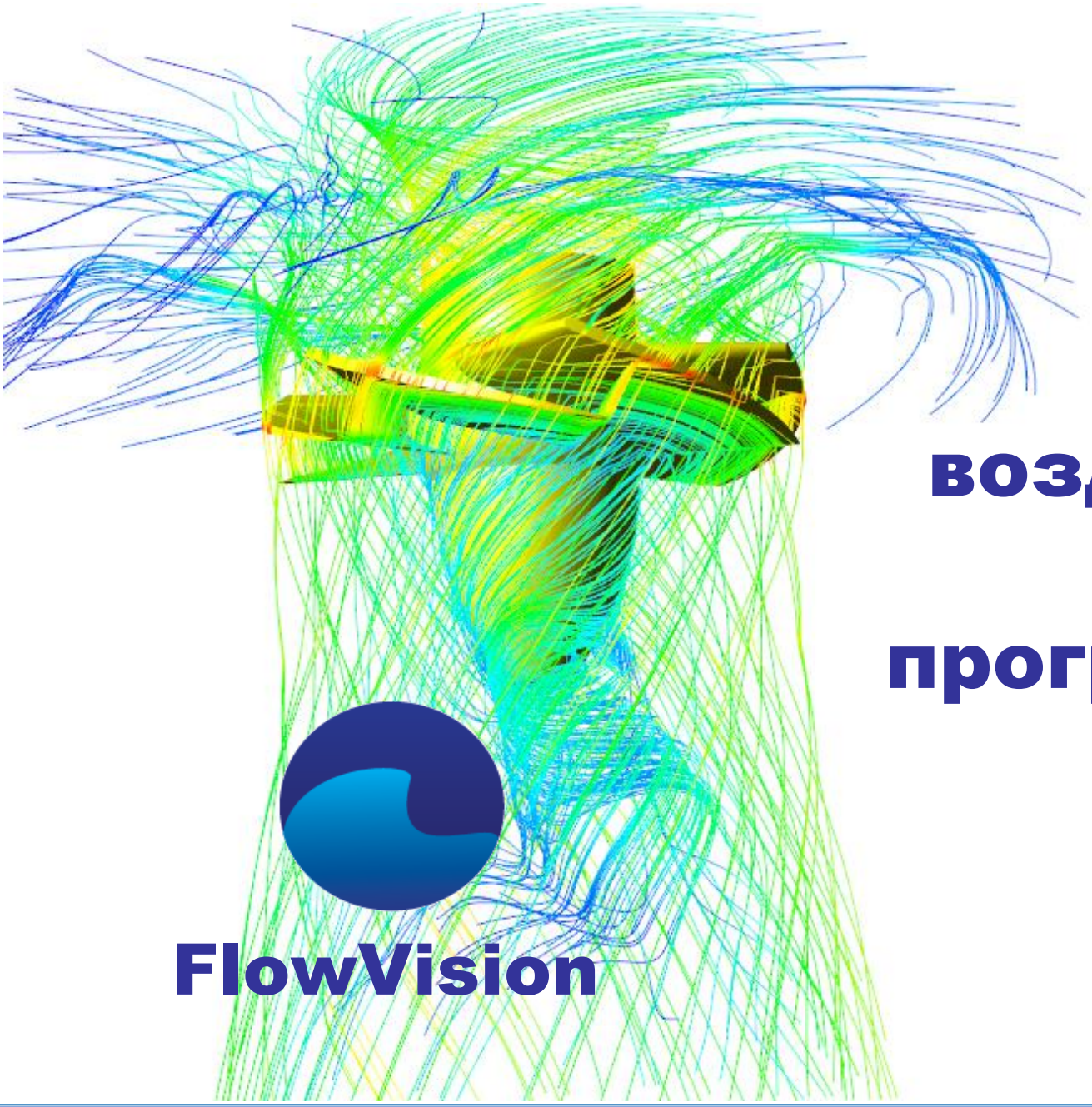


FlowVision – вижу течение:
что вижу, то понимаю

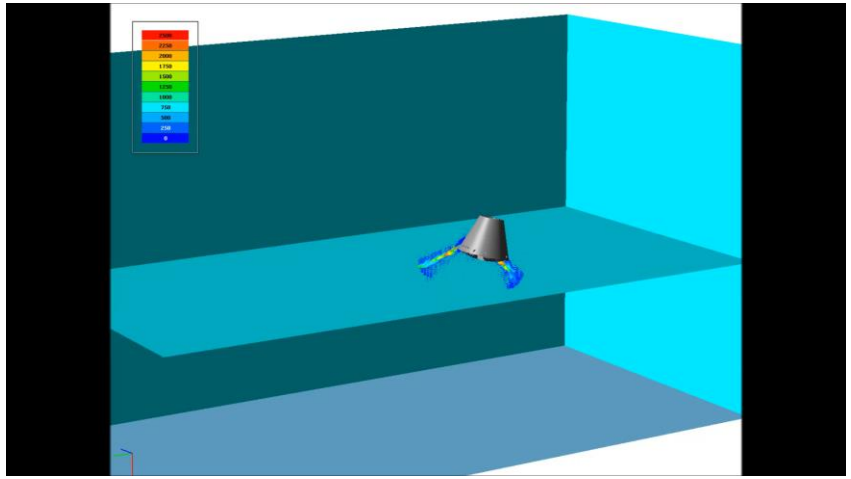
Так мы его задумали

Моделирование воздушного охлаждения РЭА с помощью программного комплекса FlowVision.

А.А. Аксенов

к.ф.-м.н., тех. директор ООО ТЕСИС

FlowVision: численное моделирование задач газо-гидродинамики в промышленности и науке

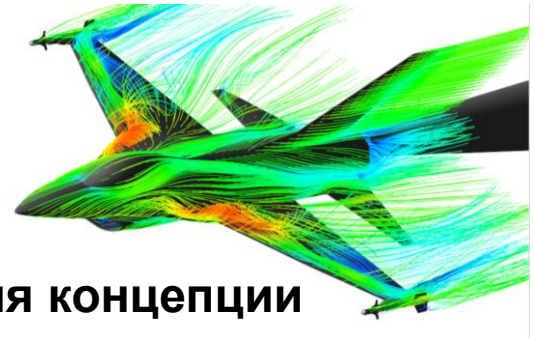


Посадка космического корабля «Федерация» на воду

- Полностью автоматическая генерация расчетной сетки с локальной динамической адаптацией
- Разрешение пограничных слоев - без ограничения на сложность поверхности
- Моделирование взаимодействия жидкости/газа с подвижными и гибкими конструкциями

- Моделирование движения многофазной жидкости с контактными границами
- Широкий спектр физических моделей (турбулентность, массоперенос, химия, горение, дисперсные фазы)
- Моделирование задач турбомашиностроения, включая секторную постановку
- Проведение расчетов на современных суперкомпьютерах с гетерогенным параллелизмом (> 10^4 ядер, > 1e8 ячеек)

Отличительные характеристики FlowVision



