



Численное моделирование и оптимизация работы датчика массового расхода воздуха

Выпускная работа
на соискание академической степени бакалавра
техники и технологии по направлению 150300
«Прикладная механика»

Выполнил:

Тележко И.В.

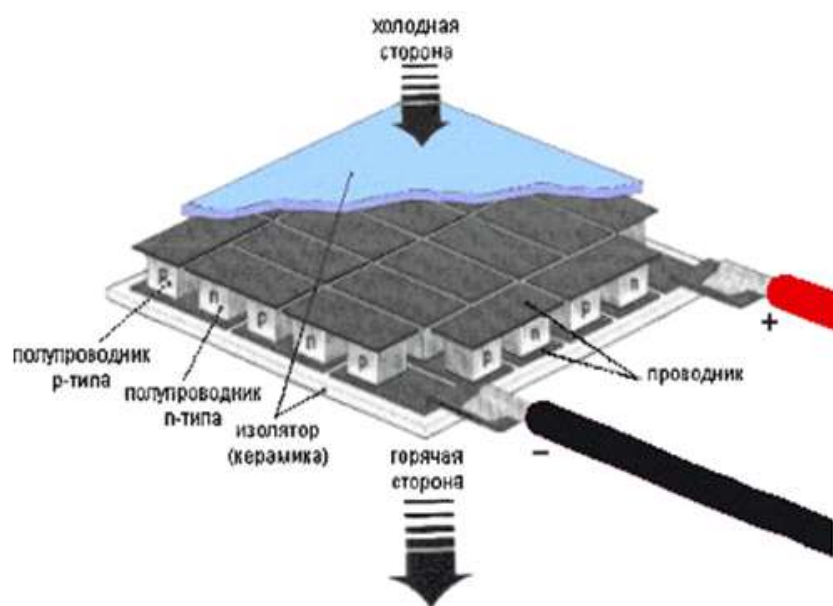
Научный руководитель:

к.т.н., проф. Боровков А.И.

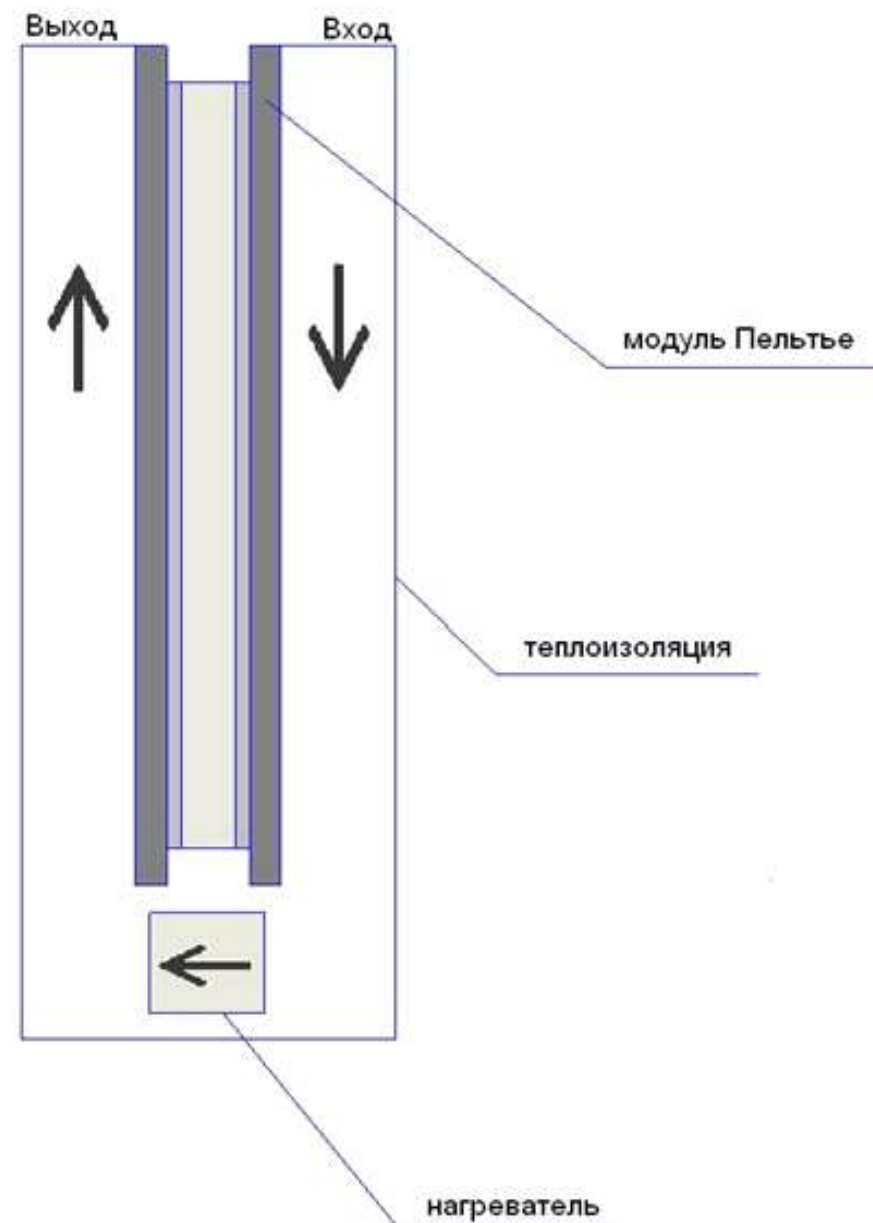
Соруководитель:

ассистент каф., Войнов И.Б.

Устройство датчика



Термоэлектрический модуль Пельтье

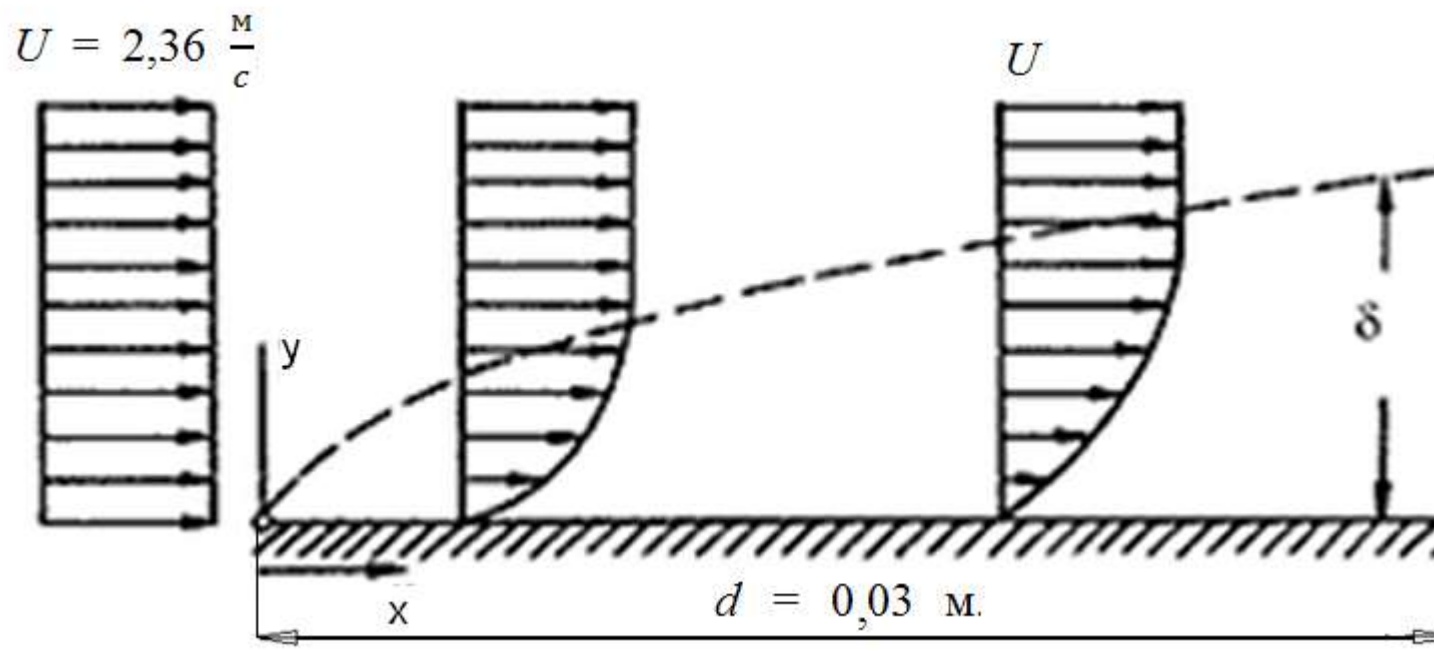




План работы

- Решение модельных задач, сравнение расчетов с теорией
 - Построение модели датчика, расчет и сравнение с экспериментом
 - Выбор модификаций датчика, расчет оптимальных параметров
- Моделирование нового датчика, сравнение результатов

