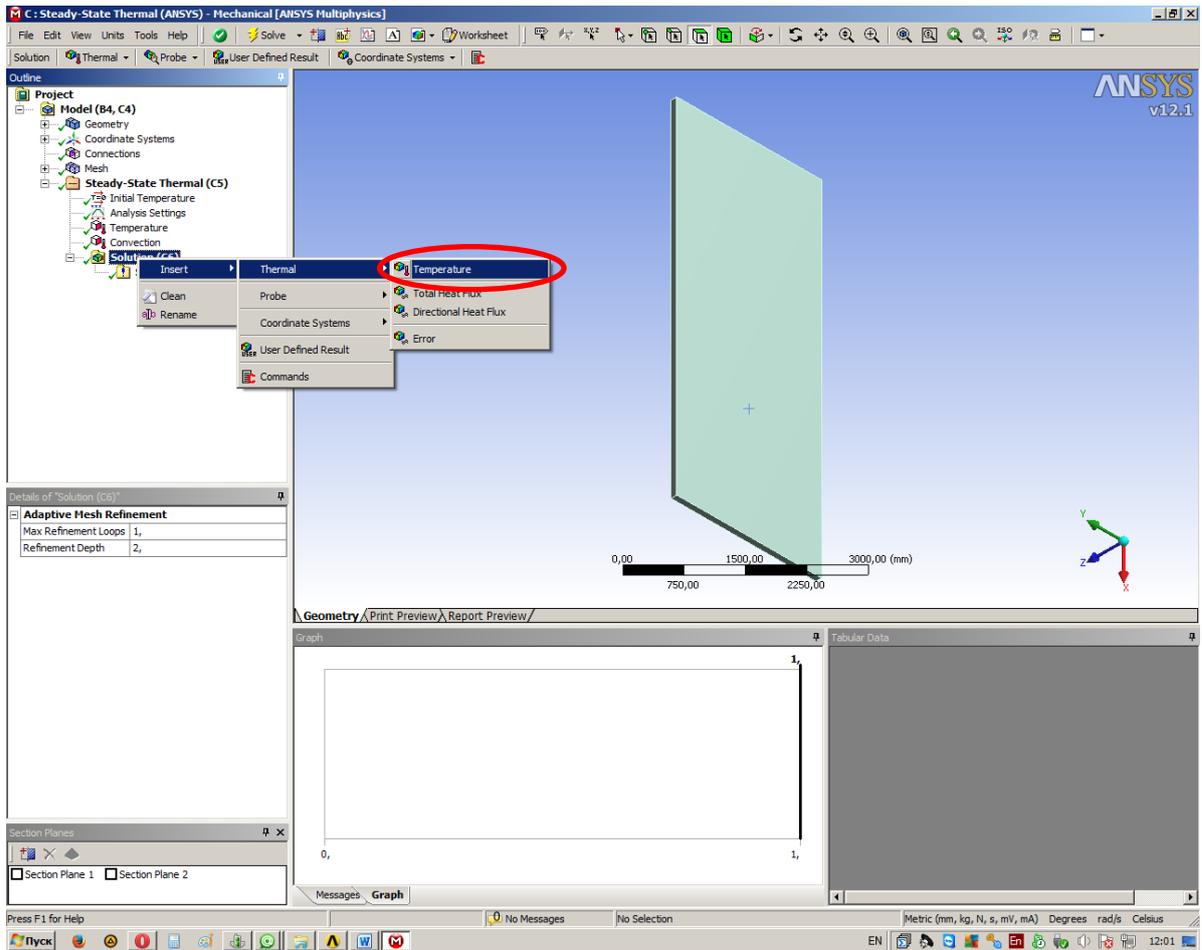
Порядок выполнения задания:

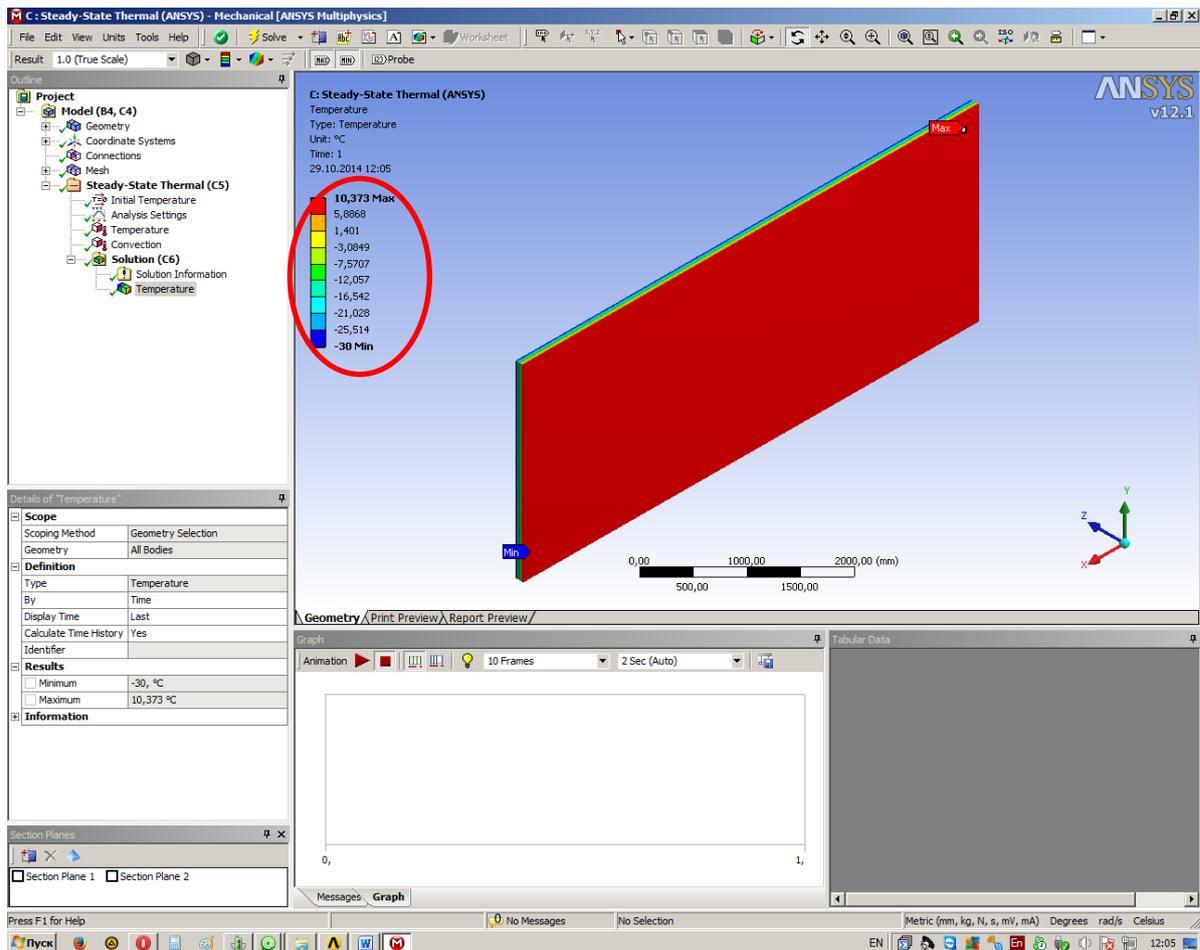
1. Добавить из библиотеки материалов в модуль *Engineering data* материал стены – бетон (*Concrete*). При разбиении сетки указать, какой детали соответствует какой материал.
2. В модуле *Geometry* построить модель стены по заданным размерам.
3. Разбить модель на конечно-элементную сетку в модуле *Mechanical model*. Для того, чтобы получить необходимое количество элементов по толщине стены, необходимо *ПКМ на Mesh* → *Insert* → *Sizing* → *выбрать ребра по толщине стенки* (см. рисунок) → *Apply* → *Type* → *Number of Divisions* → *10* и сгенерировать сетку.
4. Помещаем в дерево проекта модуль *Steady-state thermal (ANSYS)*, в котором указываем: температуру наружной части стены – *ПКМ на Steady-state thermal* → *Insert* → *Temperature* и конвективную теплоотдачу - *ПКМ на Steady-state thermal* → *Insert* → *Convection*, где вводим коэффициент теплоотдачи стены (*Film coefficient*) и температуру внутри помещения (*Ambient temperature*). После этого производим расчет с помощью команды *Solve* и анализируем распределение температур по стене с помощью *ПКМ Solution* → *Insert* → *Temperature* и *ПКМ Solution* → *Evaluate all results*.











