



Экспресс-курс по решению тепловых задач в программе «ELCUT Профессиональный»



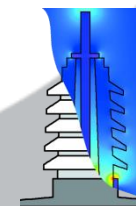
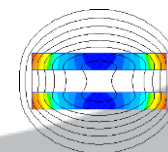
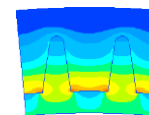
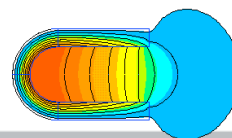
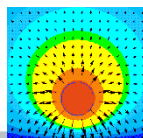
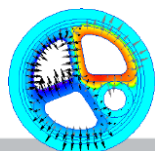
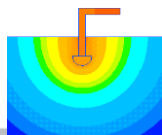
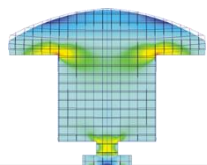
Теплотехнические задачи в ELCUT

1. Введение: метод конечных элементов, уравнение теплопроводности
2. Теплопроводность в твердых телах.
3. Граничное условие конвекции
4. Граничное условие радиации
5. Замкнутые воздушные полости
6. Последовательные расчеты, оптимизация
7. Нестационарная теплопередача
8. Связанные задачи
9. 3D тепловые задачи



Программный комплекс ELCUT

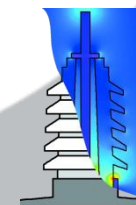
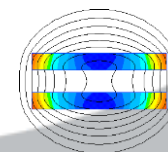
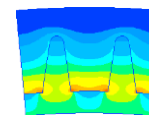
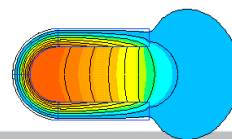
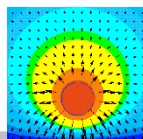
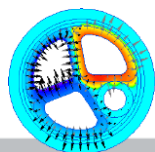
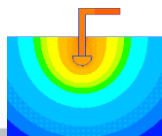
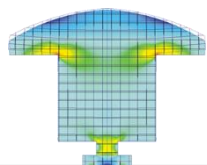
Набор для магнитных расчётов	
Магнитные задачи	Магнитостатика
	Магнитное поле переменных синусоидальных токов
	Нестационарное магнитное поле
Набор для электрических расчётов	
Электрические задачи	Электростатика и электрическое поле постоянных токов
	Электрическое поле переменных синусоидальных токов
	Нестационарное электрическое поле
Набор для тепловых и механических расчётов	
Тепловые и механические задачи	Стационарная теплопередача
	Нестационарная теплопередача
	Анализ упругих деформаций





Программный комплекс ELCUT

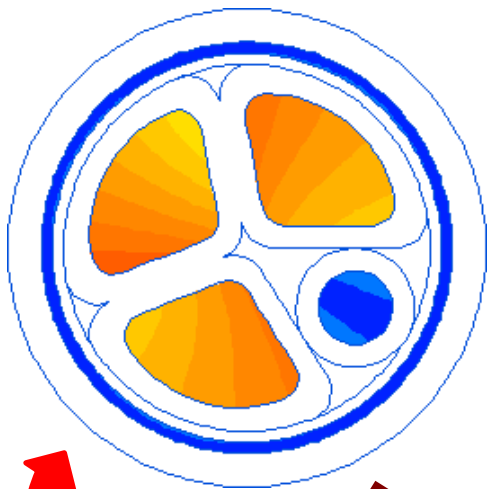
Набор для магнитных расчётов	
Магнитные задачи	Магнитостатика
	Магнитное поле переменных синусоидальных токов
	Нестационарное магнитное поле
Набор для электрических расчётов	
Электрические задачи	Электростатика и электрическое поле постоянных токов
	Электрическое поле переменных синусоидальных токов
	Нестационарное электрическое поле
Набор для тепловых и механических расчётов	
Тепловые и механические задачи	Стационарная теплопередача
	Нестационарная теплопередача
	Анализ упругих деформаций





Мультифизика

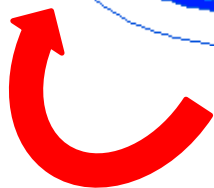
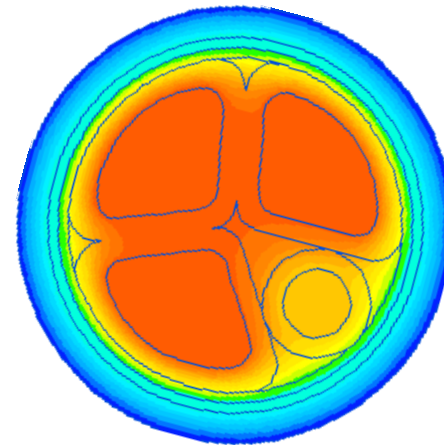
Электромагнитные
поля