- **Быстрое получение результатов моделирования за счет:**
  - **Полностью автоматической генерации расчетной сетки, реализация концепции «расчетная сетка есть решение»**
  - **Возможностью уточнять решение по мере необходимости, чтобы реализовать концепцию «исследования сходимости по расчетной сетке»**
  - **Простой пользовательский интерфейс, реализующий создание расчетного проекта на базе концепции «геометрия->математическая модель->решение»**
- **Сильная обратная связь Пользователь->Разработчик FlowVision**
  - **«**I am confident that FlowVision team will give us the best support there is. As a matter of fact, that was one of the key reasons we decided to get the program. A good program requires good support” Pedro Bastias, Trelleborg, USA.
- **FlowVision не боится тяжелых задач…** **все простые уже разобраны нашими конкурентами**

FlowVision – сделано в России

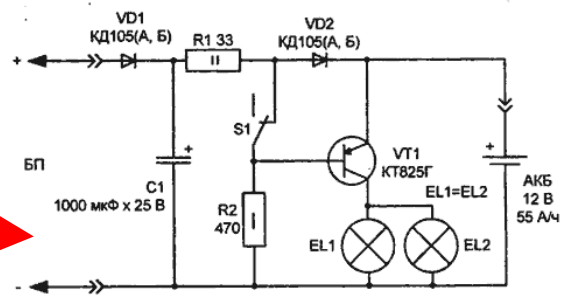
- Разрабатывается в компании ТЕСИС (г.Москва)
- Ядро команды - научная школа академика О.М.Белоцерковского
- Начало разработки FlowVision – 1991г.
- Основные разработчики - выпускники МФТИ, МГУ