2. Расчет потребной толщины стены на основе результатов термического анализа

Задание: на основании проведенного в задании 1 температурного расчета определить потребную толщину бетонной стены с условием, чтобы температура на внутренней ее поверхности составила $t_{\text{внут}} = 17 \div 19^{\circ}\text{C}$. Проанализировать все материалы в библиотеке элементов *General materials* и предложить более предпочтительный с точки зрения теплопроводности материала и рассчитать потребную толщину стенки для него.

3. Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) рабочего колеса компрессора низкого давления авиационного двигателя с учетом инерционных, газовых и температурных нагрузок

Задание: провести расчет НДС РК КНД с учетом инерционных и газовых сил и температурных воздействий по ранее построенной в программе КОМПАС-3D модели сектора, состоящего из 3-х лопаток и части диска.

Граничные условия: жесткая заделка (*Fixed Support*) диска по внутреннему отверстию и его торцу, заделка без трения (*Frictionless support*) по боковым поверхностям диска, угловая скорость вращения (*Rotational velocity*) $n = 9100$ об/мин. Материал лопатки – *титановый сплав VT-6* с пределом текучести (*Tensile yield strength*) $\sigma_T = 900$ МПа, материал диска – *титановый сплав VT-8* с пределом текучести $\sigma_T = 1000$ МПа. Температура на входе в РК $t_{вх} = 50^\circ\text{C}$, на выходе из РК $t_{вых} = 100^\circ\text{C}$, температура в нижней задней части диска, где имеет место воздействие охлаждающего воздуха, составляет $t_d = 30^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $t_{oc} = 20^\circ\text{C}$. Примерное распределение давлений по лопатке представлено на рис. 1. Давление входе в РК $p_{вх} = p_{атм}$. Давление на выходе определяется из условия, что *степень повышения давления в колесе* составляет $\pi_k = 1,5$.

Порядок выполнения задания:

1. Создать в модуле *Engineering data* два материала (**VT6** и **VT8**) на основе титанового сплава (*Titanium alloy*) с изменением требуемых по условию задачи свойств. При разбиении сетки указать, какой детали соответствует какой материал.
2. Найти ранее созданную модель сектора колеса, состоящую из сектора диска (18°) и 3-х рабочих лопаток.
3. Импортировать данную модель в модуль *Geometry* в ANSYS Workbench 12.1.
4. Разбить модель на конечно-элементную сетку в модуле *Mechanical model*. Параметры сетки можно взять аналогичными, как и в предыдущей лабораторной работе.
5. Первым шагом выполнения данного задания является проведение температурного расчета, результатом которого будут поля температур по лопаткам и диску. Для этого помещаем в дерево проекта модуль *Steady-state thermal (ANSYS)*, в котором указываем температуры по входным и выходным кромкам лопаток в соответствии с условиями задачи, а также температуру на задней нижней части диска. После этого производим расчет с помощью команды *Solve* и анализируем распределения температур по сектору рабочего колеса с помощью *PKM Solution* \rightarrow *Insert* \rightarrow *Temperature* и *PKM Solution* \rightarrow *Evaluate all results*.
6. Добавляем модуль *Static structural (ANSYS)* и уже известным способом прикладываем инерционные нагрузки и граничные условия.

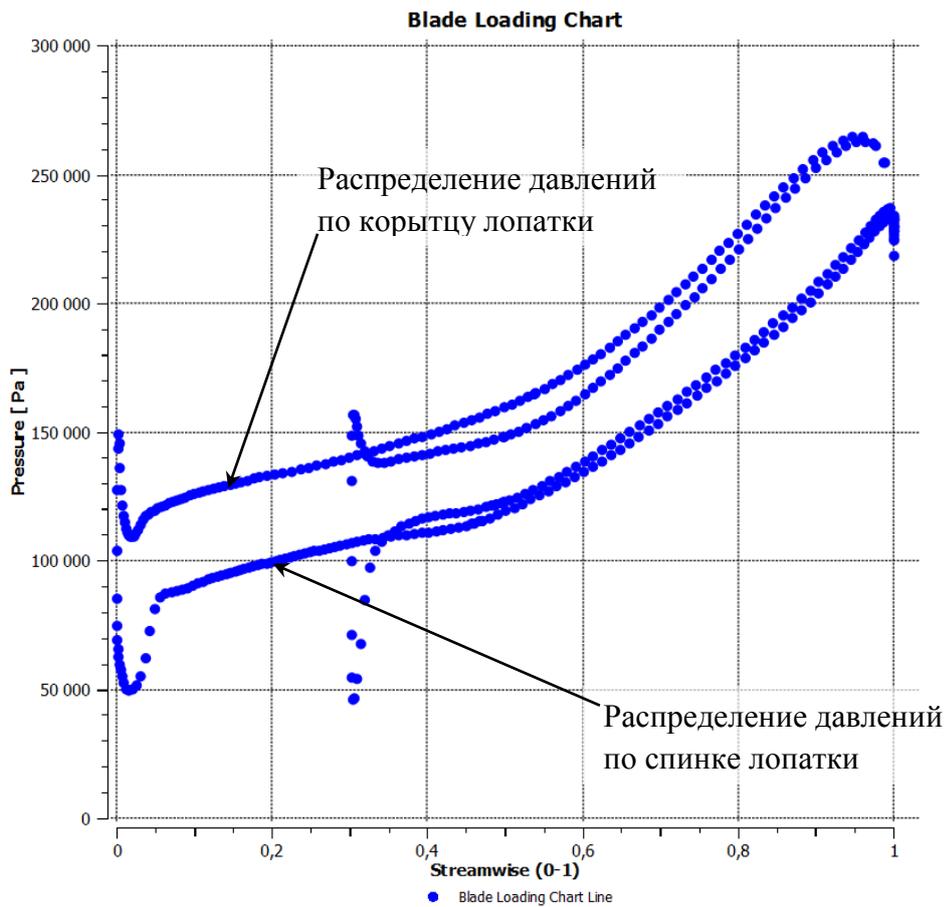


Рис. 1. Примерное распределение статических давлений по спинке и корыту лопатки

lab 6 - Workbench

File Edit View Tools Units Help

New Open... Save Save As... Import... Reconnect Refresh Project Update Project Return to Project Compact Mode

Toolbox

- Physical Properties
- Linear Elastic
- Experimental Stress Strain Data
- Hyperelastic
- Plasticity
- Life
- Strength
- Thermal
- Linear "Soft" Magnetic Material
- Linear "Hard" Magnetic Material
- Nonlinear "Soft" Magnetic Material
- Nonlinear "Hard" Magnetic Material
- Electric
- Thermopower
- Brittle/Granular
- Equations of State
- Porosity
- Failure
- Nonlinear
- Elasto-Plastic Behavior

Outline Filter

A	B	C	D
1	Data Source	Location	Description
2	Engineering Data	A2, B2, C2	Contents filtered for Engineering Data, Mechanical Model, Ste...
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.
5	Explicit Materials		Material samples for use in an explicit analysis.
6	Hyperelastic Materials		Material stress-strain data samples for curve fitting.