Джоулево
тепло

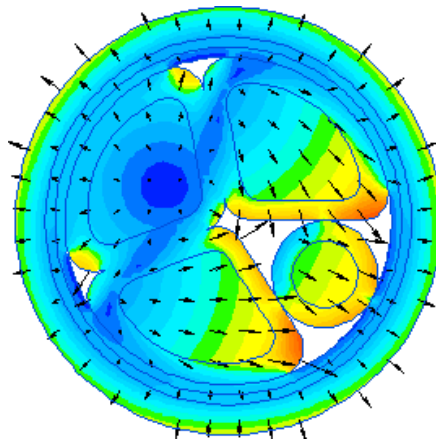


Температурные
поля



Импорт
магнитного
состояния

Силы



Напряжения и
деформации



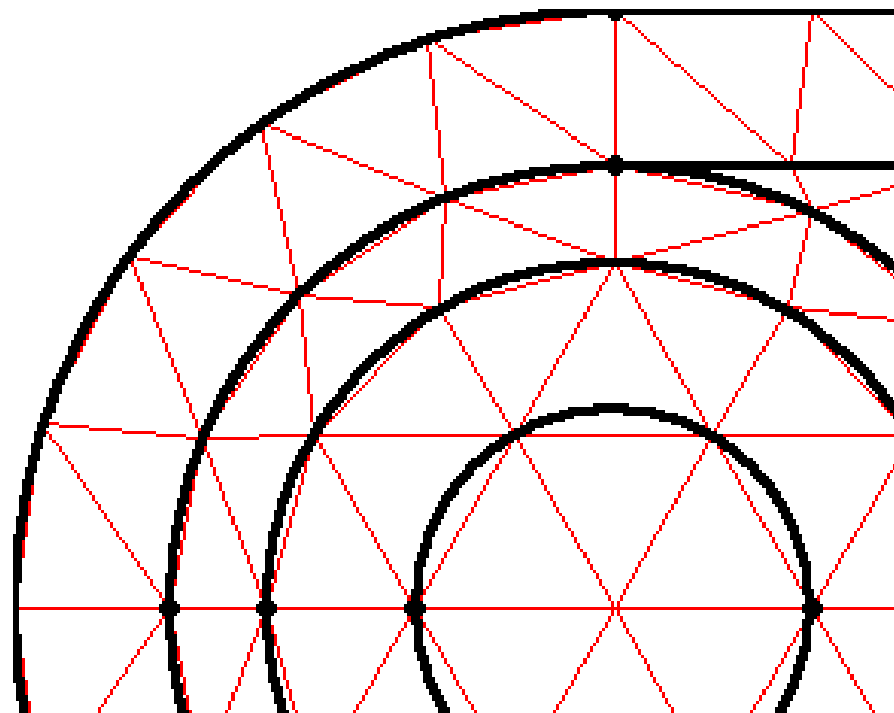
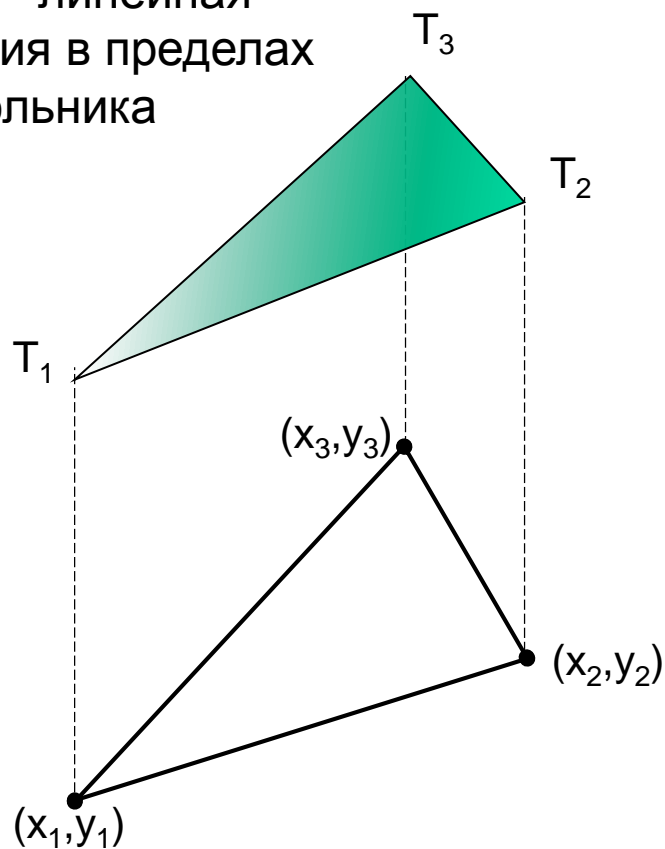
Термические
напряжения



ОСНОВЫ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

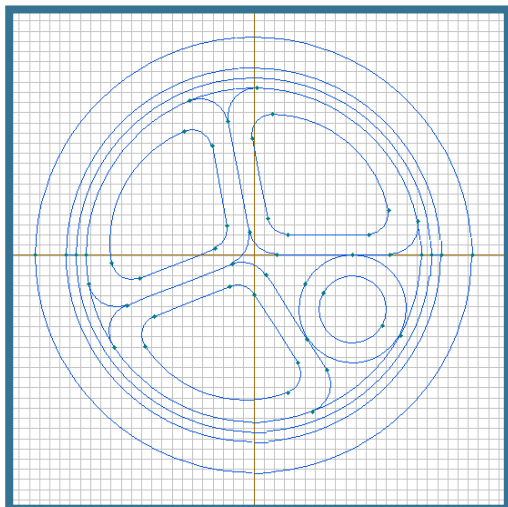
$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = -q$$