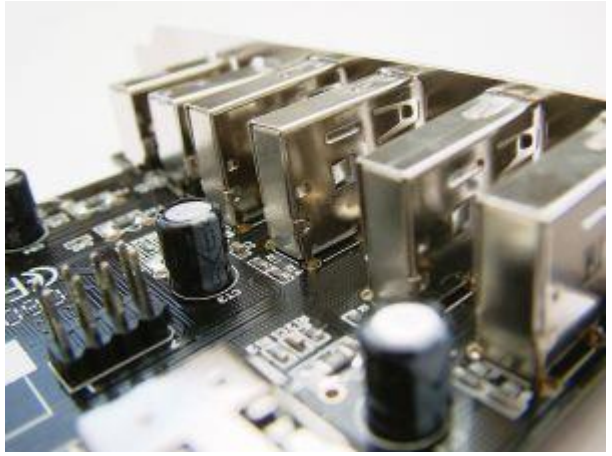
Обтекание пилота при катапультировании на сверхзвуковом режиме полета самолета

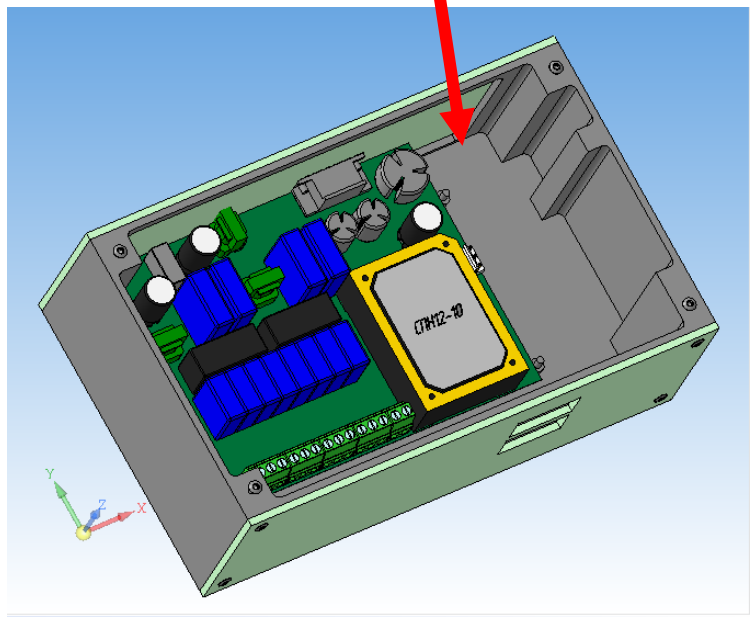
FlowVision. Теплообмен в РЭА

Этапы проектирования РЭА:

- **Электрическая схема**
- **Печатные платы**
- **Корпус РЭА**

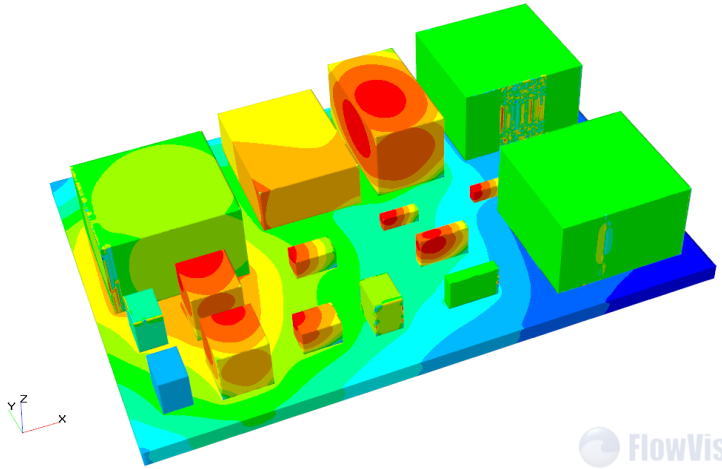






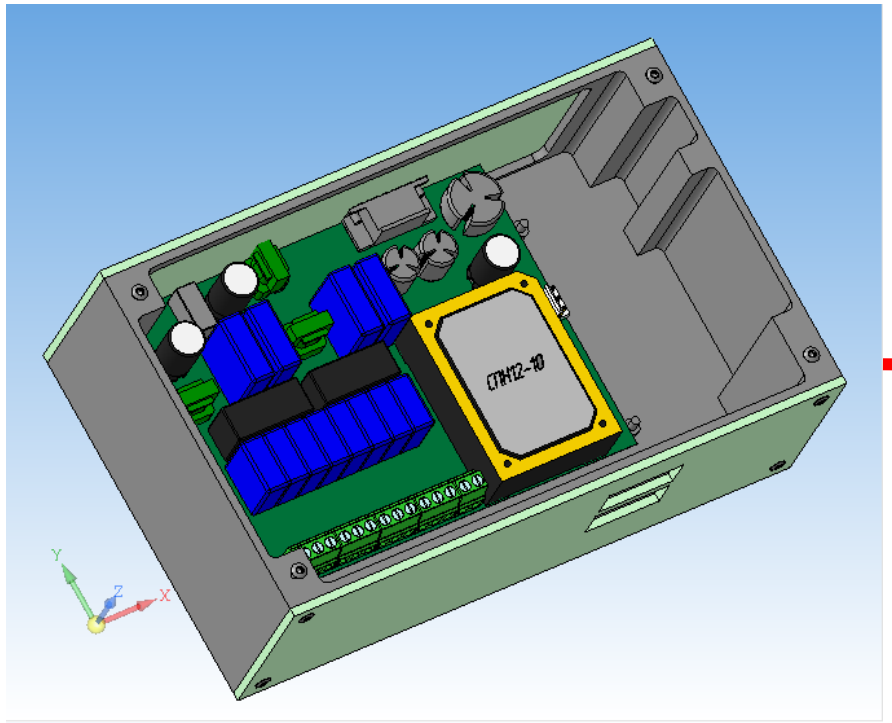
Ключевая задача проектирования корпуса РЭА – это минимизация температуры радиоэлектронных компонент

Печатная плата должна проектироваться с учетом теплообмена!