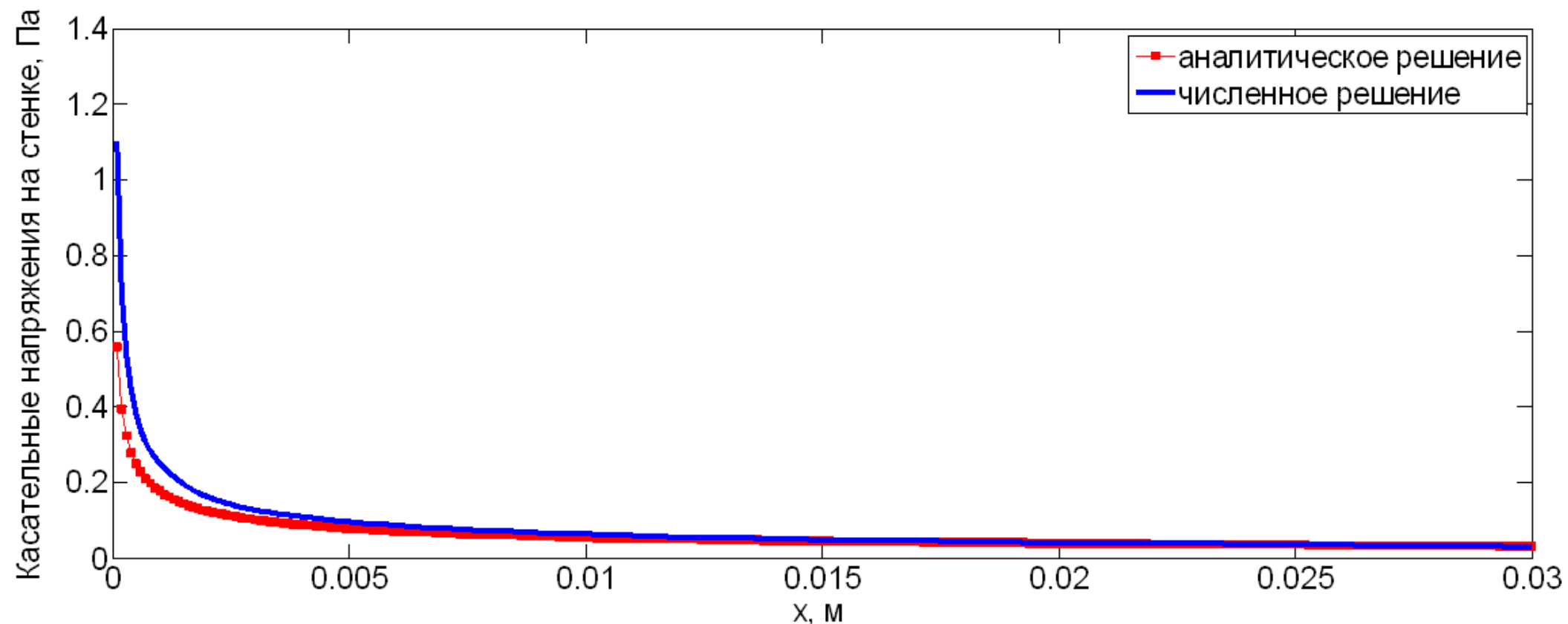
Первая модельная задача



Ламинарное обтекание пластины

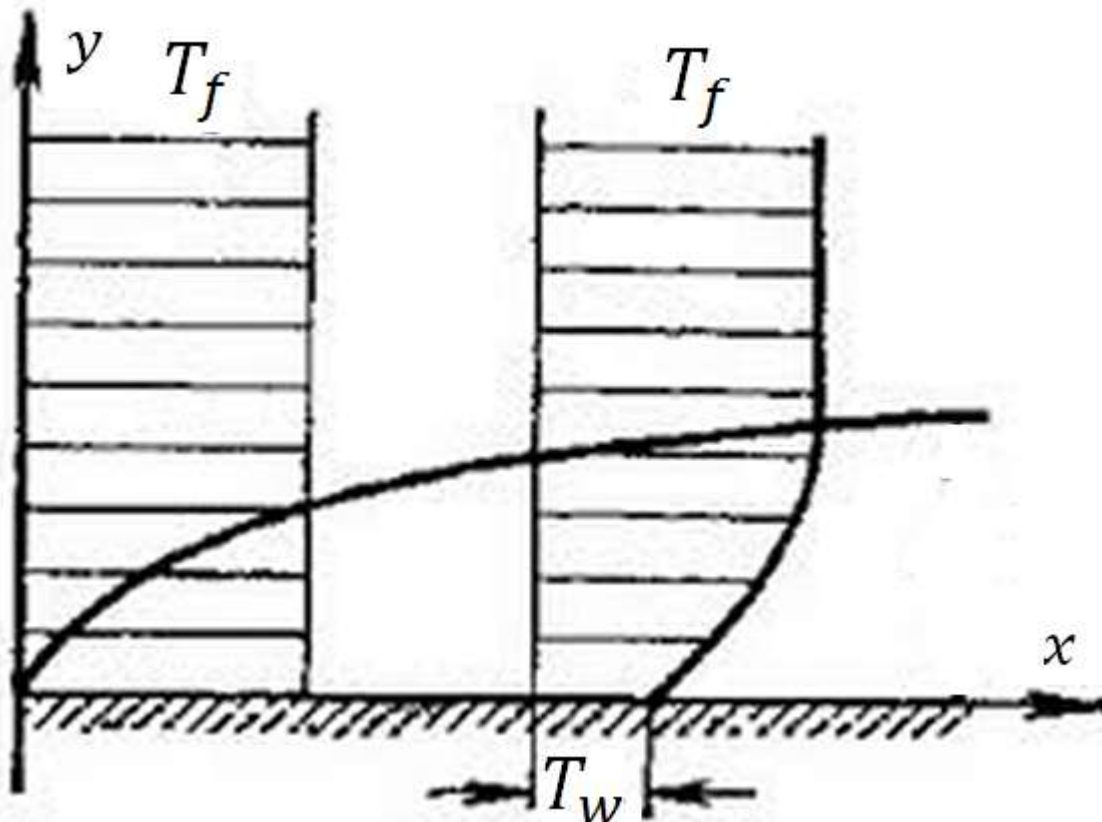
$$\text{Re} \sim 4700$$

Теоретическое решение основано на допущениях, верных при $Re_x > 1000$,
что соответствует $x > 0,007$



Модуль вязких напряжений вдоль пластины для теоретического и численного решений; отличие при $x > 0,007$ м менее 10%

Вторая модельная задача



$$T_f = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_w = 30^{\circ}\text{C}$$

Обтекание нагретой пластины

В классическом решении вводятся безразмерные температура и координата:

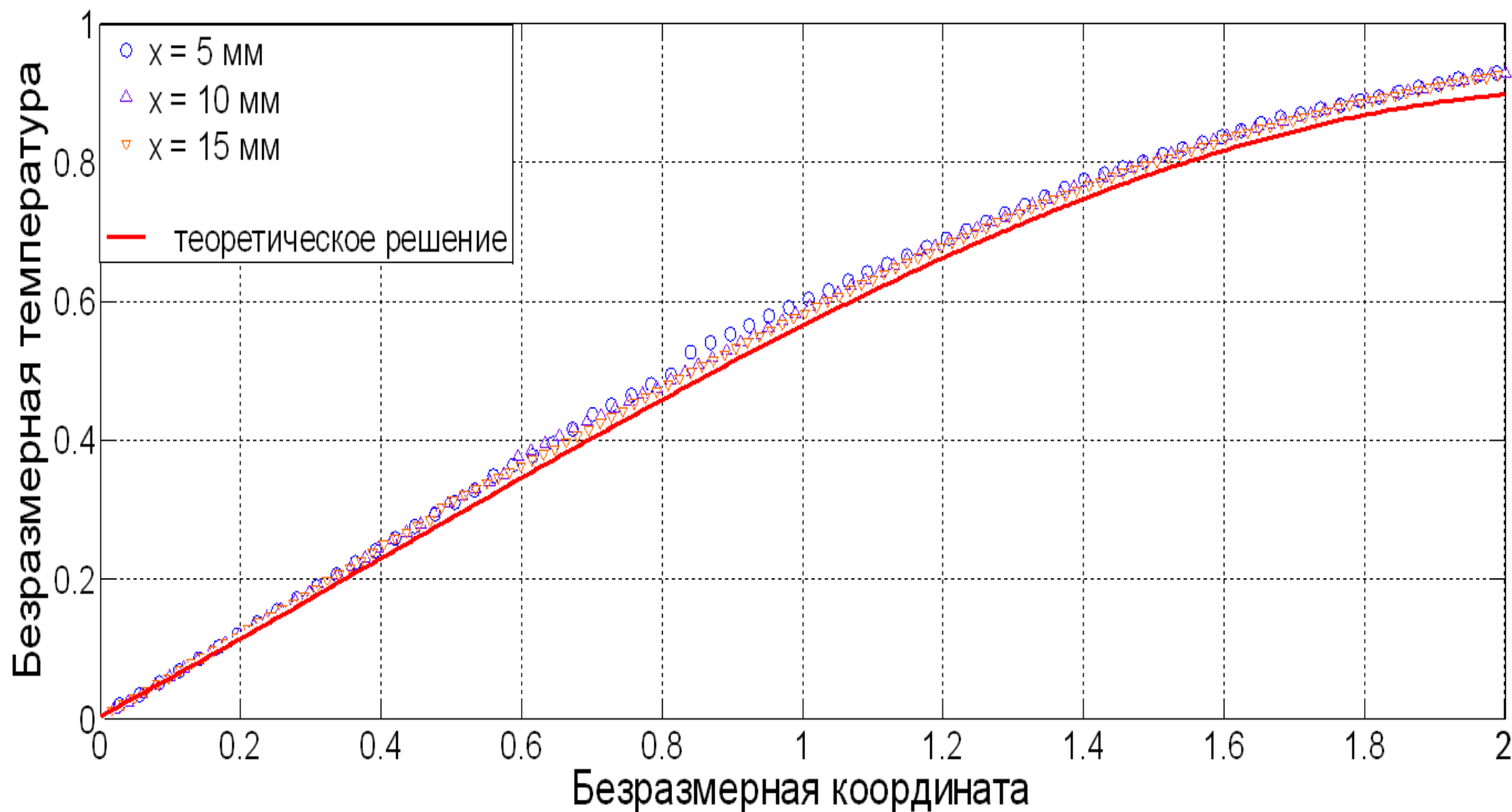
$$\theta = \frac{T_w - T}{T_w - T_f}$$

$$\eta = \frac{y}{2} \sqrt{\frac{U \rho}{\mu x}}$$

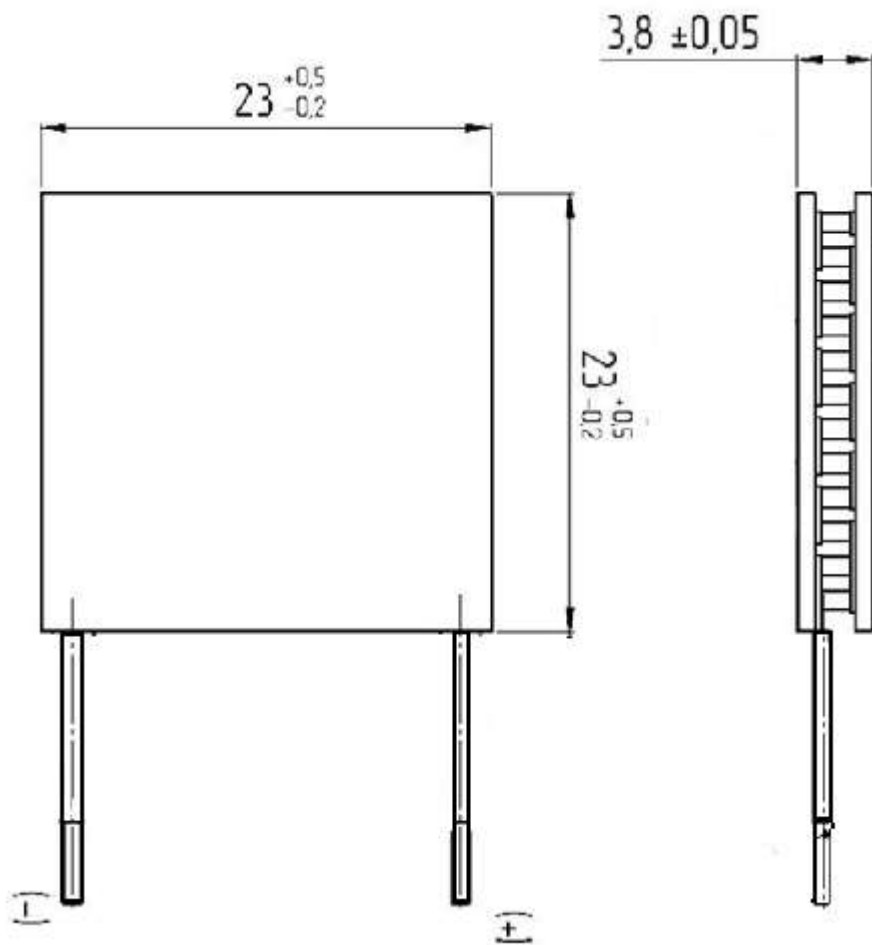


Сравнение решений

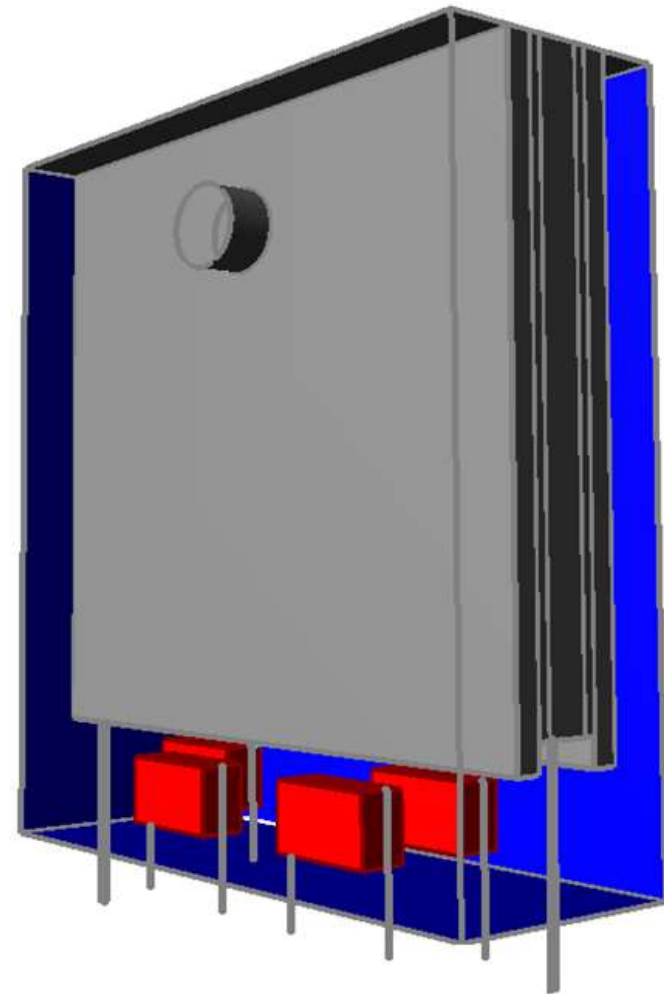
Зависимость безразмерной температуры от безразмерной координаты
одинакова по всей длине.