Table of Properties Row 12: Tensile Yield Strength

A
1 Tensile Yield Strength (Pa)
2 9E+08

Outline of Schematic A2, B2, C2: Engineering Data

A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data	S...	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	VT6		
5	VT8		

Properties of Outline Row 4: VT6

A	B	Value	U
1	Property		
2	Density	4620	kg m
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
6	Isotropic Elasticity		
12	Tensile Yield Strength	9E+08	Pa
13	Compressive Yield Strength	9E+08	Pa
14	Tensile Ultimate Strength	3.07E+09	Pa
15	Compressive Ultimate Strength	0	Pa
16	Isotropic Thermal Conductivity	21,9	W m^-1
17	Specific Heat	522	J kg^-1

Ready

Show Progress Show 6 Messages

15:37

lab 6 - Workbench

File View Tools Units Help

New Open... Save Save As... Import... Reconnect Refresh Project Update Project Project Compact Mode

Toolbox

Analysis Systems

- Electric (ANSYS)
- Explicit Dynamics (ANSYS)
- Fluid Flow - BlowMolding (P)
- Fluid Flow - Extrusion (POLY)
- Fluid Flow (CFX)
- Fluid Flow (FLUENT)
- Fluid Flow (POLYFLOW)
- Harmonic Response (ANSYS)
- Linear Buckling (ANSYS)
- Magnetostatic (ANSYS)
- Modal (ANSYS)
- Modal (Samcef)
- Random Vibration (ANSYS)
- Response Spectrum (ANSYS)
- Shape Optimization (ANSYS)
- Static Structural (ANSYS)
- Static Structural (Samcef)
- Steady-State Thermal (ANSYS)**
- Thermal-Electric (ANSYS)
- Transient Structural (ANSYS)
- Transient Structural (MBD)
- Transient Thermal (ANSYS)

Component Systems

- AUTODYN
- BladeGen
- CFX
- Engineering Data
- Explicit Dynamics (LS-DYNA)
- External Connection
- Finite Element Modeler
- FLUENT
- Geometry
- Mechanical APDL
- Mechanical Model
- Mesh
- POLYFLOW
- POLYFLOW - Blow Molding
- POLYFLOW - Extrusion
- Results
- TurboGrid
- Vista TF

Custom Systems

- Design Exploration
- Goal Driven Optimization
- Parameters Correlation
- Response Surface

View All / Customize...

Project Schematic

Messages

	A	B	C
1	Type	Text	Date/Time
2	Error!	Data entity not found: /Schematic/System:SYS3	28.10.2014 15:01:26
3	Error!	'GuiOperation ProjectSchematicView.CellSelectionChanged' threw exception during Invoke: Data entity not found: /Schematic/System:SYS3	28.10.2014 15:01:26
4	Events	Automotive Powertrain Fluid-Structure Interaction (FSI)	
5	Events	Ask the Expert - External Data Mapping in ANSYS Workbench & Mechanical 14.0	
6	Events	Understanding Hardware Selection for Structural Mechanics	
7	Events	SPE Annual Technical Conference & Exhibition	

Ready

Show Progress Hide 6 Messages

lab 6 - Workbench

File View Tools Units Help

New Open... Save Save As... Import... Reconnect Refresh Project Update Project Project Compact Mode

Toolbox

Analysis Systems

- Electric (ANSYS)
- Explicit Dynamics (ANSYS)
- Fluid Flow - BlowMolding (P)
- Fluid Flow - Extrusion (POLY)
- Fluid Flow (CFX)
- Fluid Flow (FLUENT)
- Fluid Flow (POLYFLOW)
- Harmonic Response (ANSYS)
- Linear Buckling (ANSYS)
- Magnetostatic (ANSYS)
- Modal (ANSYS)
- Modal (Samcef)
- Random Vibration (ANSYS)
- Response Spectrum (ANSYS)
- Shape Optimization (ANSYS)
- Static Structural (ANSYS)
- Static Structural (Samcef)
- Steady-State Thermal (ANSYS)**
- Thermal-Electric (ANSYS)
- Transient Structural (ANSYS)
- Transient Structural (MBD)
- Transient Thermal (ANSYS)

Component Systems

- AUTODYN
- BladeGen
- CFX
- Engineering Data
- Explicit Dynamics (LS-DYNA)
- External Connection
- Finite Element Modeler
- FLUENT
- Geometry
- Mechanical APDL
- Mechanical Model
- Mesh
- POLYFLOW
- POLYFLOW - Blow Molding
- POLYFLOW - Extrusion
- Results
- TurboGrid
- Vista TF

Custom Systems

- Design Exploration
- Goal Driven Optimization
- Parameters Correlation
- Response Surface

View All / Customize...