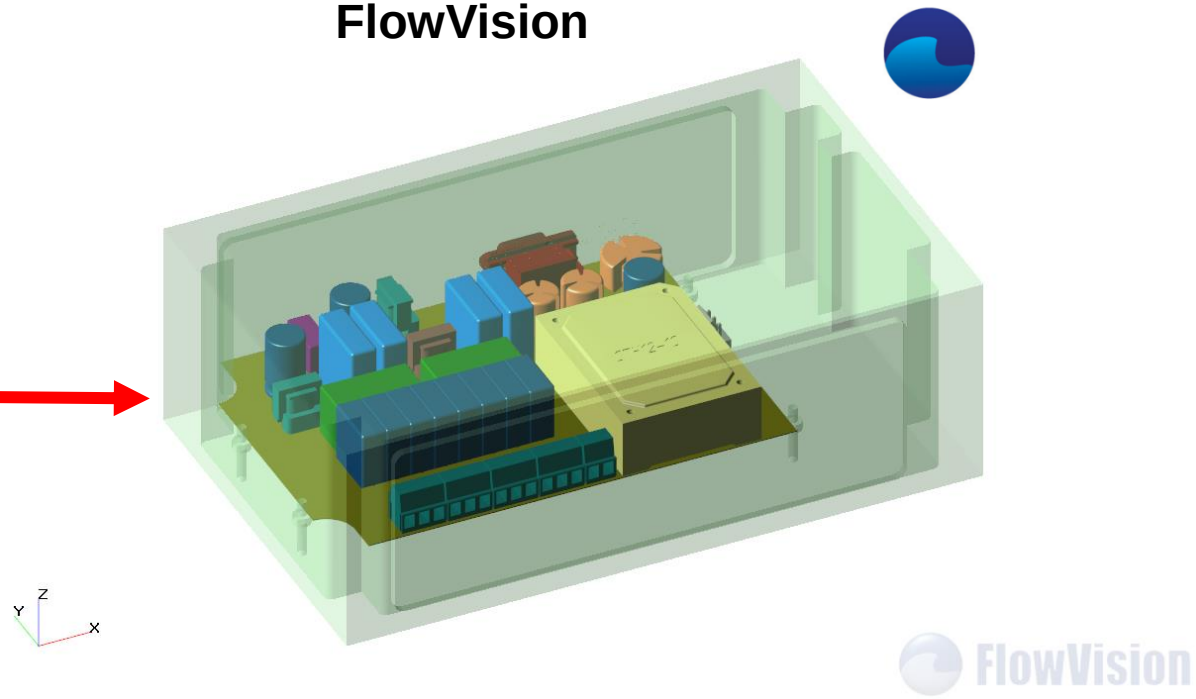


Источник геометрической информации для FlowVision – CAD система

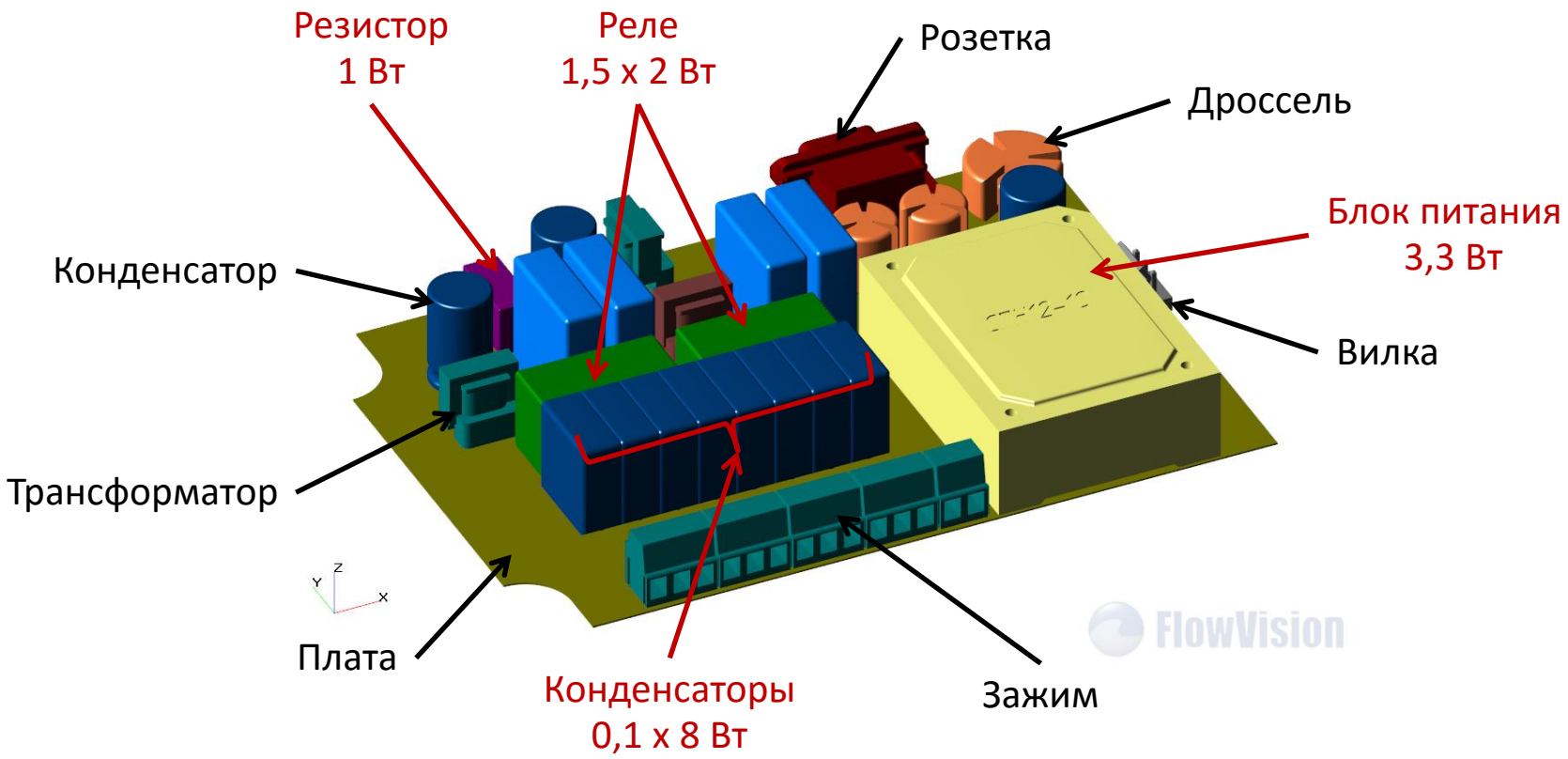
CAD



FlowVision



Пример – расчет теплового режима контроллера паровой турбины



Вещества (материалы):