Построение модели: геометрия



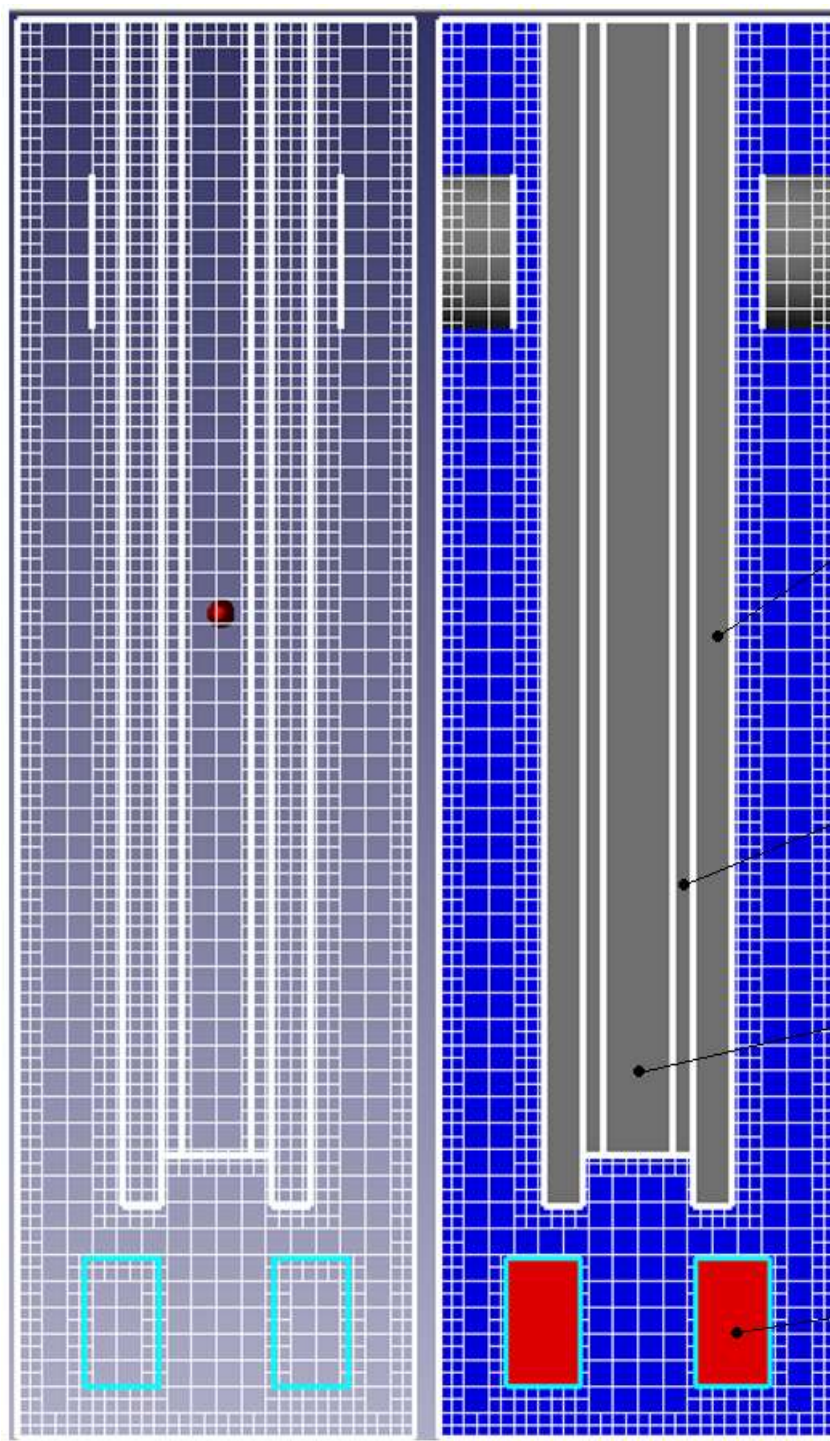
Термоэлектрический модуль



Внутренность датчика



Сечение
расчетной сетки



Материалы

Al_2O_3

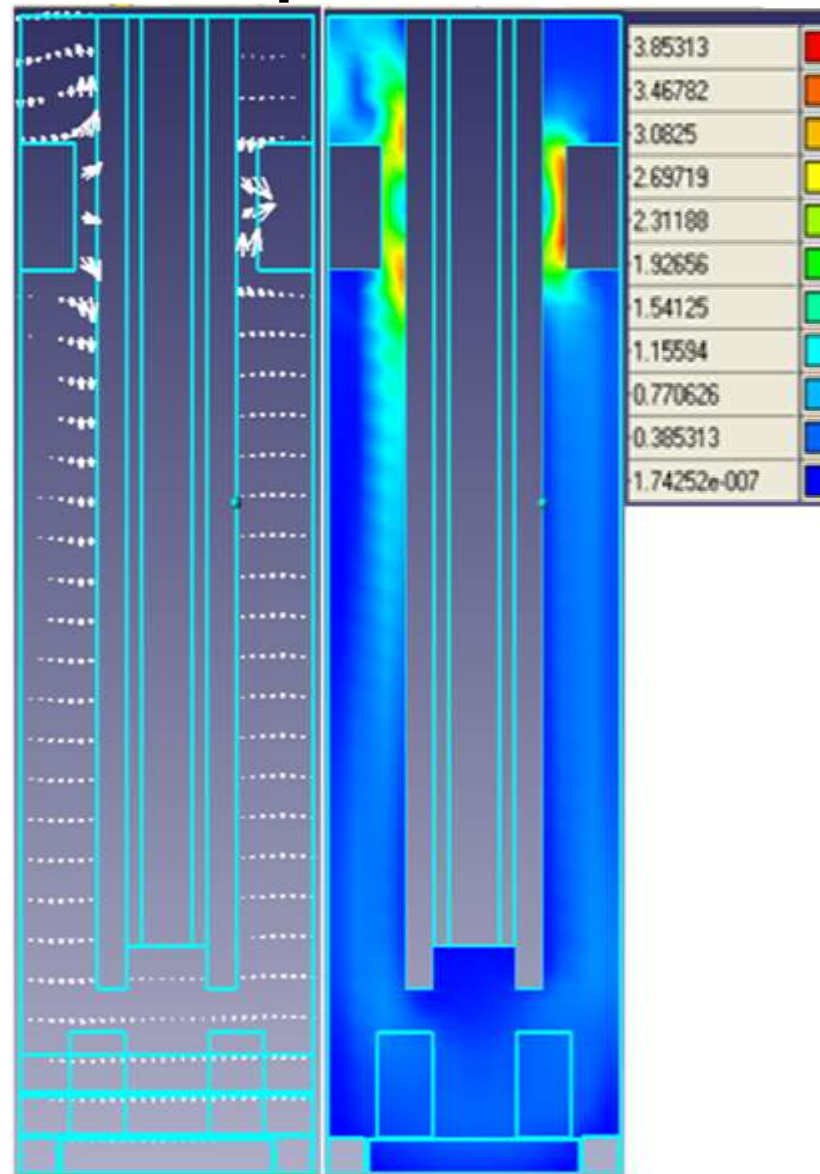
Sn

$(\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5})\text{Te}_3$

110°C

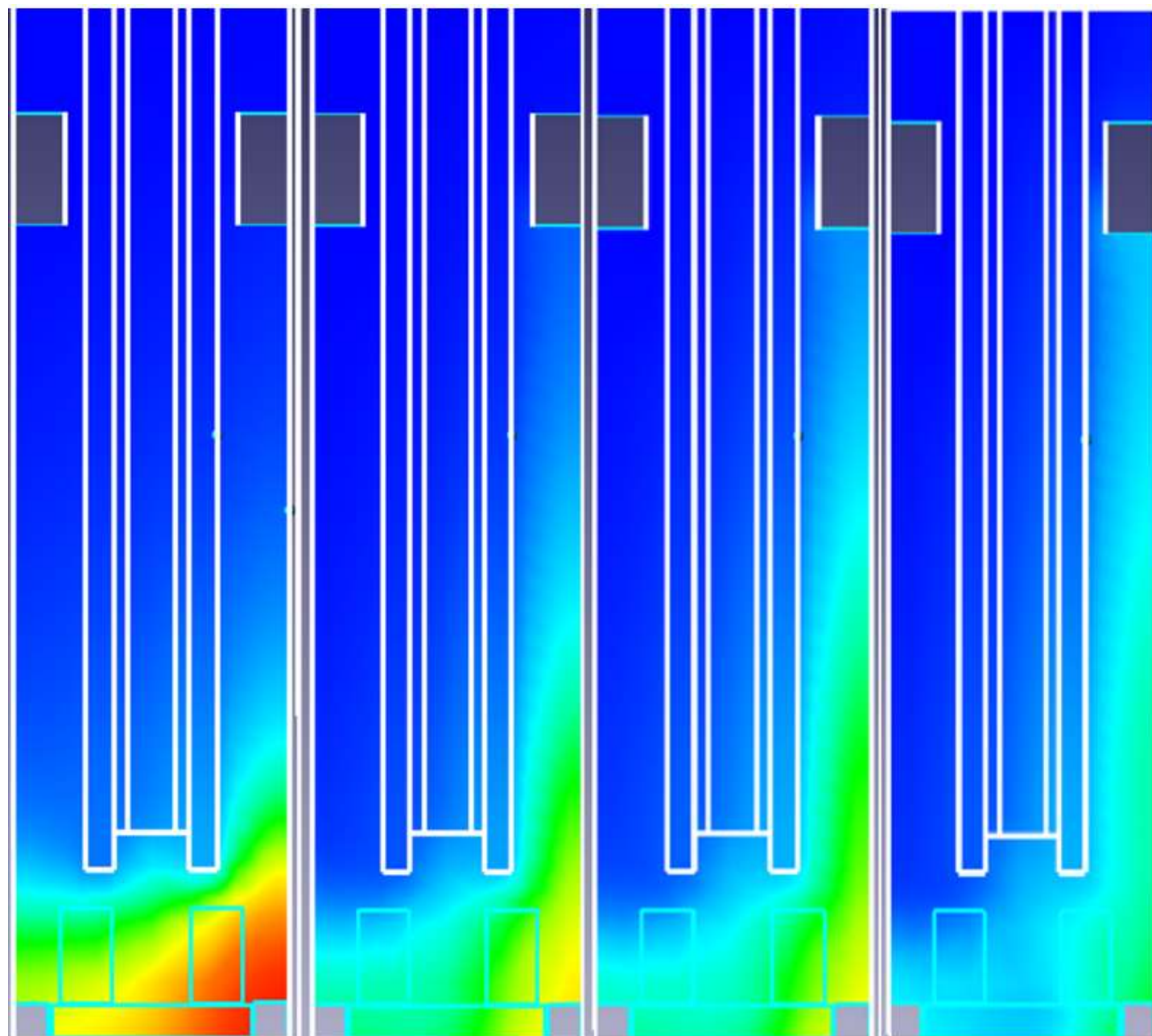
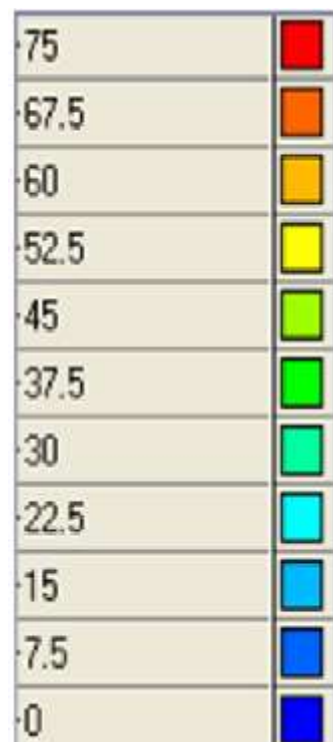


Расчет первой модели

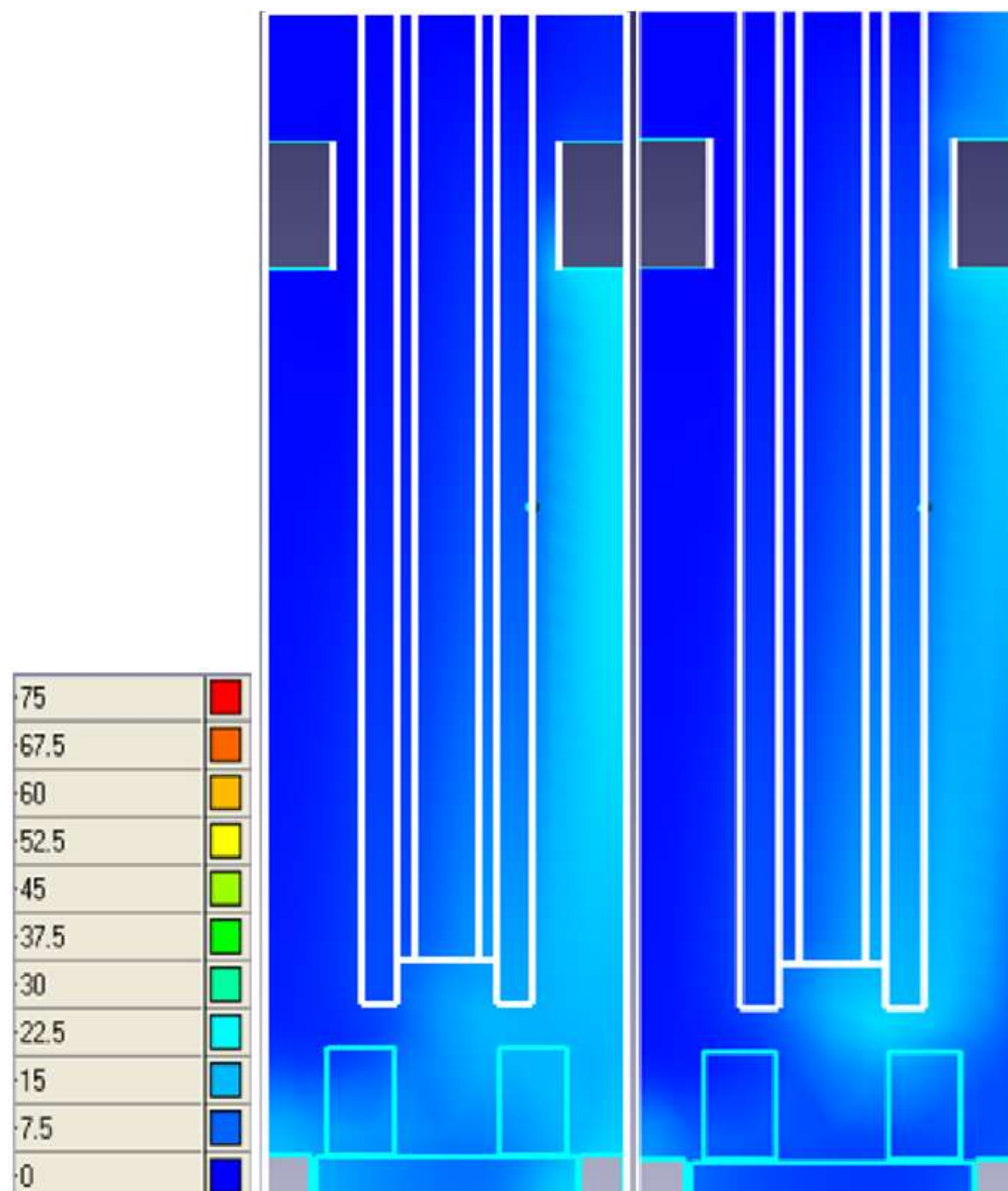


Поле скоростей в плоскости симметрии ТЭМ

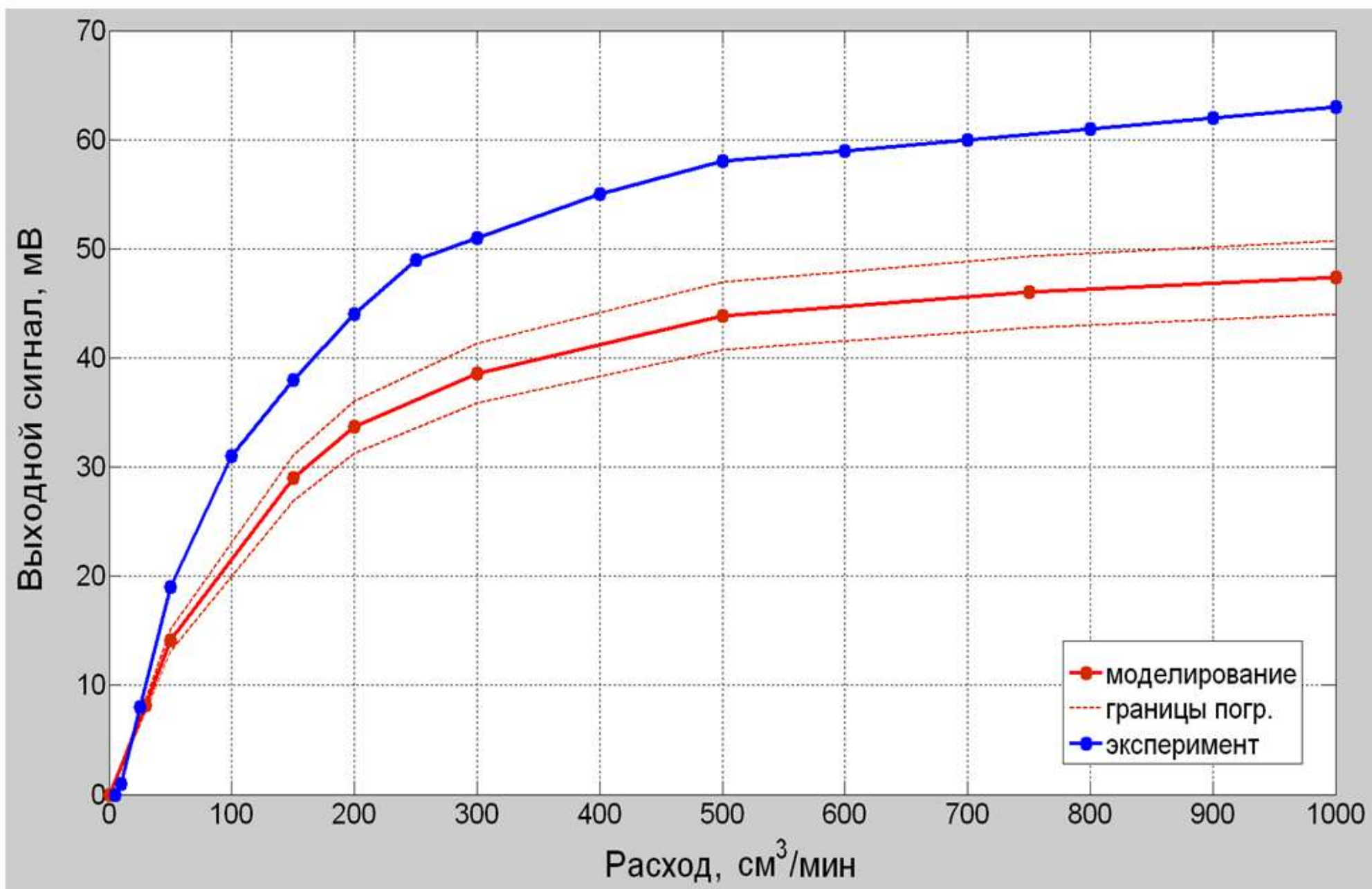
При данных скоростях и размерах турбулентный пограничный слой не развивается