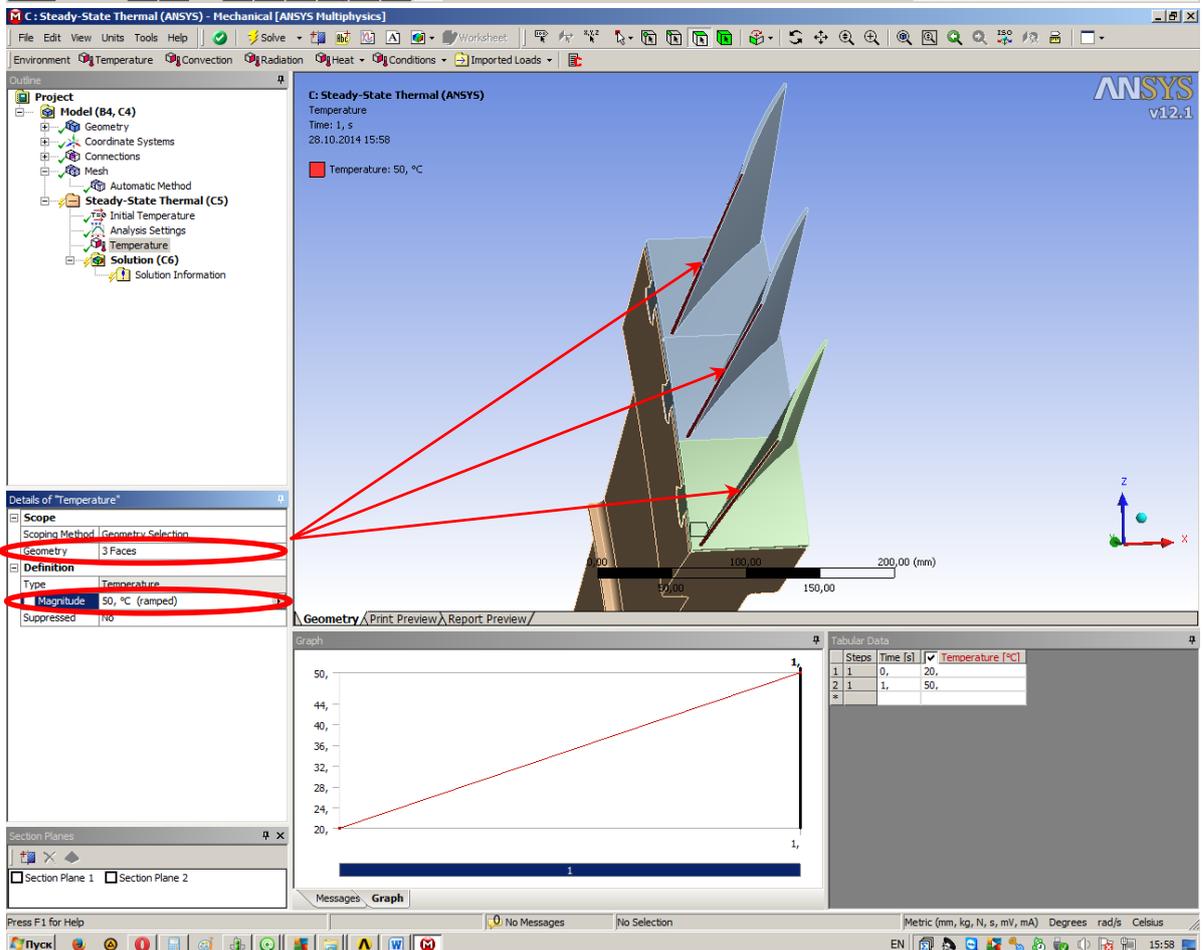
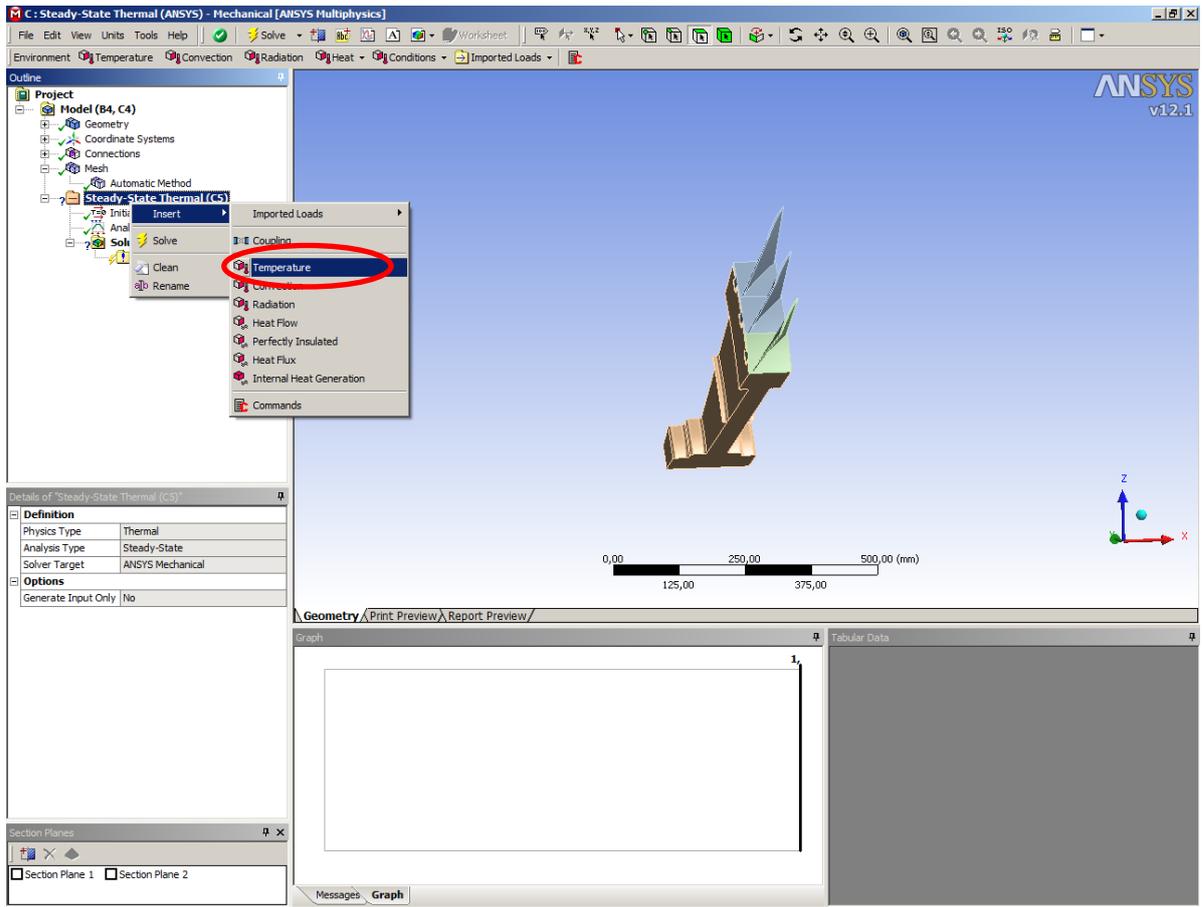
Project Schematic