Воздух; Медь;
Сталь; Пластик
…

Физические процессы:
Движение (конвекция)
Теплоперенос
Излучение

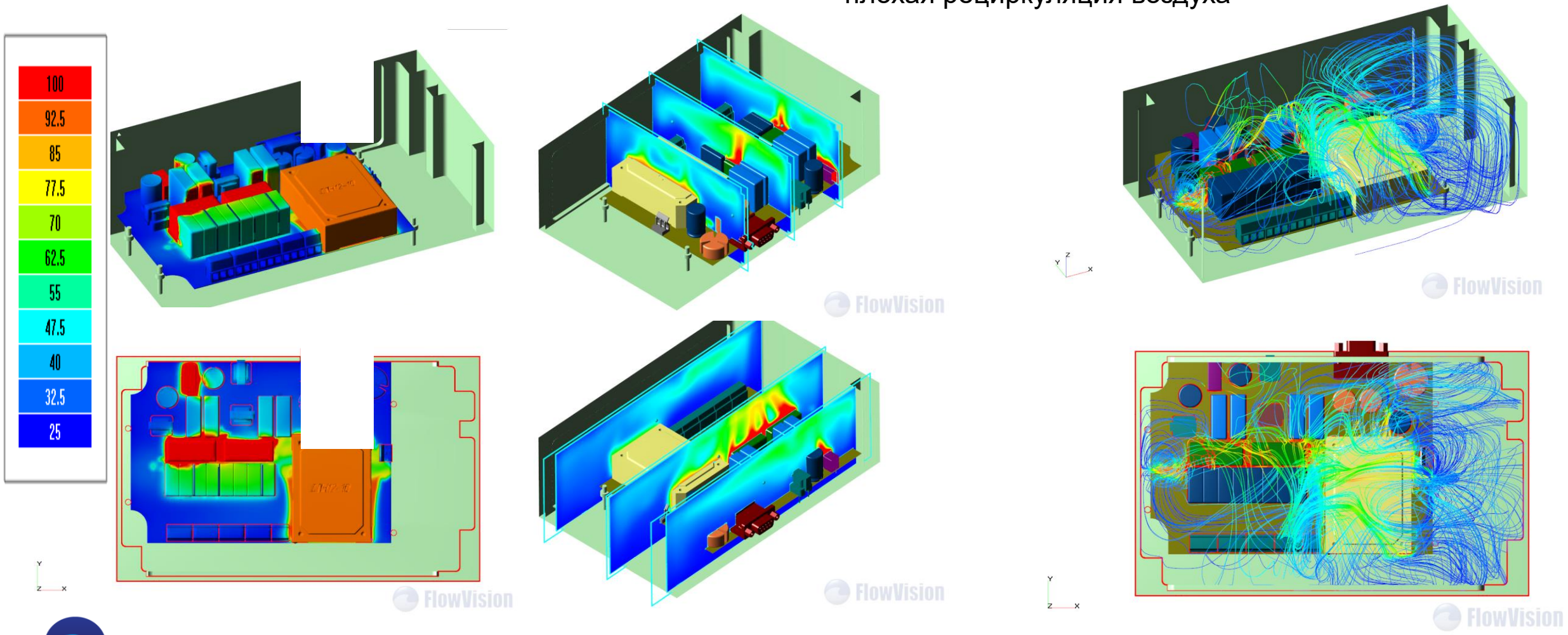
Граничные условия:
Источники тепла
Внешний теплообмен
с окружающей средой

Результаты – распределение температуры

Заключение:

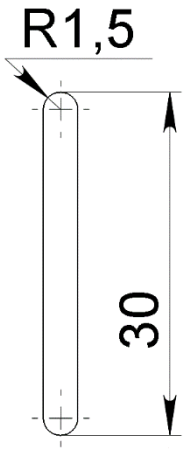
-высокая температура элементов

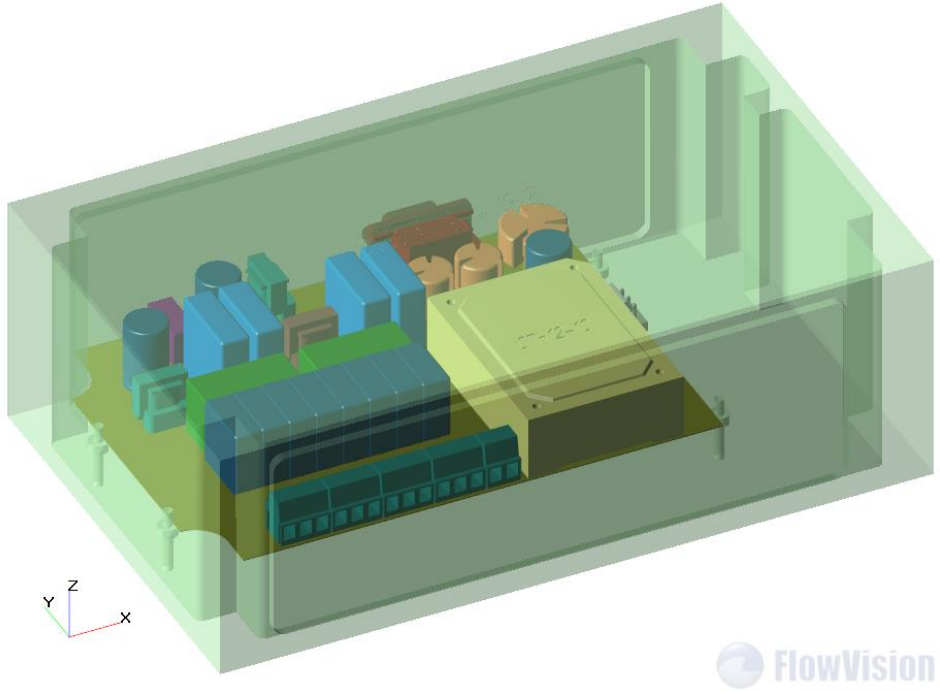
-плохая рециркуляция воздуха

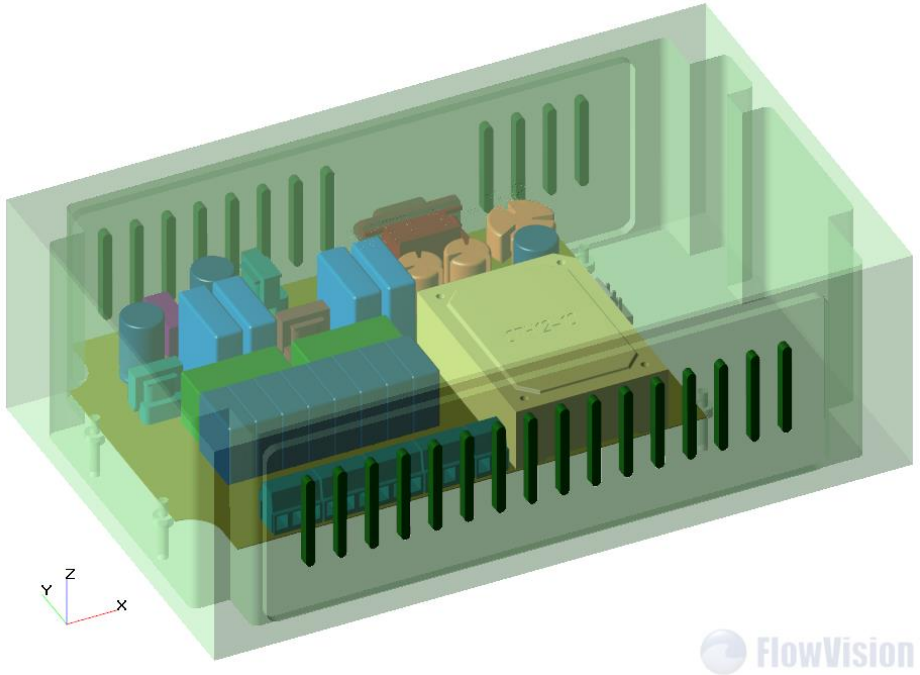


Доработка конструкции корпуса

Вентиляция корпуса:
- отверстия 30x3 мм



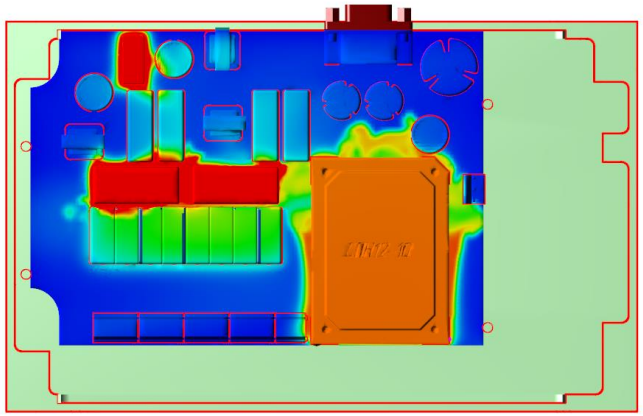