$T(x,y)$ – линейная функция в пределах треугольника

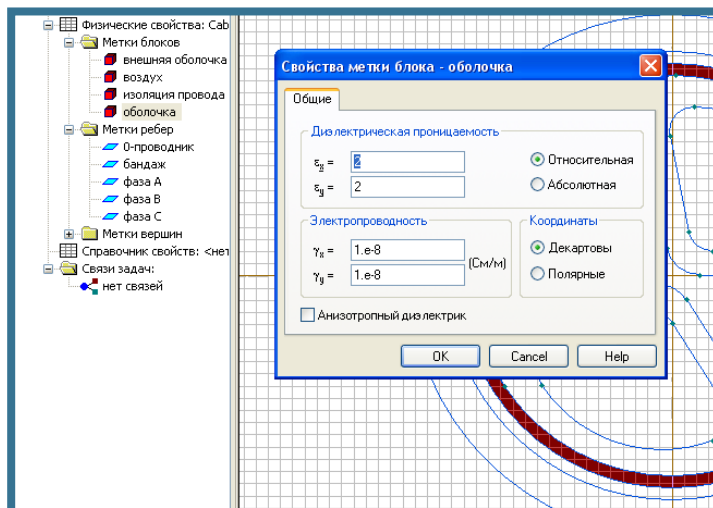




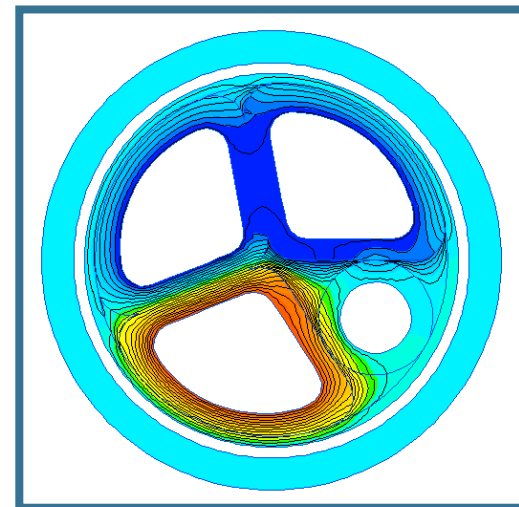
Этапы решения задачи



Модель



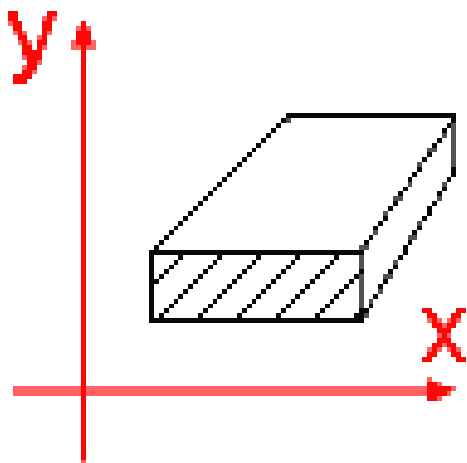
Материалы



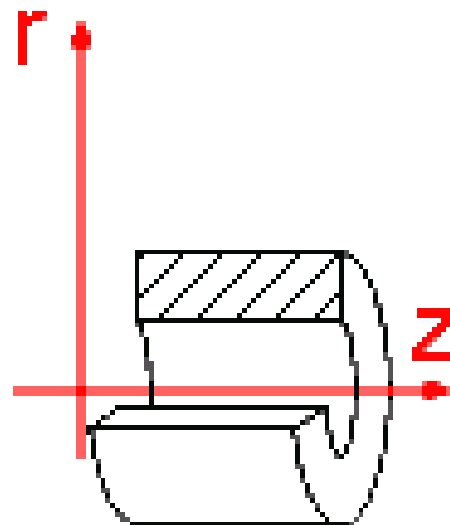
Результат



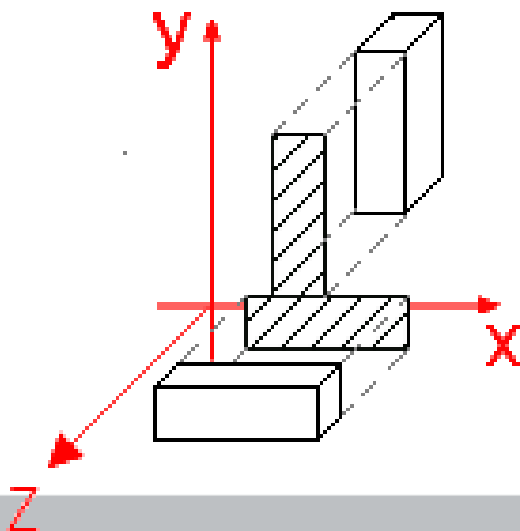
Геометрическая модель



Плоско-параллельная



Осесимметричная



3D-вытягивание



Материалы и граничные условия

Тело

Свойства метки блока - бетон

Общие

Теплопроводность

$\lambda_x =$ $(Вт/К·м)$

$\lambda_y =$

Нелинейный материал Анизотропный материал

Объемная плотность тепловыделения

$Q =$ $(Вт/м^3)$ **f**

Зависит от температуры

Данные для переходных процессов

$C =$ $(Дж/кг·К)$

Зависит от температуры

$\rho =$ $(кг/м^3)$

Координаты

Декартовы

Полярные

OK Cancel Help

Поверхность тела

Свойства метки ребра - граница

Общие

Температура: $T = T_o$

$T_o =$ $(К)$

Тепловой поток: $F_n = -q$ ($\Delta F_n = -q$)

$q =$ $(Вт/м^2)$

Конвекция: $F_n = \alpha \cdot (T - T_o)$ **f**

$\alpha =$ $(Вт/К·м^2)$

$T_o =$ $(К)$

Радиация: $F_n = \beta \cdot k_{sb} \cdot (T^4 - T_o^4)$

$\beta =$

$T_o =$ $(К)$

Равная температура: $T = const$

Четная периодичность: $T_1 = T_2$

Нечетная периодичность: $T_1 = -T_2$

OK Cancel Help



Теплопередача в стенке

Вода
 $t=95\text{ }^{\circ}\text{C}$

Стенка
 $\lambda = 2\text{ Вт / К}\cdot\text{м}$

Воздух
 $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

0.5 м

Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



2. Теплопроводность в твердых телах

Вода
 $t=95\text{ }^{\circ}\text{C}$

Стенка
 $\lambda = 2\text{ Вт / К*м}$

Воздух
 $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток

Предположение:
температура меняется линейно.