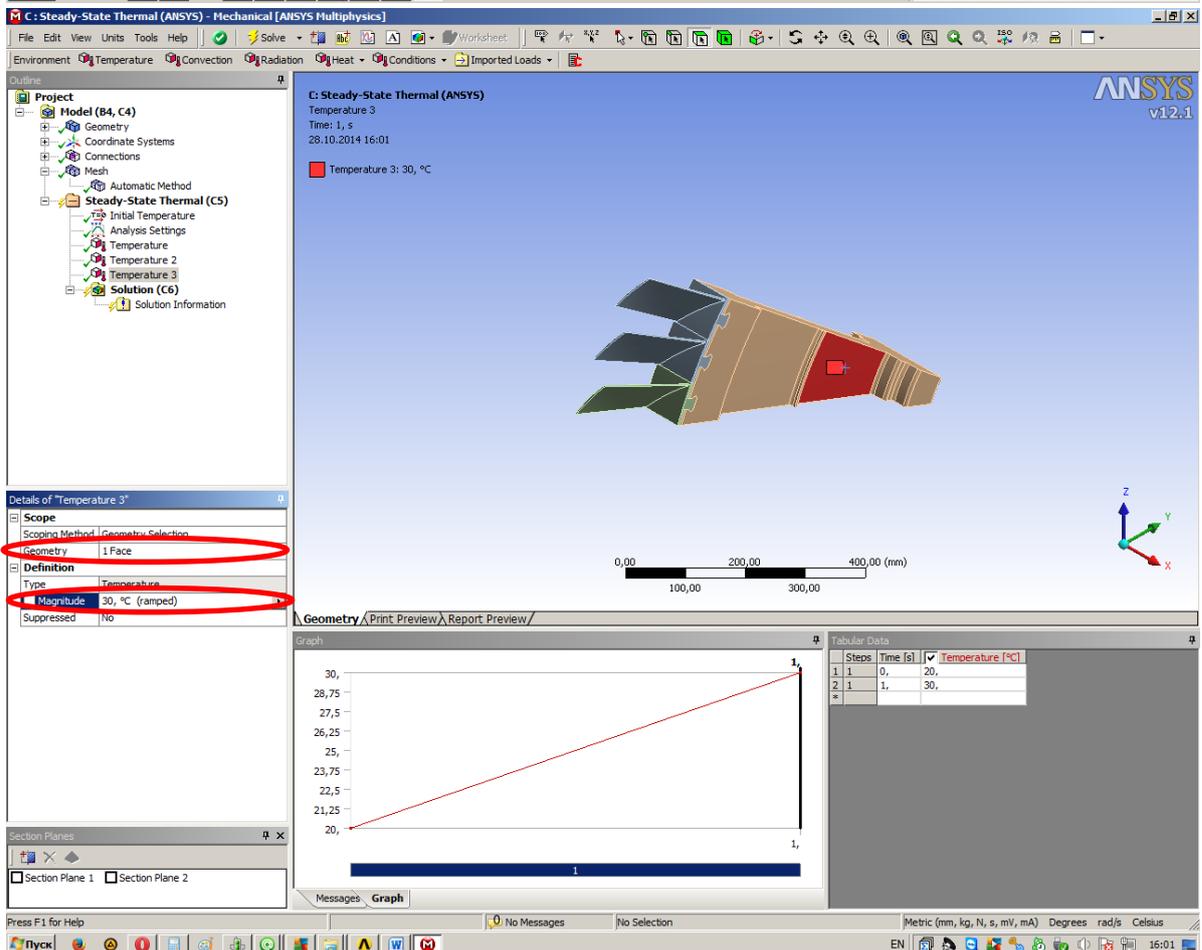
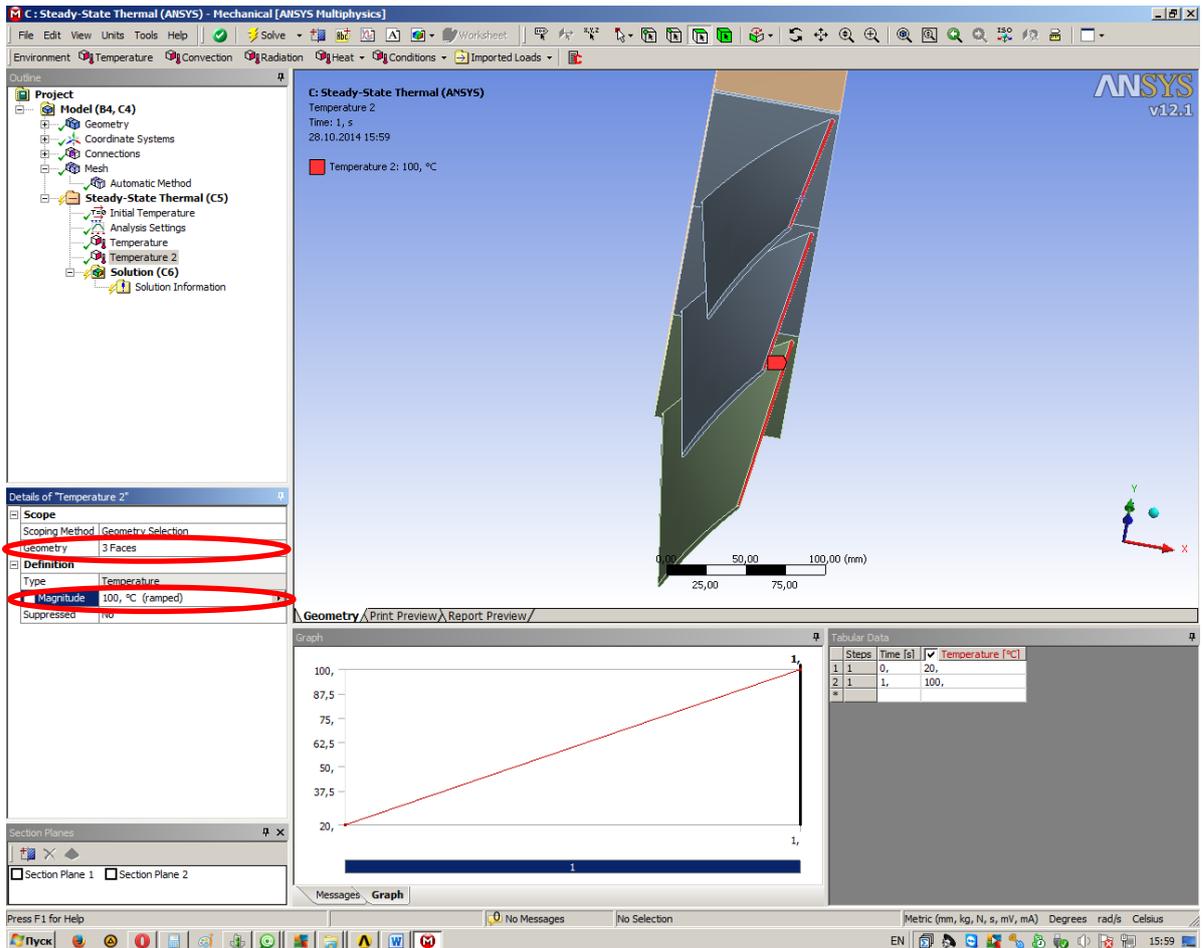
Messages