Профили температуры при расходах: 50, 150, 200, 300 $\text{см}^3/\text{мин}$

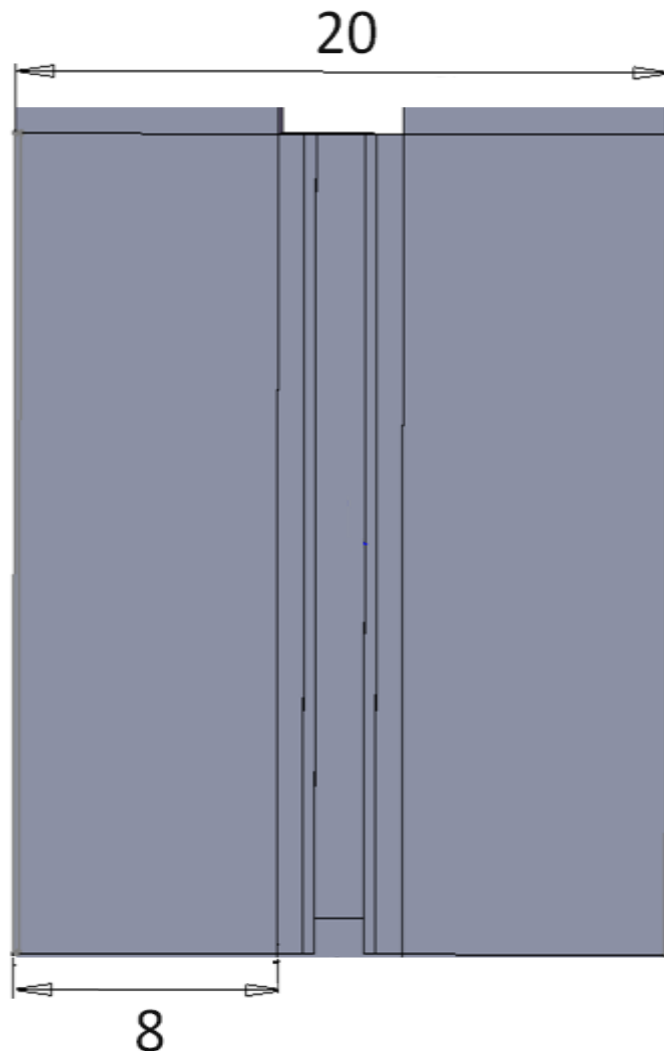


Профили температуры при расходах: 500 и 1000 см³/мин

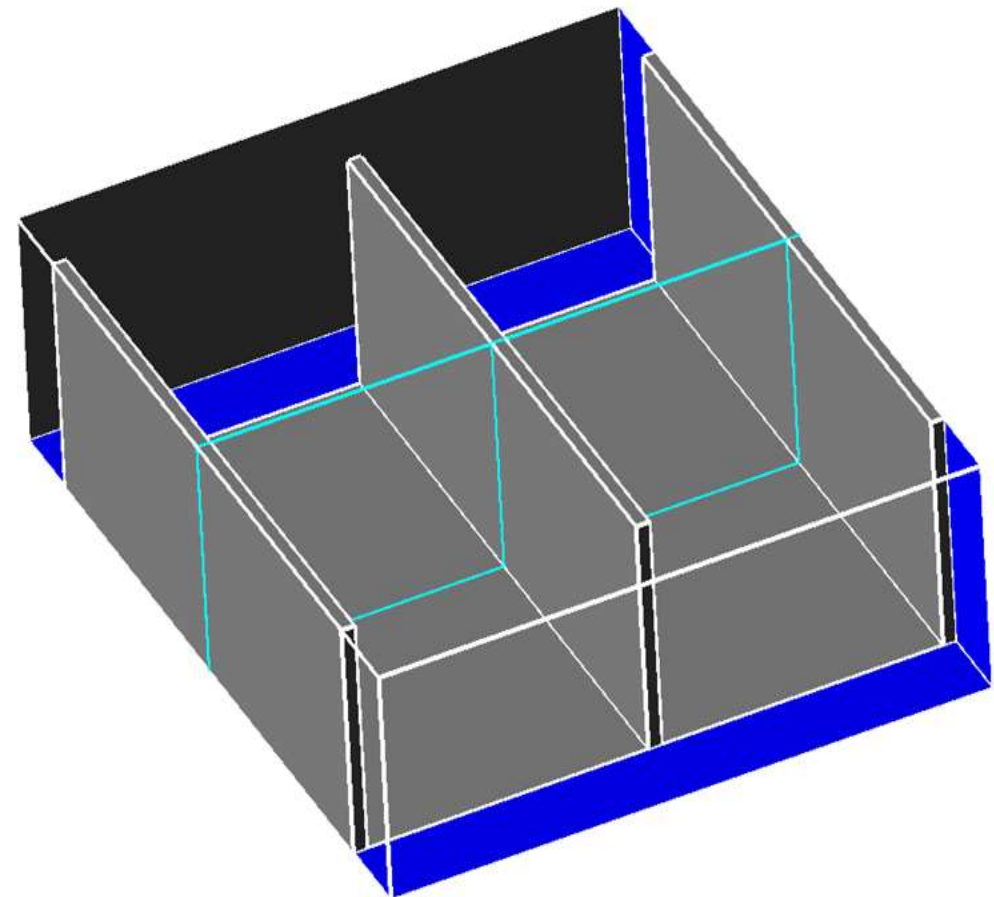


Выходная характеристика датчика

Для увеличения теплообмена на гранях модуля делается оребрение.
Выбраны алюминиевые ребра толщины 0,5мм и высоты 8мм
При данных ограничениях эффективность таких ребер максимальна



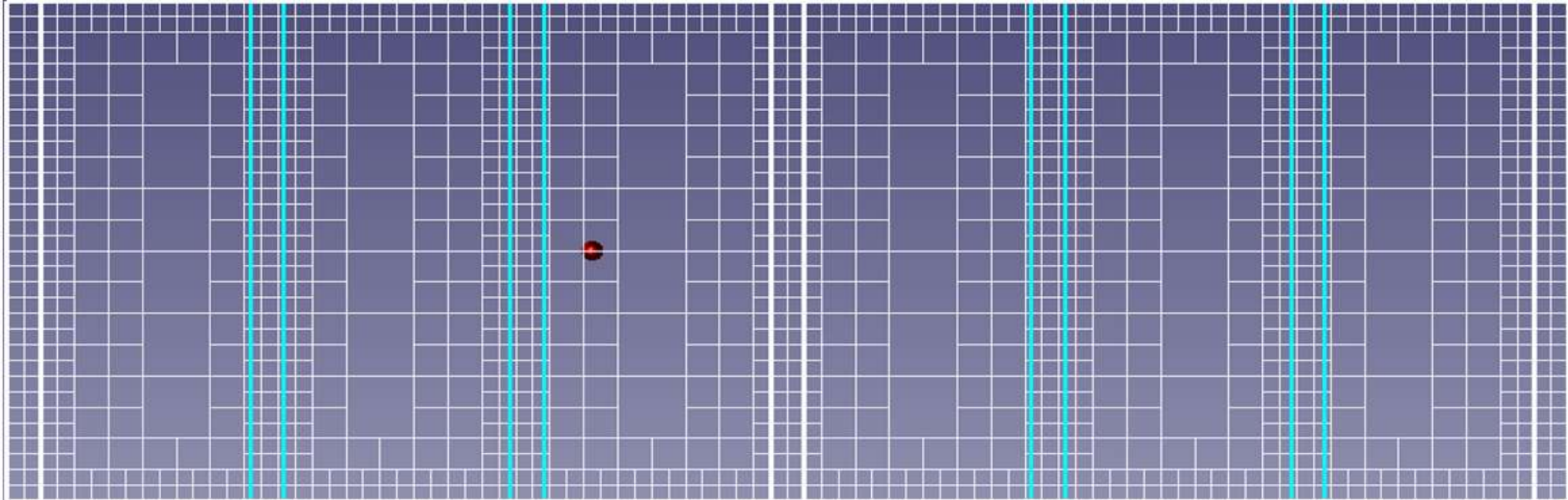
Ограничение на габариты датчика и высоту ребер



Расчетная область для трех ребер



Для разного количества ребер решаются модельные задачи



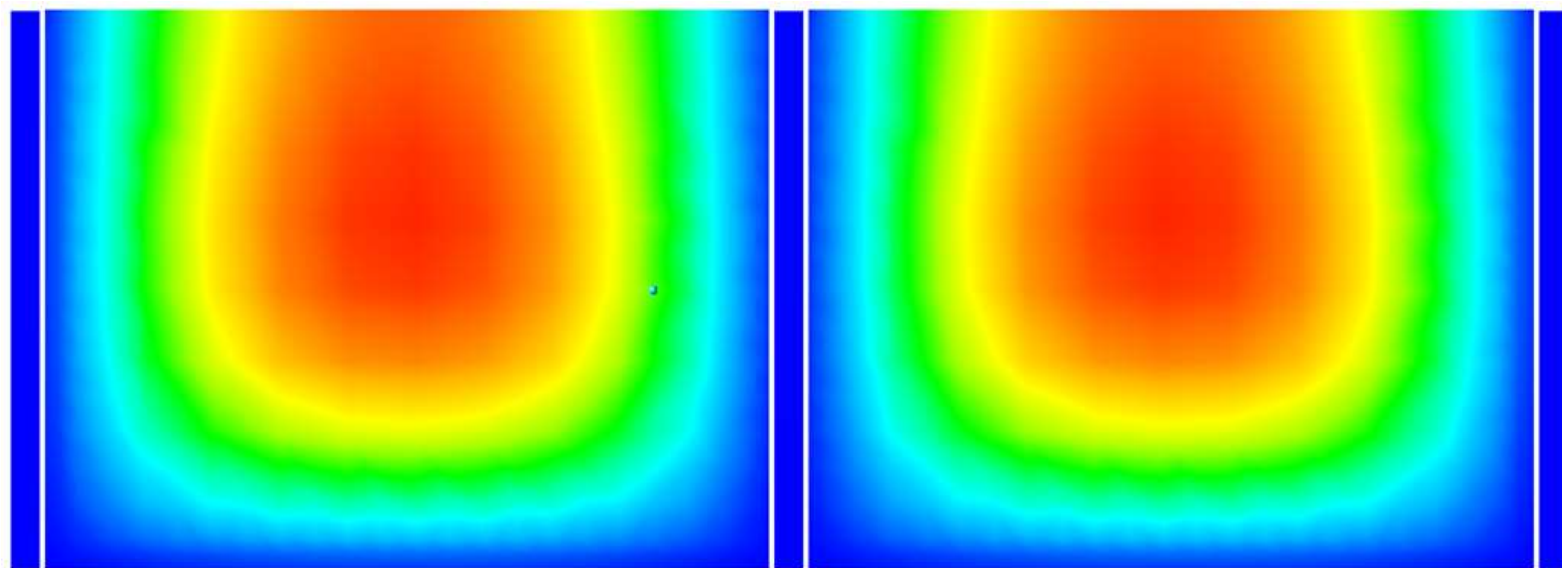
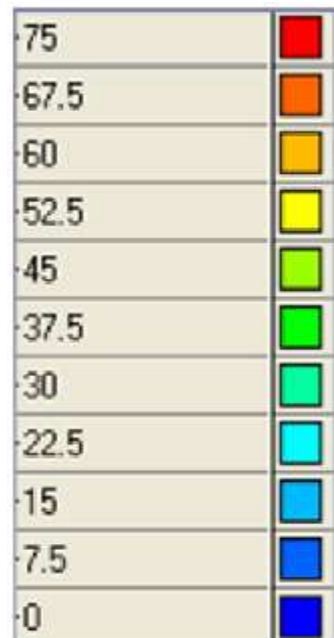
Сечение характерной расчетной сетки, семь ребер