Поток тем больше,
чем больше теплопроводность

Поток тем больше,
чем тоньше стенка

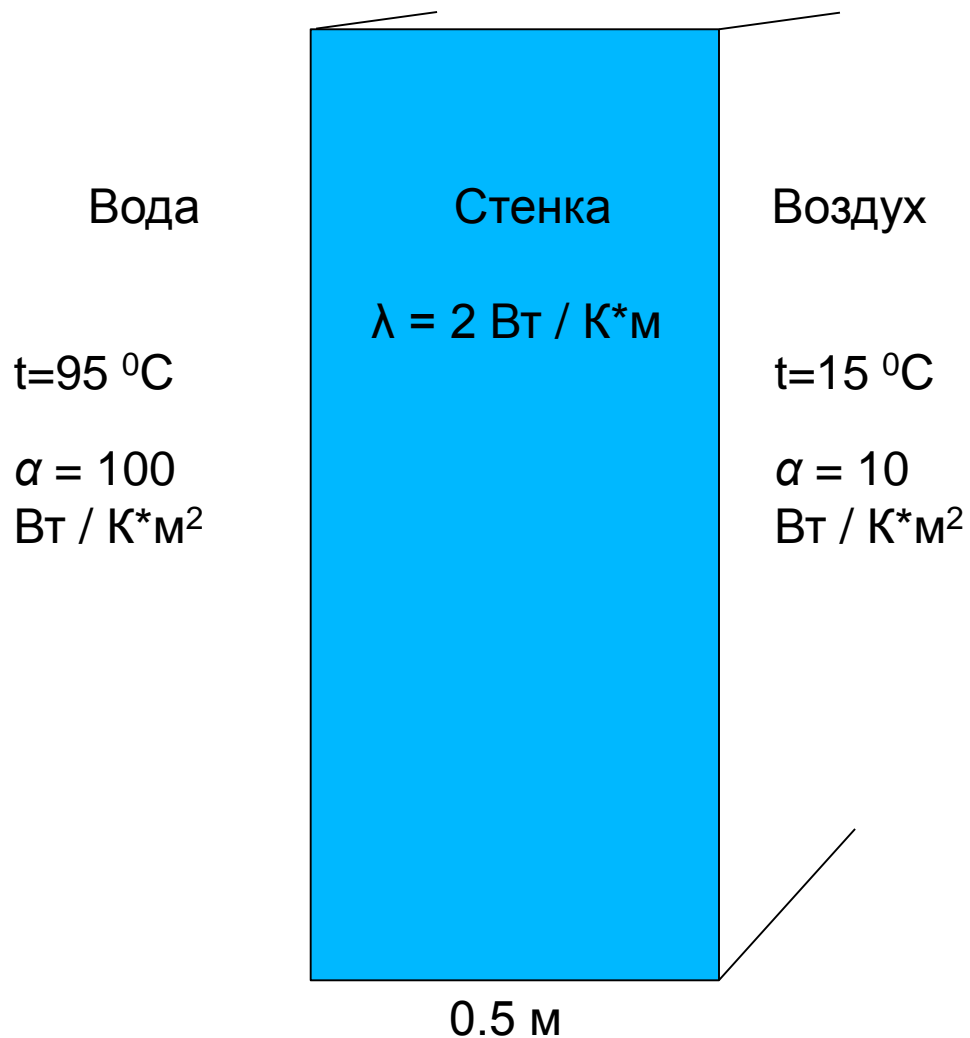
Поток тем больше,
чем больше разница температур

Поток =
 $=\lambda * (T_2 - T_1) / d$
[Вт / м²]