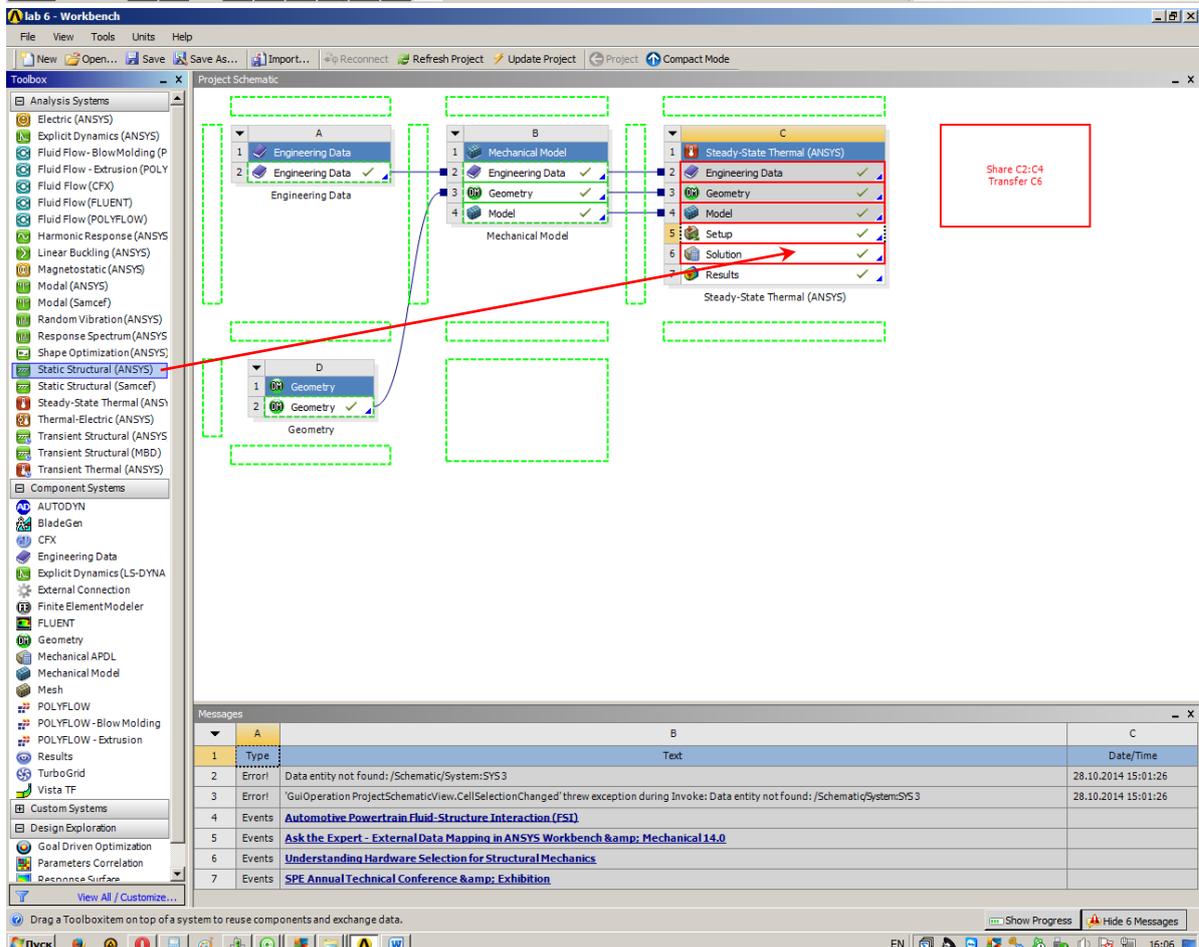
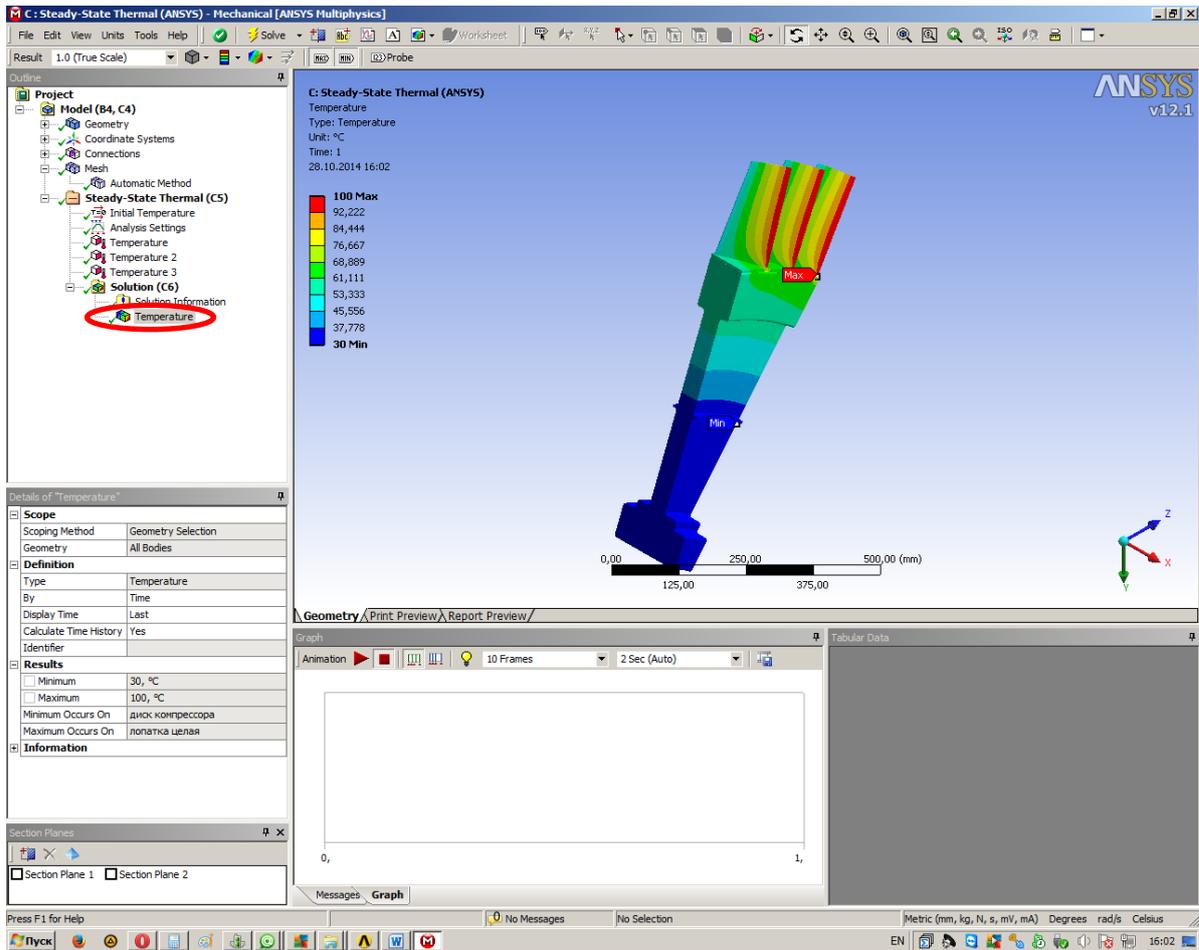
	A	B	C
1	Type	Text	Date/Time
2	Error!	Data entity not found: /Schematic/System:SYS3	28.10.2014 15:01:26
3	Error!	'GuiOperation ProjectSchematicView.CellSelectionChanged' threw exception during Invoke: Data entity not found: /Schematic/System:SYS3	28.10.2014 15:01:26
4	Events	Automotive Powertrain Fluid-Structure Interaction (FSI)	
5	Events	Ask the Expert - External Data Mapping in ANSYS Workbench & Mechanical 14.0	
6	Events	Understanding Hardware Selection for Structural Mechanics	
7	Events	SPE Annual Technical Conference & Exhibition	