В задаче горячий поток обдувает холодную стенку

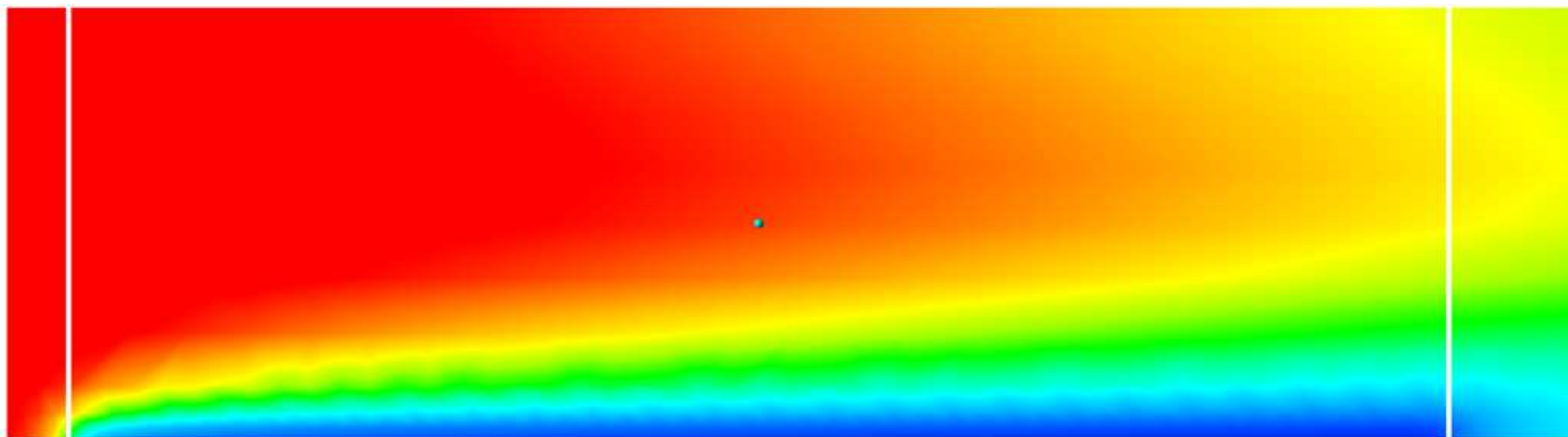
На вход подается поток с расходом
1000 см³/мин

$$T_w = 20^{\circ} \text{C}$$

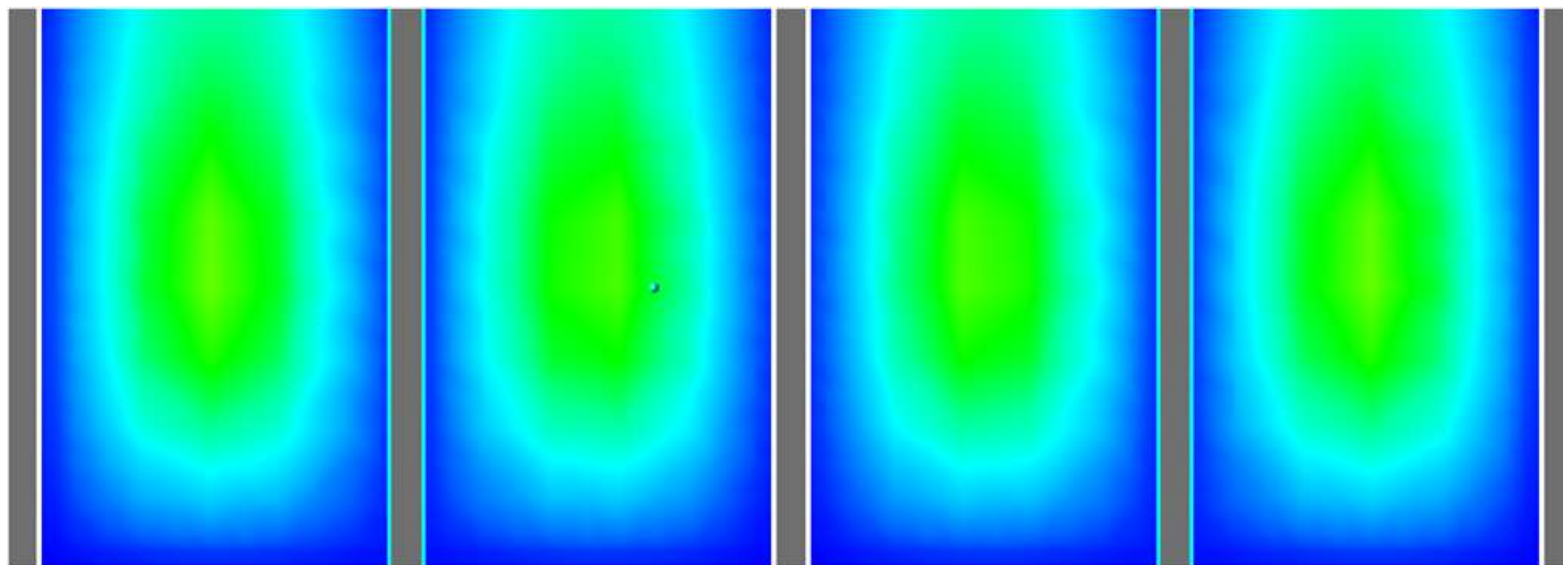
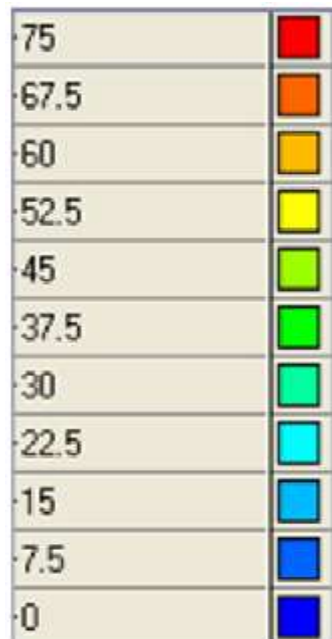
$$T_f = 100^{\circ} \text{C}$$



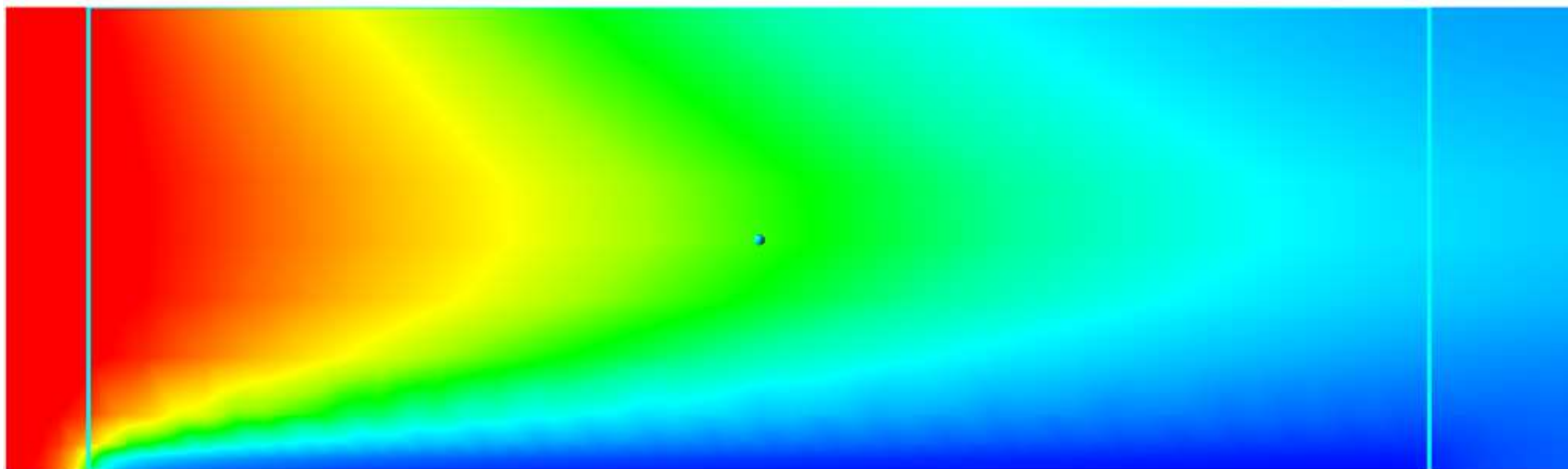
Профиль температуры поперек ребер в середине канала, $n=3$