0.5 м



3. Граничное условие конвекции

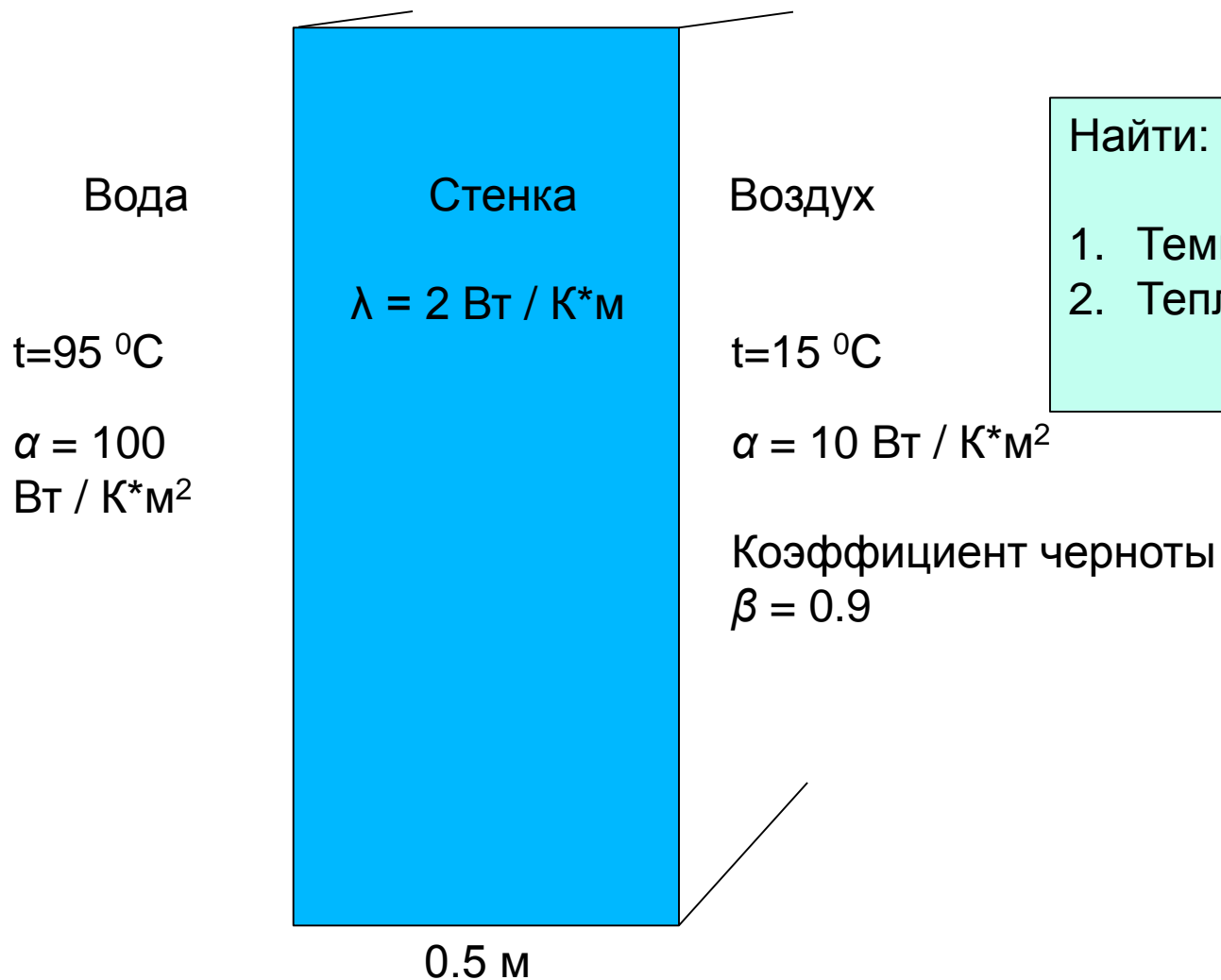


Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



4. Граничное условие радиации

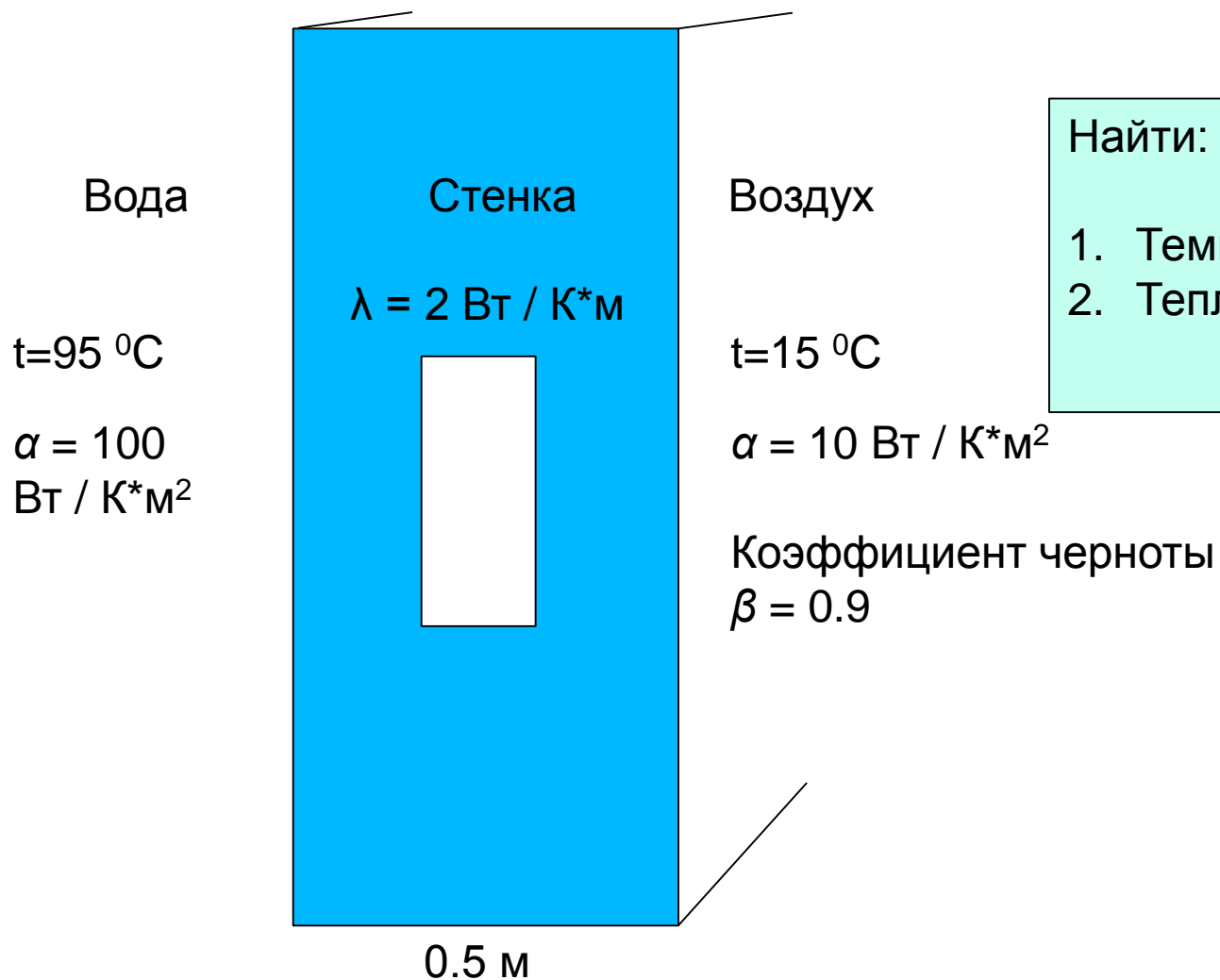


Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