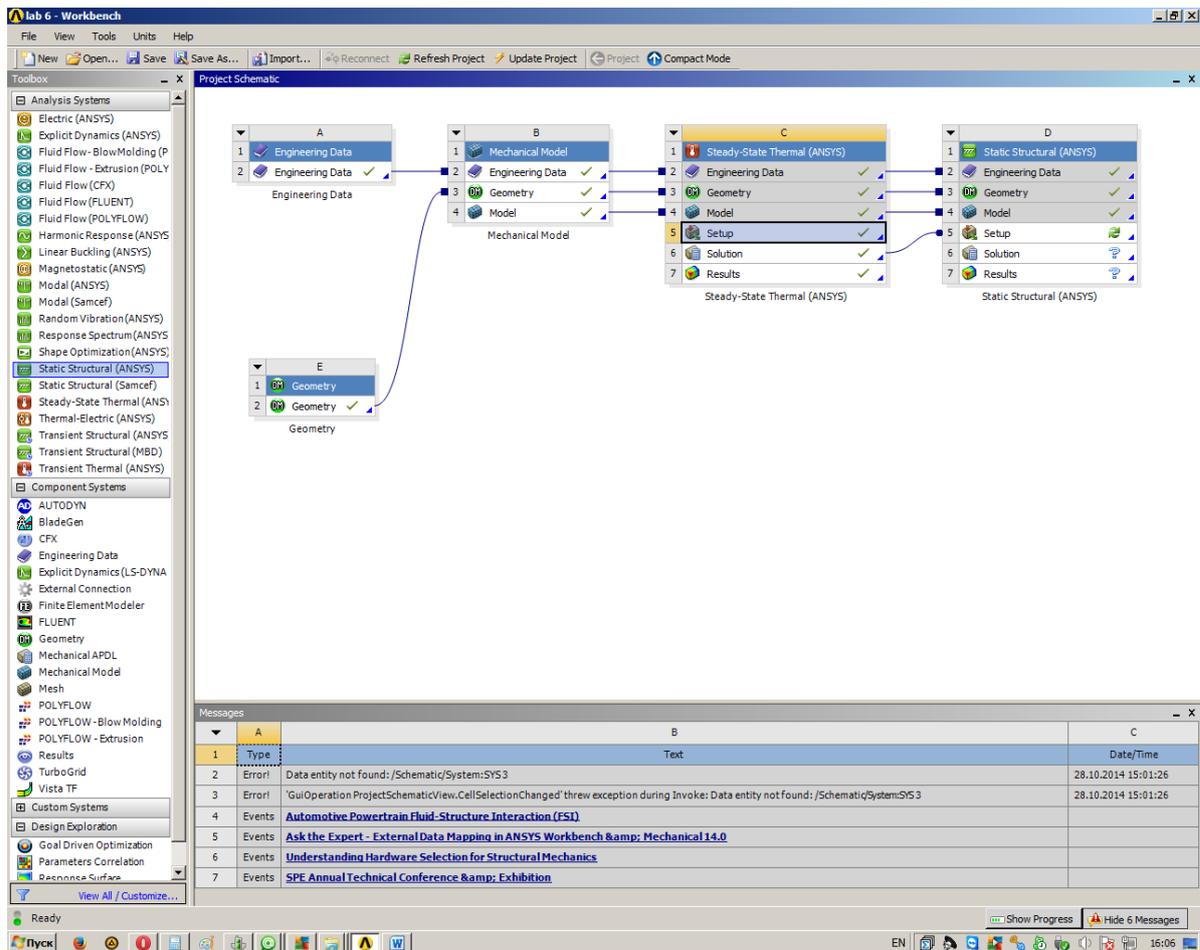
Ready

Show Progress Hide 6 Messages

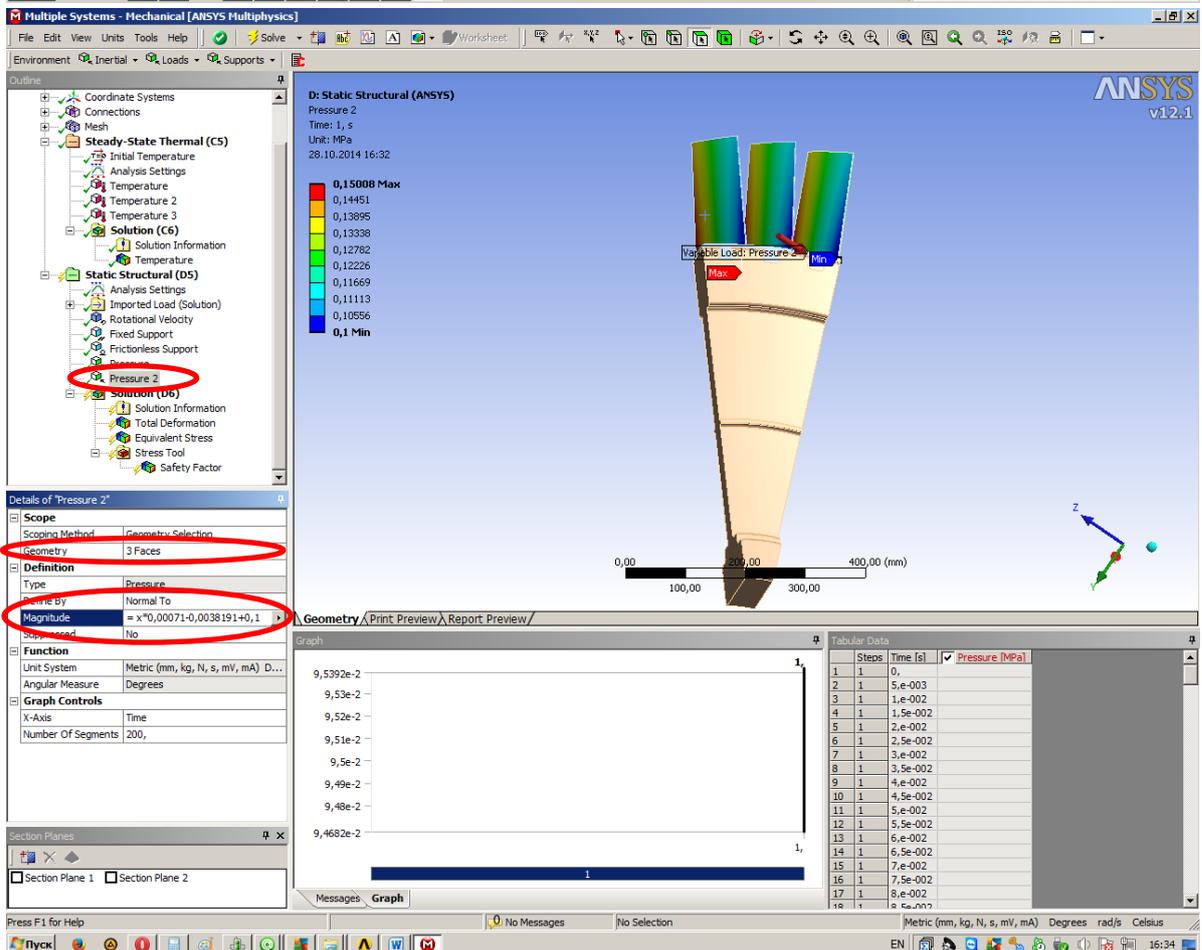
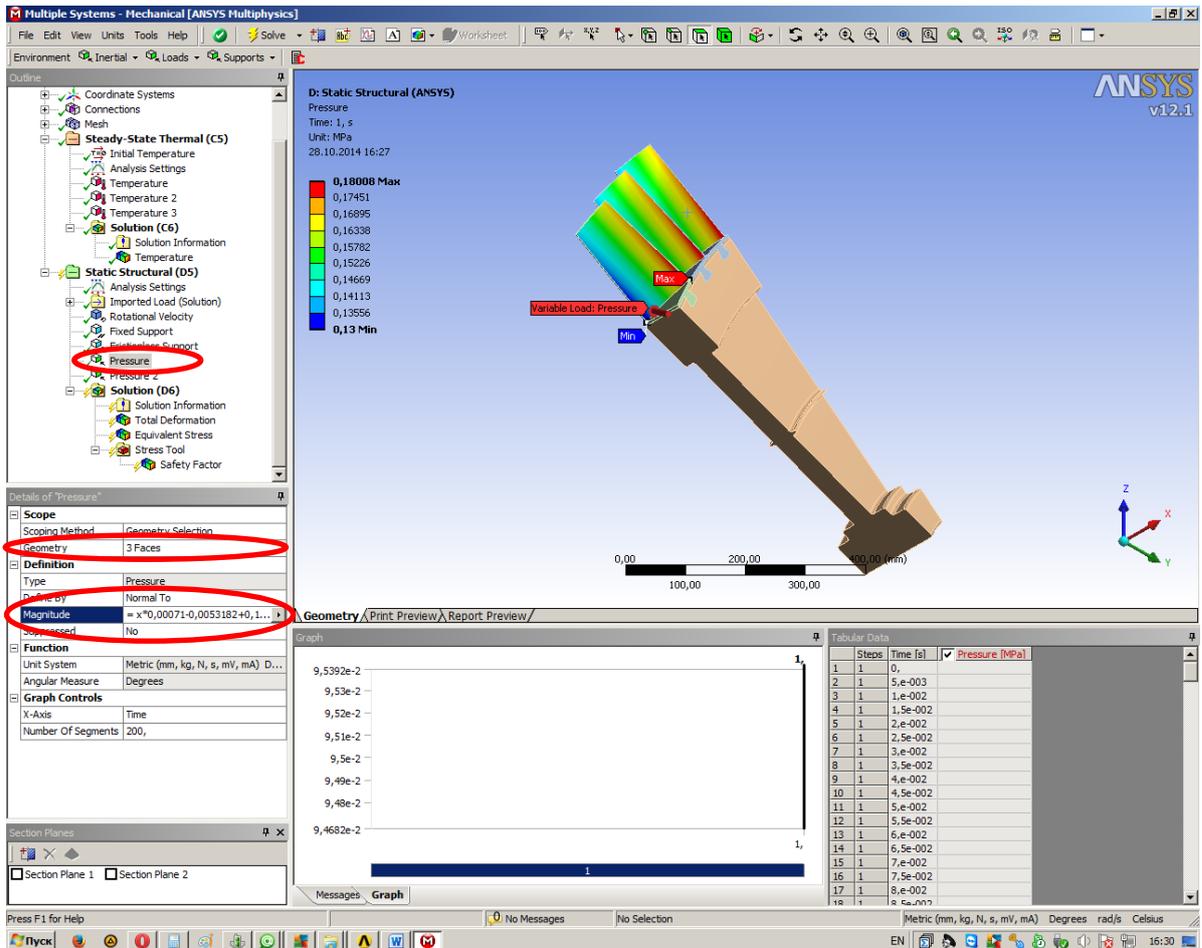