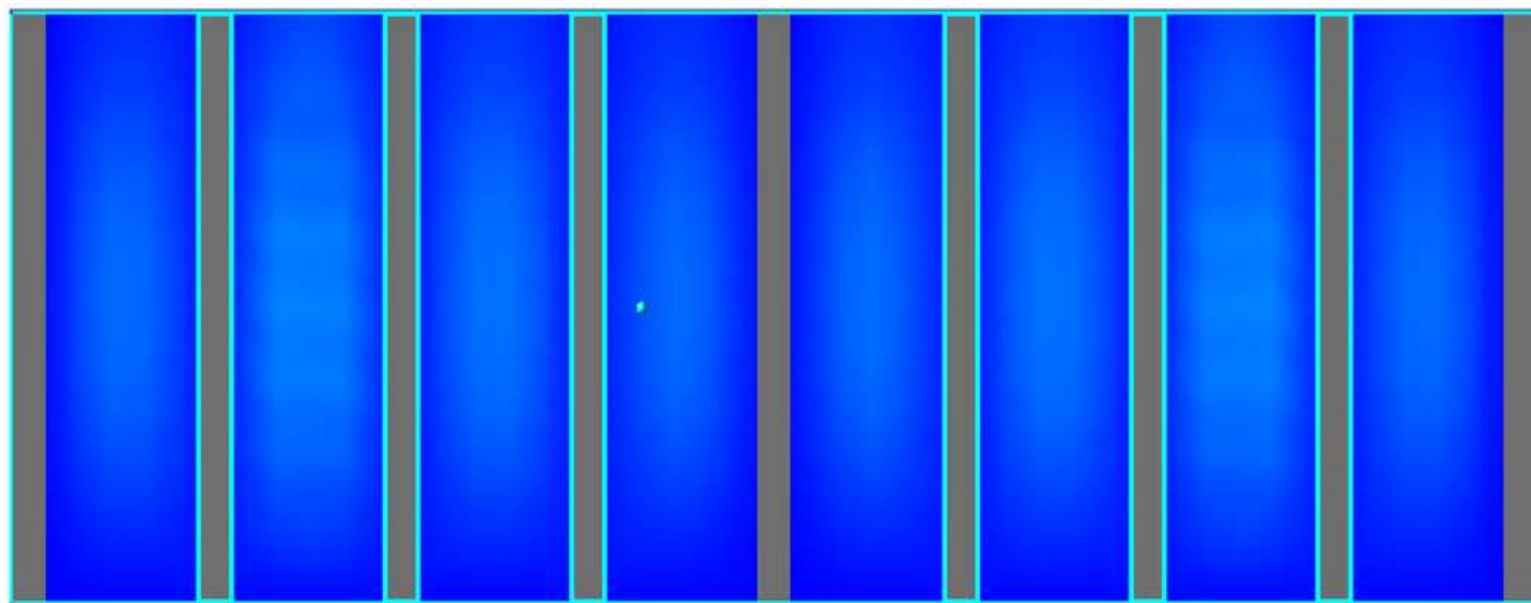
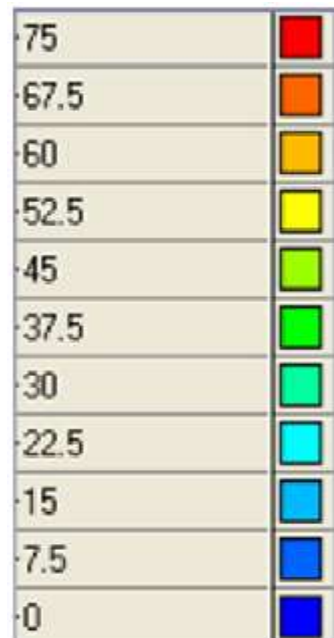
Профиль температуры вдоль пластины посередине между ребрами, $n=3$



Профиль температуры поперек ребер в середине канала, $n=5$



Профиль температуры вдоль пластины посередине между ребрами, $n = 5$



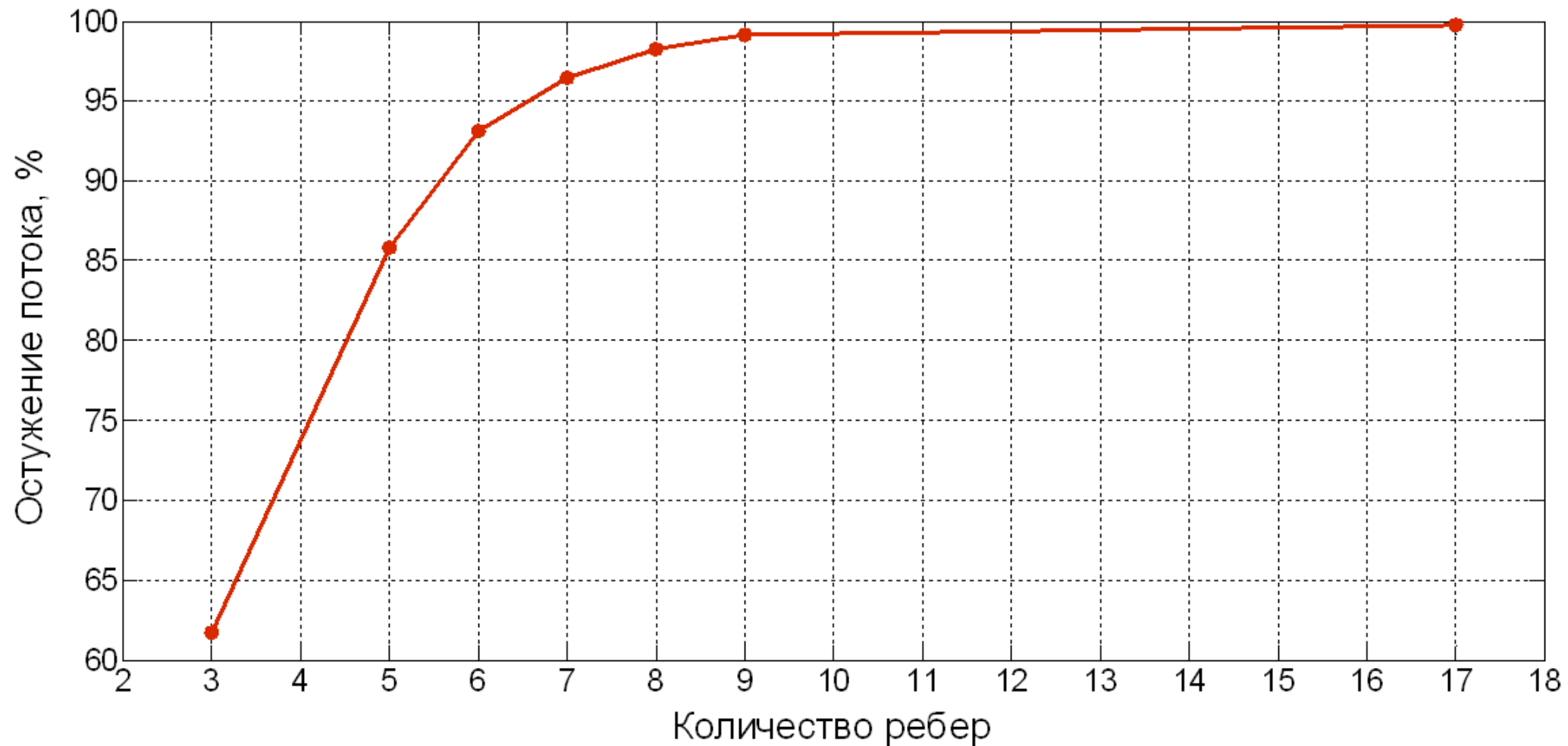
Профиль температуры поперек ребер в середине канала, $n=9$



Профиль температуры вдоль пластины посередине между ребрами, $n=9$



Эффективность остужения потока





Оптимизация геометрии

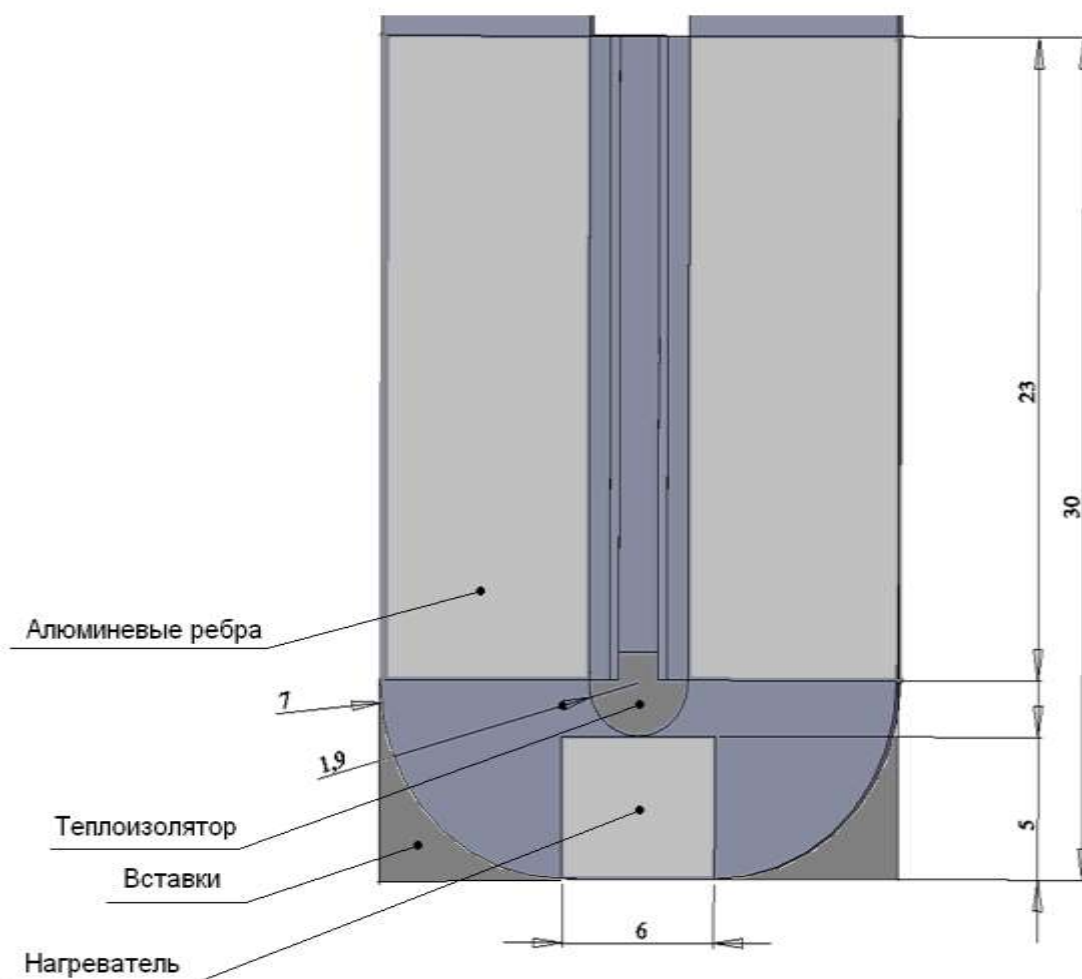
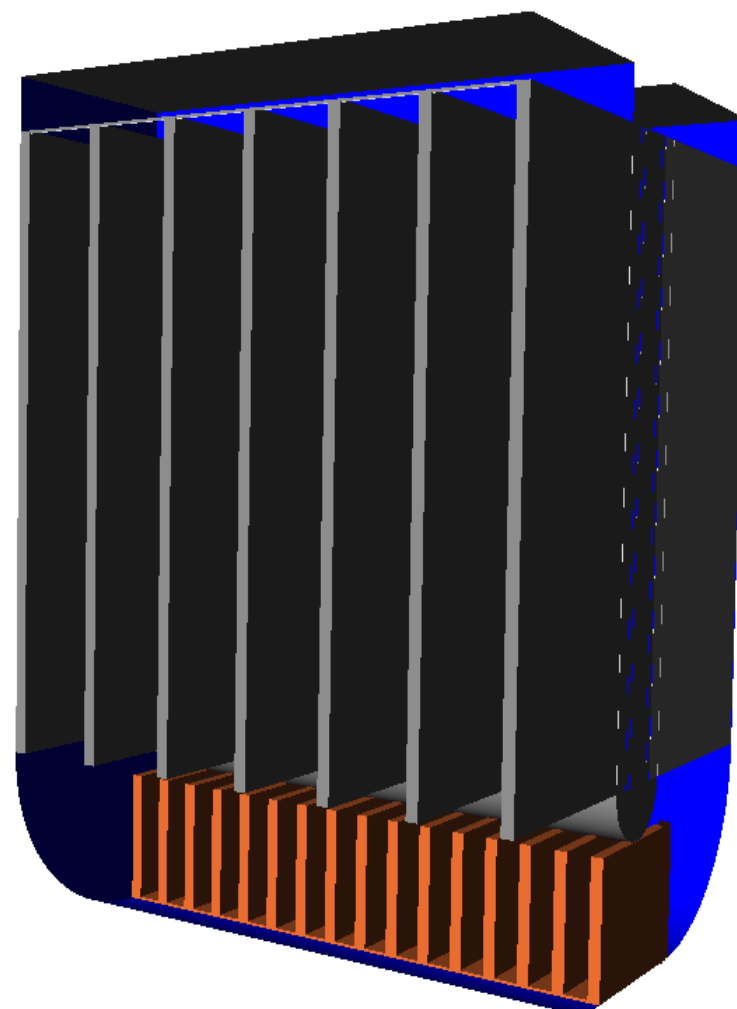