5. Замкнутые воздушные полости

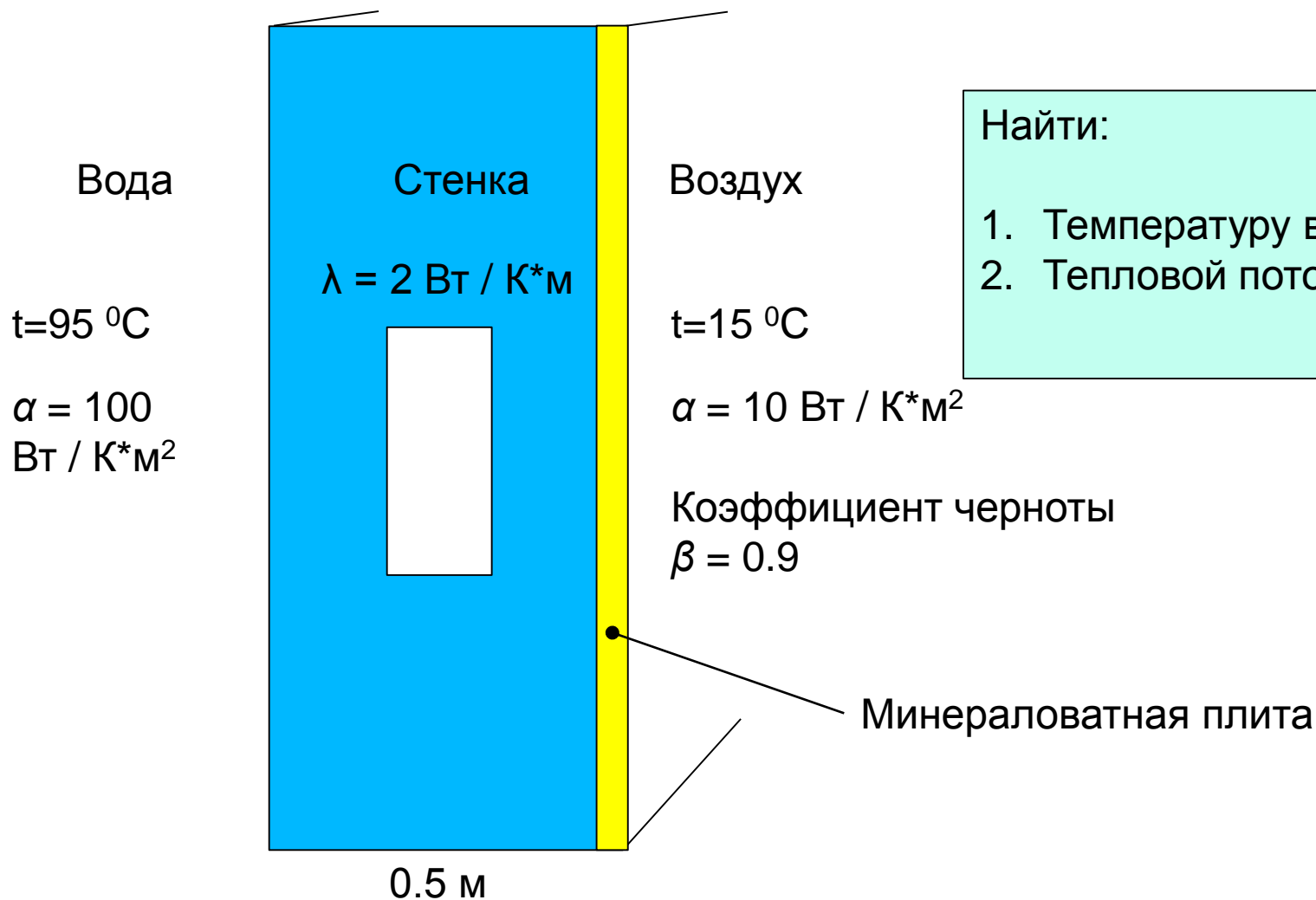


Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



Нелинейные свойства

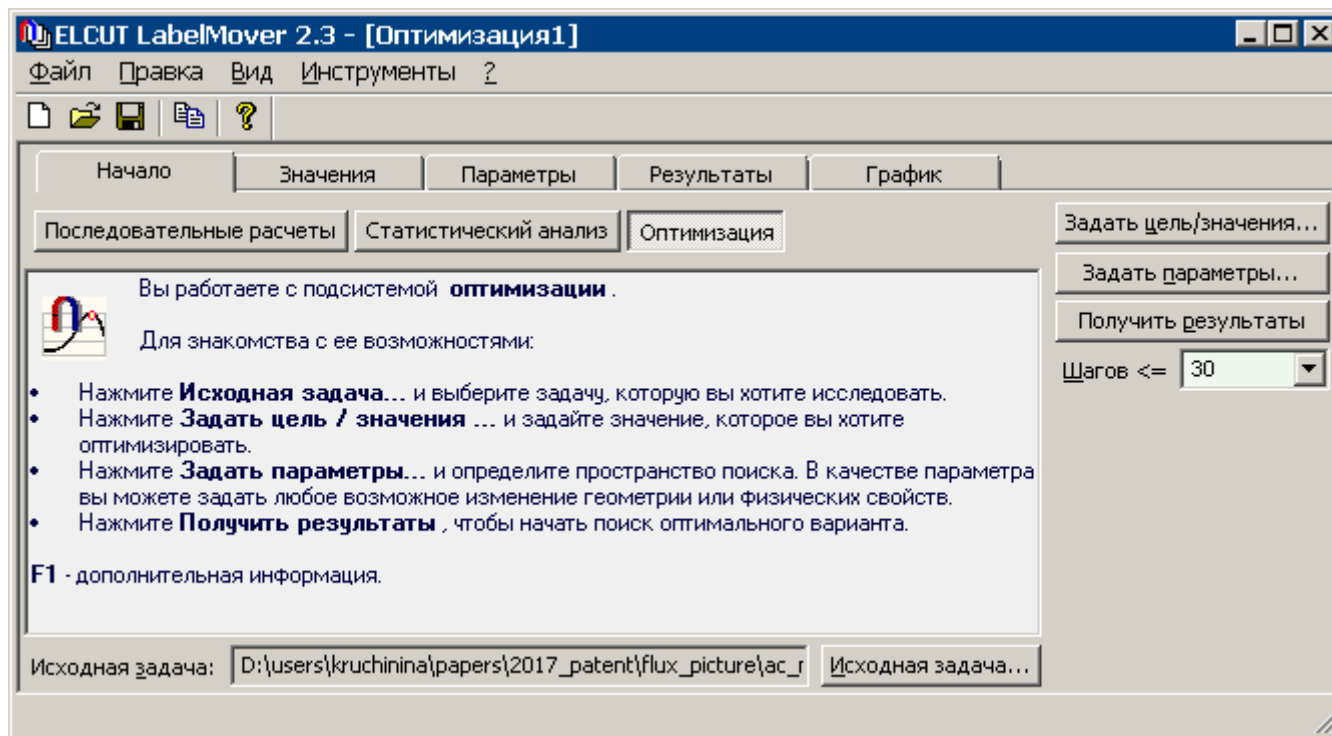
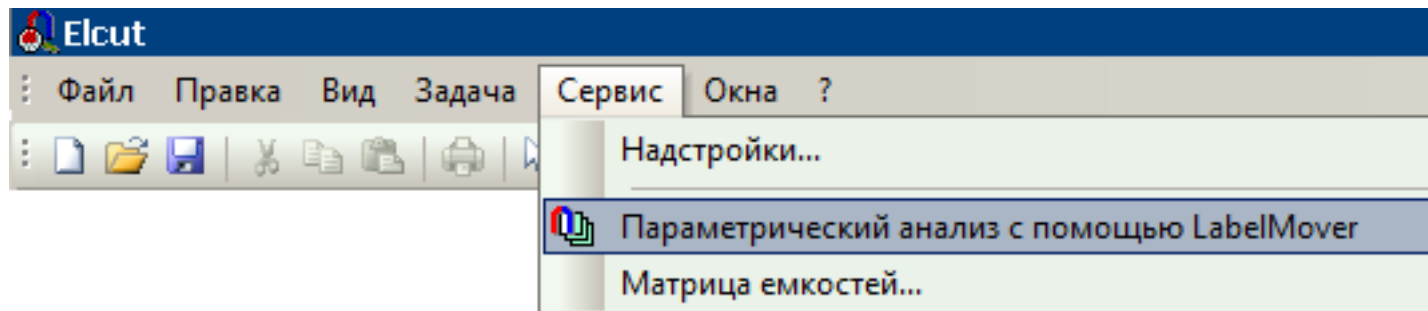


Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



6. LabelMover: Оптимизация, последовательные расчеты





7. Нестационарная теплопередача

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = -q - C\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

$q(t)$, $T(t)$ – функции времени

C – теплоемкость,

ρ – плотность,

Стационарная теплопередача

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = -q$$

Свойства метки блока - бетон

Общие

Теплопроводность

$\lambda_x =$ (Вт/К·м)

$\lambda_y =$ (Вт/К·м)

Нелинейный материал Анизотропный материал

Объемная плотность тепловыделения

$Q =$ (Вт/м³) **f**

Зависит от температуры

Данные для переходных процессов

$C =$ (Дж/кг·К)

Зависит от температуры

$\rho =$ (кг/м³)

Координаты

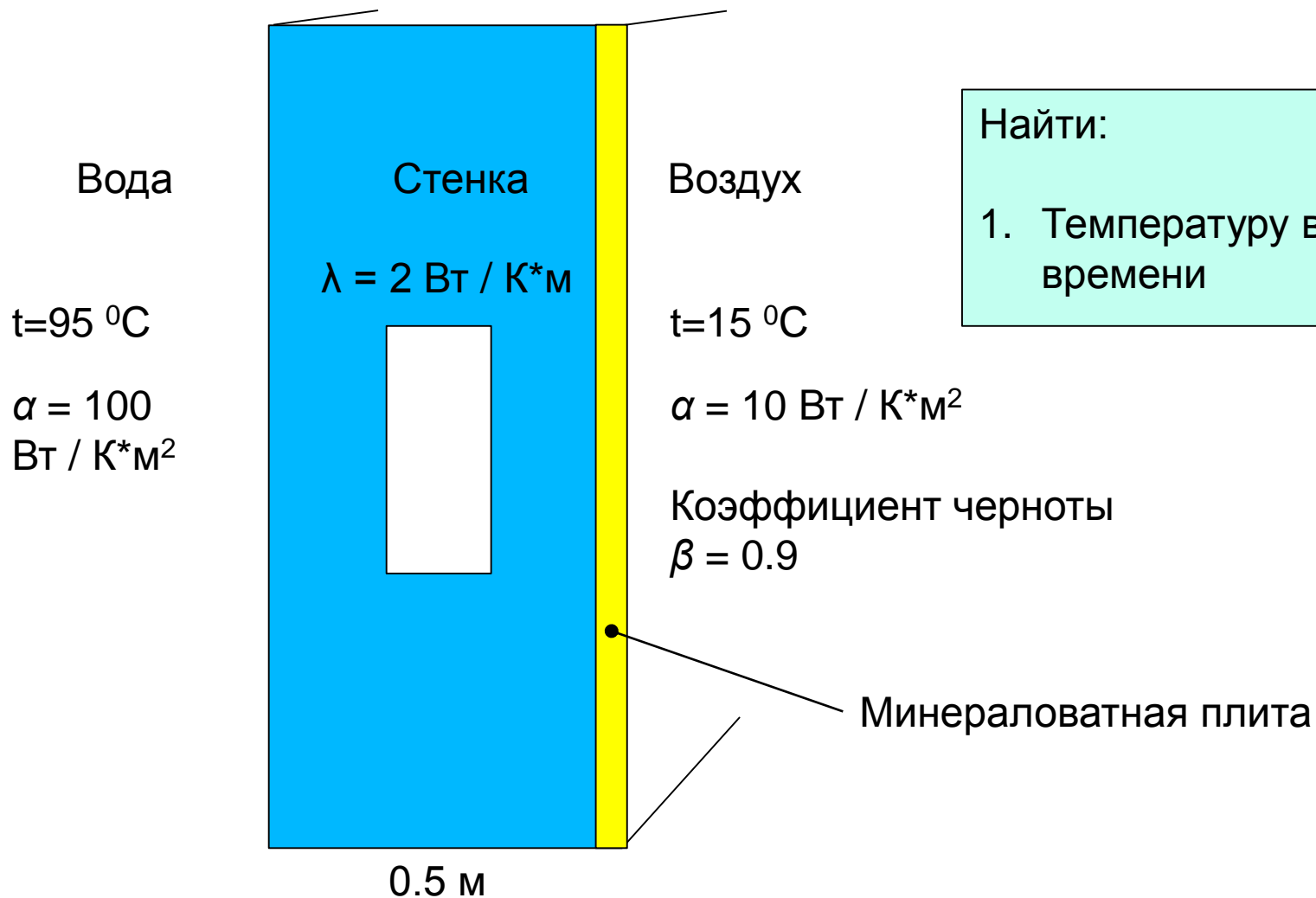
Декартовы

Полярные

OK Cancel Help



Нагрев стенки



Найти:

1. Температуру в стенке во времени



8. Связанные задачи

Задача тепловая 1

1.pbm (problem)
1.mod (model)
1.dht (data для ht)