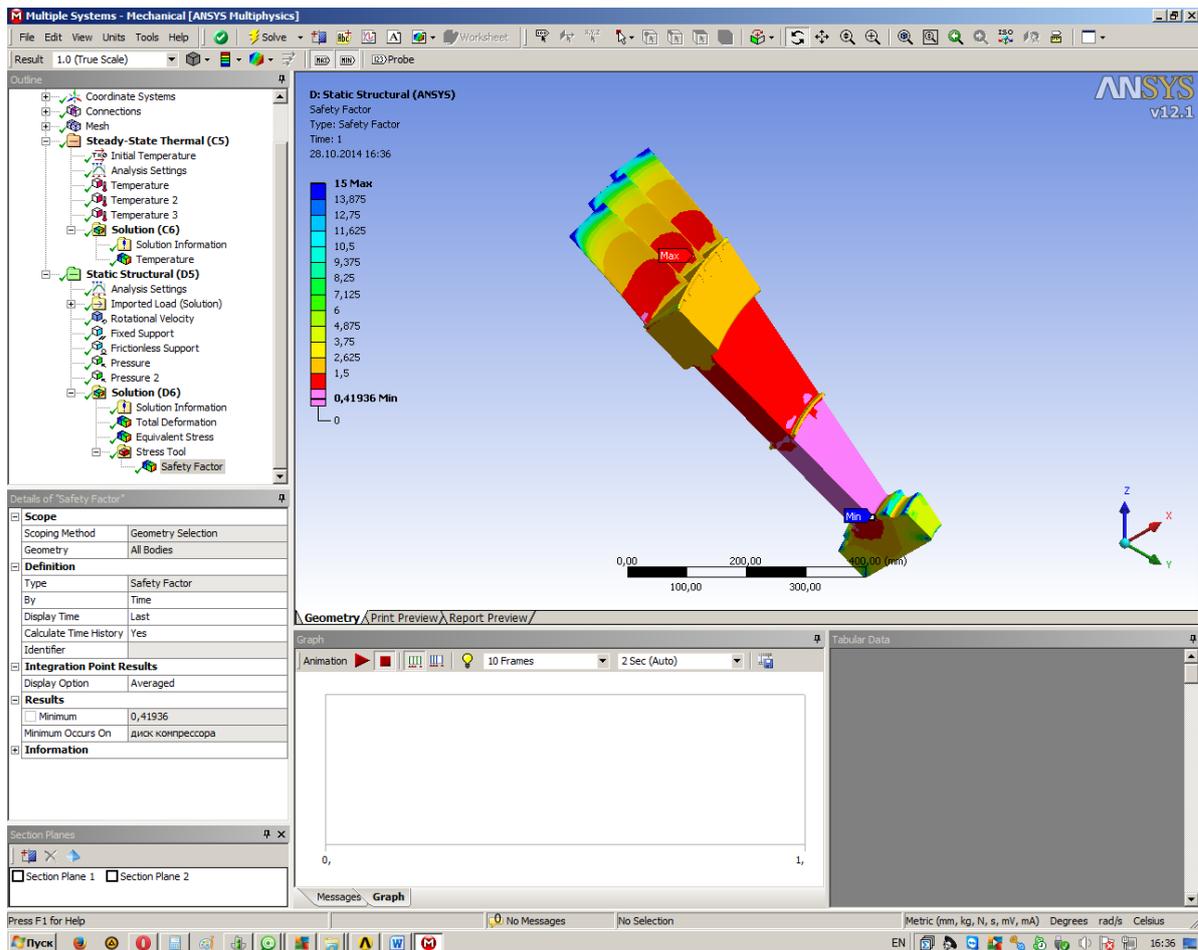






- Давление на входе известно и равно $1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па}$. На выходе давление будет определяться в соответствии с формулой $p_{\text{вых}} = p_{\text{вх}} \cdot \pi_k$. На корытце давление будет всегда больше, чем на спинке, примерно на одну и ту же величину Δp , которую необходимо определить из рис. 1. В строку **Magnitude** необходимо вводить не число, а уравнение вида $= \mathbf{x} \times \mathbf{a} + \mathbf{b}$ (см. рисунок далее). Коэффициенты уравнения необходимо подобрать такими, чтобы давление на входе и на выходе соответствовали заданным по условию. ($x \cdot 0,00071 - 0,0053182 + 0,1 + 0,03$ для корытца и $x \cdot 0,00071 - 0,0038191 + 0,1$ для спинки)
- После задания давлений произвести расчет НДС РК КНД и проанализировать полученные результаты.





4. **Самостоятельная контрольная работа.** Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) детали типа тела вращения с учетом точечных, распределенных и температурных нагрузок

Задание: провести расчет НДС детали типа «Втулка», полученной в ходе предыдущей самостоятельной контрольной работы под действием заданных в соответствии с вариантом силовых факторов: сосредоточенной силы N , давления p и температурного градиента ΔT и сделать вывод о работоспособности детали при заданных эксплуатационных нагрузках.

Некоторые аспекты задания: Начальная температура равна $t_{нач} = 20^{\circ}C$.

Таблица вариантов заданий

Вариант	Сила N , кН	Место приложения силы	Давление P , МПа	Место приложения давления	Градиент температур ΔT , °С	Направление градиента температур
1	0,1	Торец	1	Торец	20	По длине
2	0,5	Диаметр	0,5	Внутренняя поверхность	30	По диаметру
3	1	Торец	0,1	Наружная поверхность	40	По длине
4	2	Диаметр	0,05	Торец	50	По диаметру
5	3	Торец	0,01	Внутренняя поверхность	100	По длине
6	5	Диаметр	0,07	Наружная поверхность	20	По диаметру
7	4	Торец	0,7	Торец	30	По длине
8	0,7	Диаметр	1,5	Внутренняя поверхность	40	По диаметру
9	0,33	Торец	2	Наружная поверхность	50	По длине
10	0,2	Диаметр	3	Торец	100	По диаметру
11	0,1	Торец	1	Внутренняя поверхность	20	По длине
12	0,5	Диаметр	0,5	Наружная поверхность	30	По диаметру
13	1	Торец	0,1	Торец	40	По длине
14	2	Диаметр	0,05	Внутренняя поверхность	50	По диаметру
15	3	Торец	0,01	Наружная поверхность	100	По длине
16	5	Диаметр	0,07	Торец	20	По диаметру
17	4	Торец	0,7	Внутренняя поверхность	30	По длине
18	0,7	Диаметр	1,5	Наружная поверхность	40	По диаметру
19	0,33	Торец	2	Торец	50	По длине
20	0,2	Диаметр	3	Внутренняя поверхность	100	По диаметру
21	0,1	Торец	1	Наружная поверхность	20	По длине
22	0,5	Диаметр	0,5	Торец	30	По диаметру
23	1	Торец	0,1	Внутренняя поверхность	40	По длине
24	2	Диаметр	0,05	Наружная поверхность	50	По диаметру
25	3	Торец	0,01	Торец	100	По длине
26	5	Диаметр	0,07	Внутренняя поверхность	20	По диаметру
27	4	Торец	0,7	Наружная поверхность	30	По длине
28	0,7	Диаметр	1,5	Торец	40	По диаметру
29	0,33	Торец	2	Внутренняя поверхность	50	По длине
30	0,2	Диаметр	3	Наружная поверхность	100	По диаметру