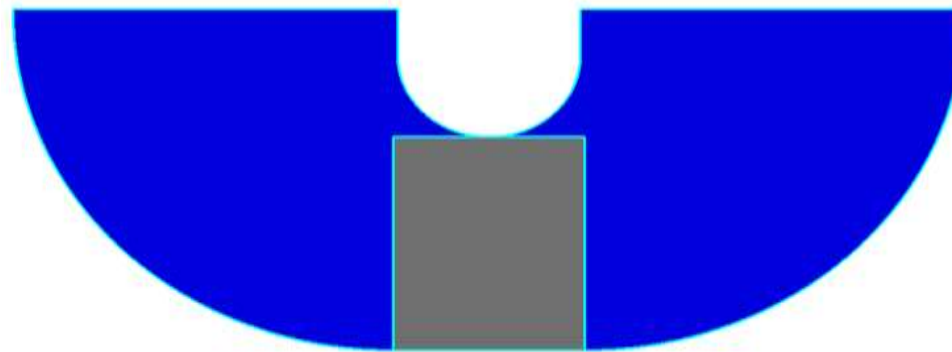
Схема датчика



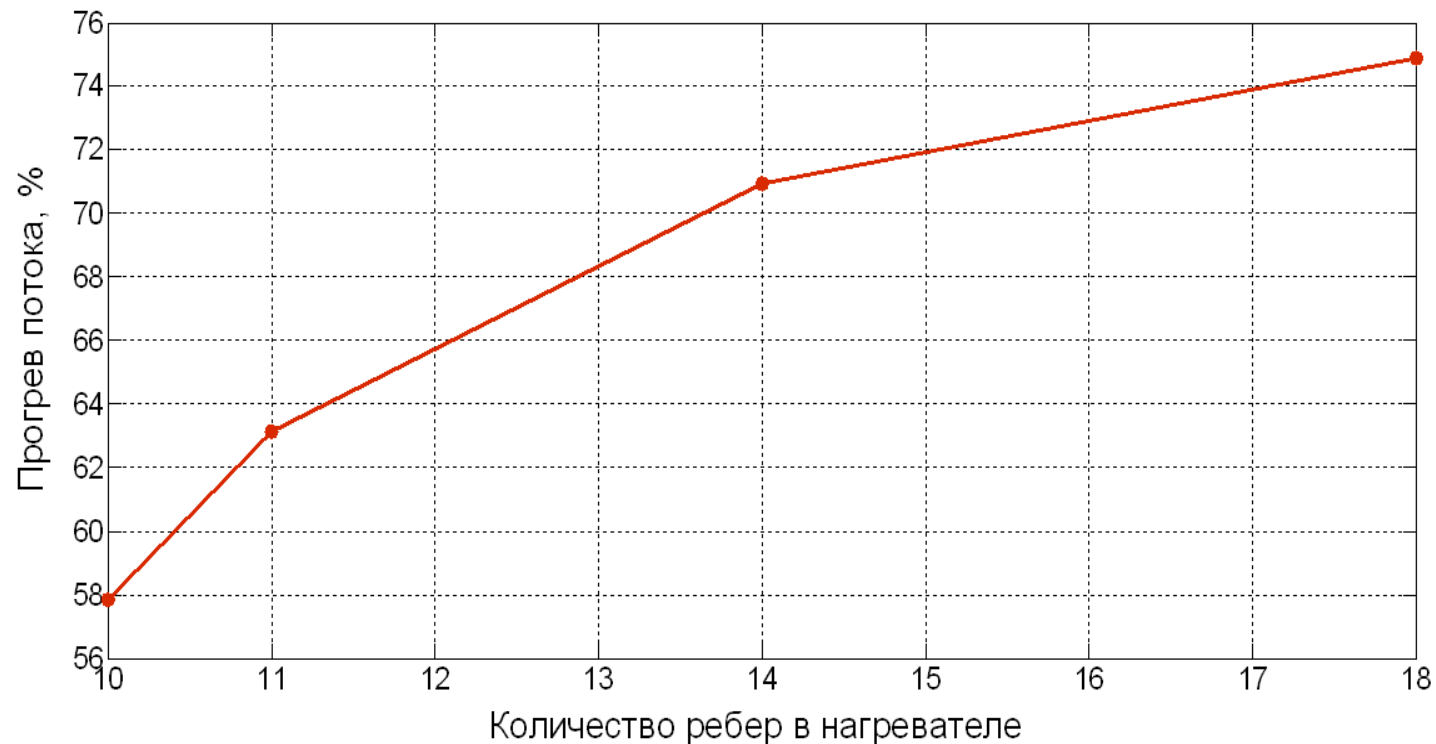
Модель датчика



Задача об оптимизации нагревателя



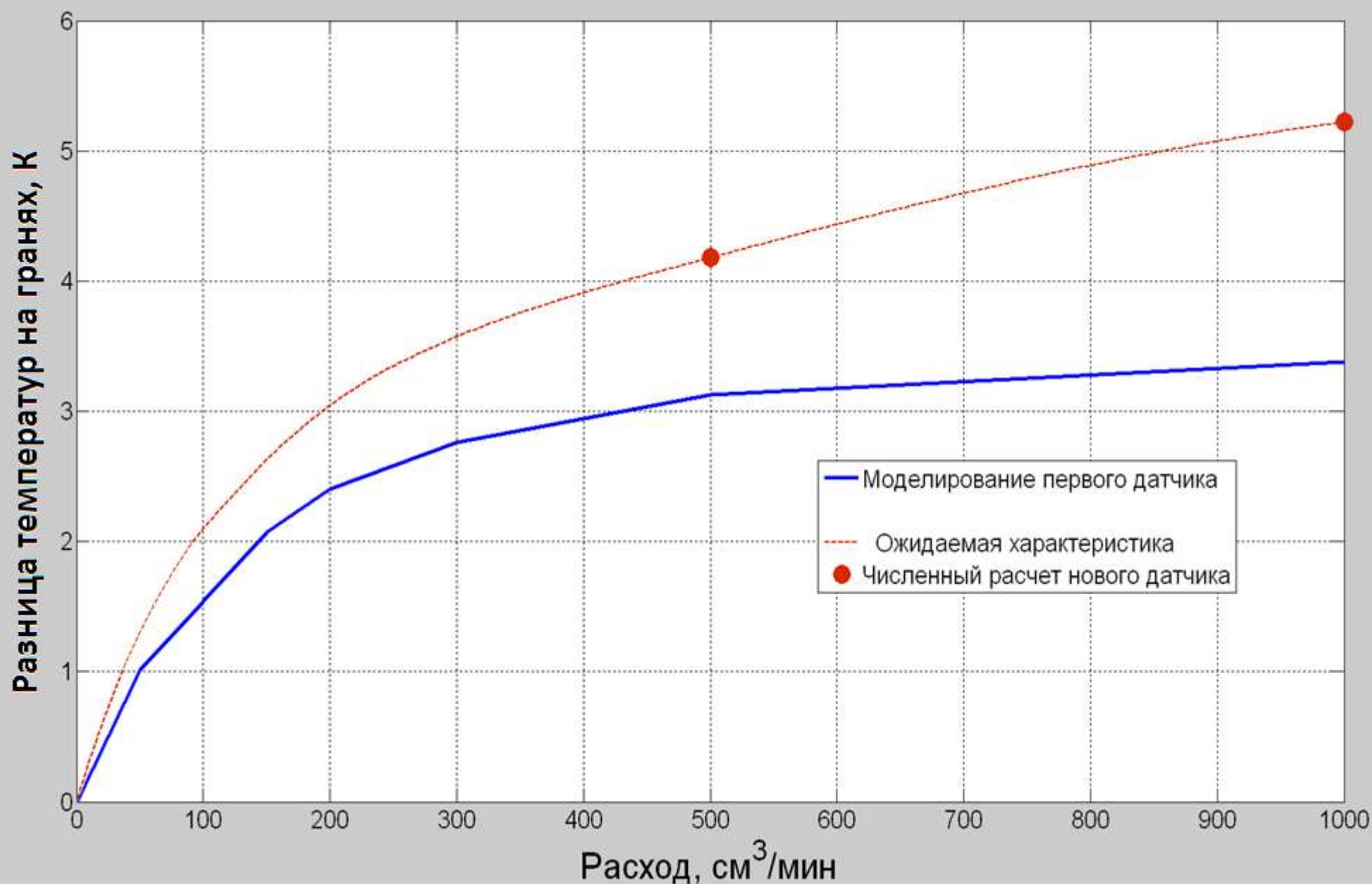
Расчетная область



Результат прогрева для различного количества ребер



Новая выходная характеристика





Заключение

При максимальном расходе усиление 54%.

Насыщение ослабилось, но не исчезло в целом.
Целесообразно продолжить улучшение конструкции:
следует увеличивать площадь нагревателя.

Мощность теплообмена в новом датчике 1,7 Вт

Мощность одного термистора 4,32 Вт

Предел мощности еще не достигнут

Дальнейшее движение должно быть в сторону
интенсификации теплообмена нагревателя с воздухом.

Спасибо за внимание