Решатель

1.res (result)

Задача тепловая 2

2.pbm (problem)
1.mod (model)
2.dht (data для ht)

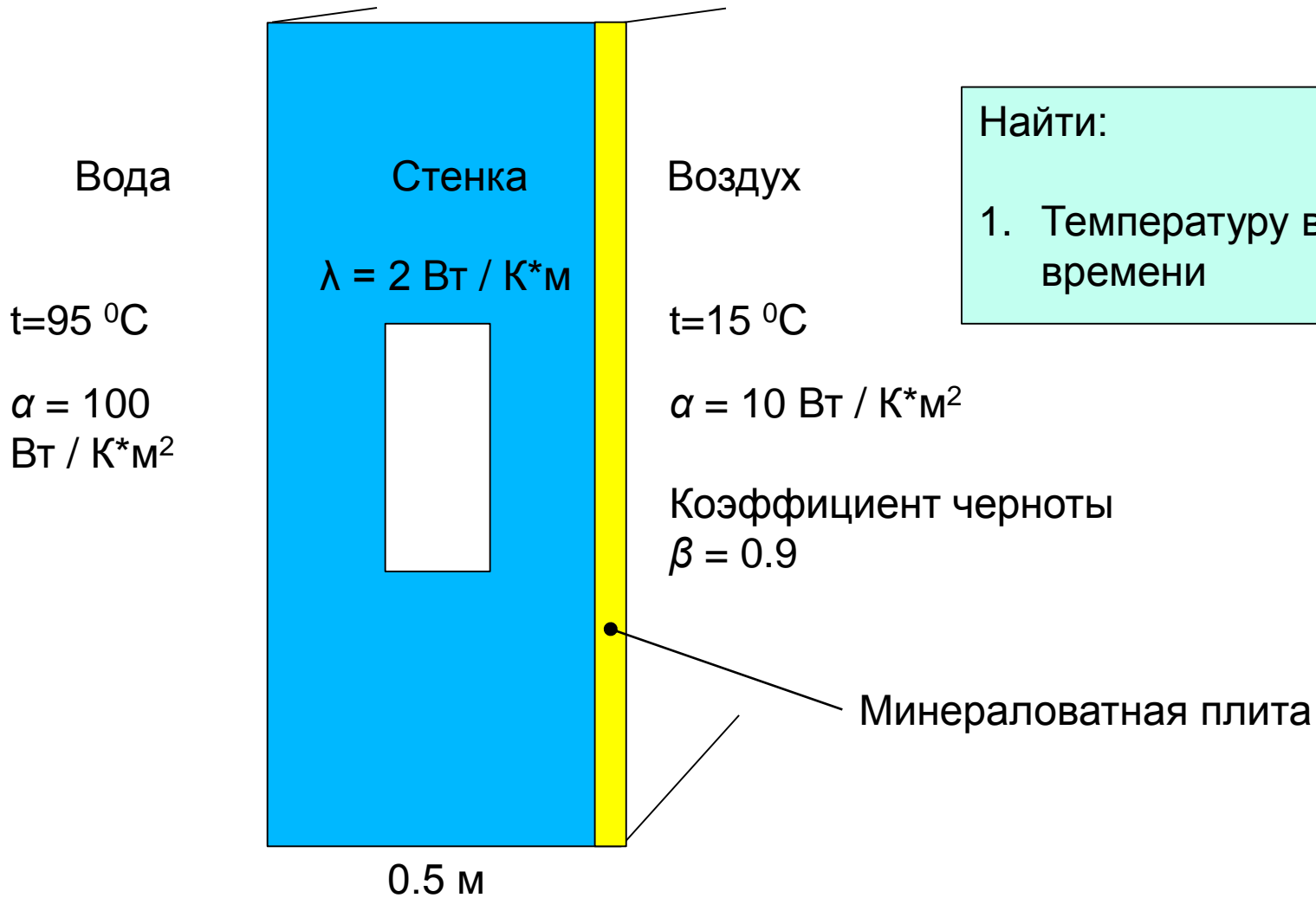
Решатель

2.res (result)

Распределение
температуры



Остывание стенки



Найти:

1. Температуру в стенке во времени



9. Трехмерные задачи

Вода

$t = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\alpha = 100$

$\text{Вт} / \text{К} \cdot \text{м}^2$

Стенка

$\lambda = 2 \text{ Вт} / \text{К} \cdot \text{м}$

Воздух

$t = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

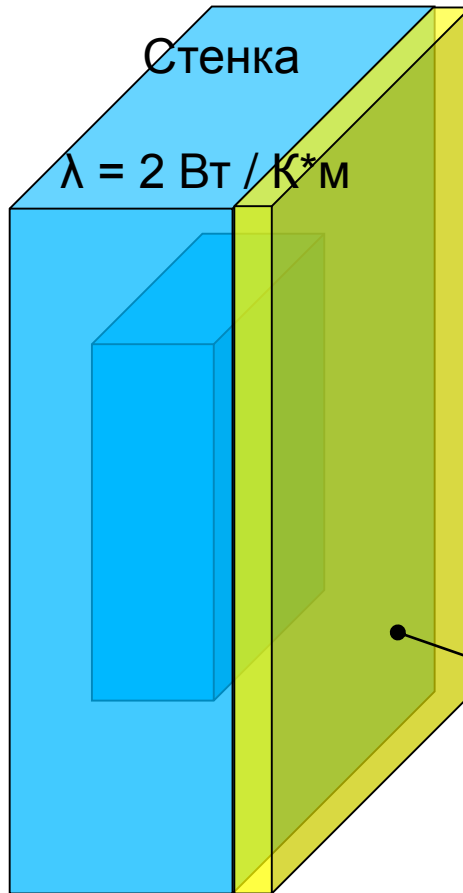
$\alpha = 10 \text{ Вт} / \text{К} \cdot \text{м}^2$

Коэффициент черноты

$\beta = 0.9$

Найти:

1. Температуру в стенке
2. Тепловой поток



0.5 м

Минераловатная плита