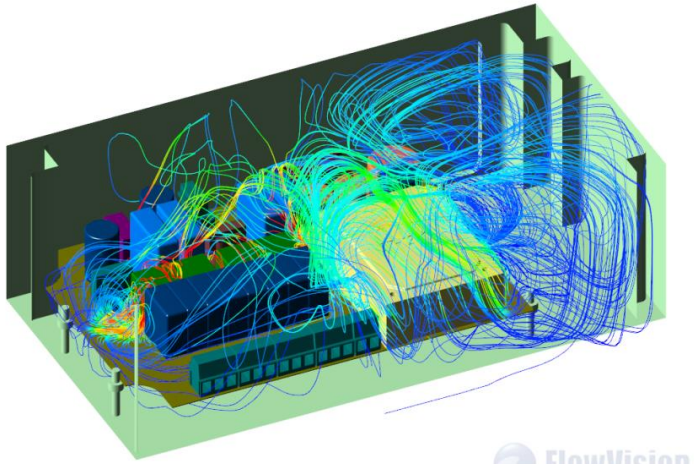


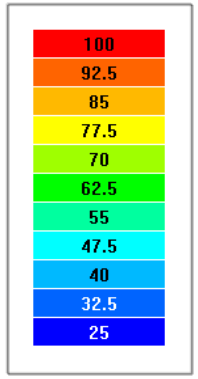
Сравнение двух корпусов

Температура, °C

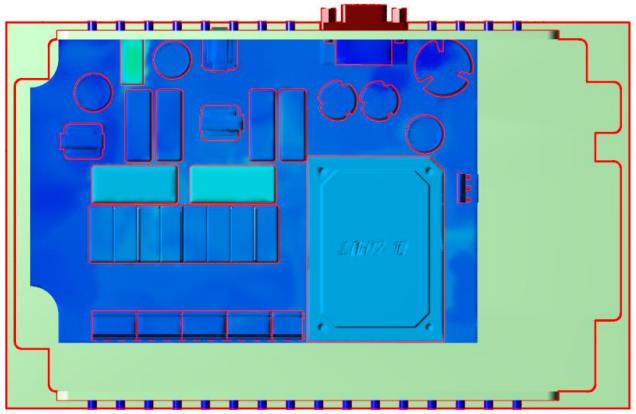
Корпус без перфорации

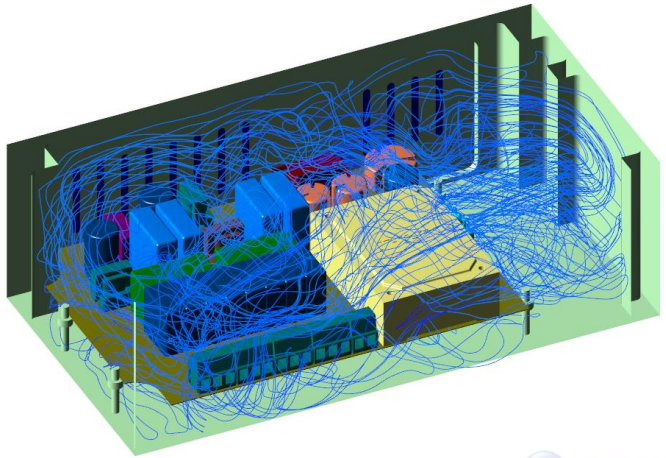




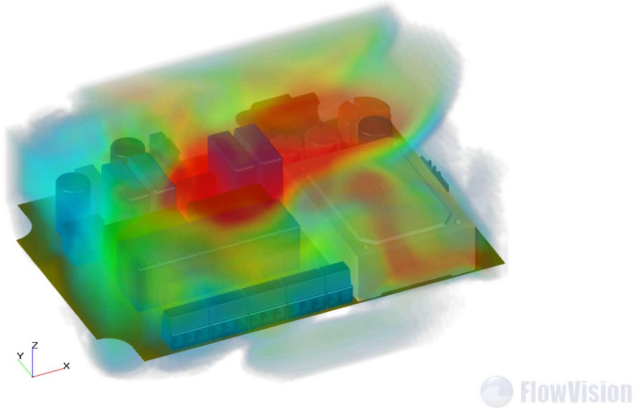


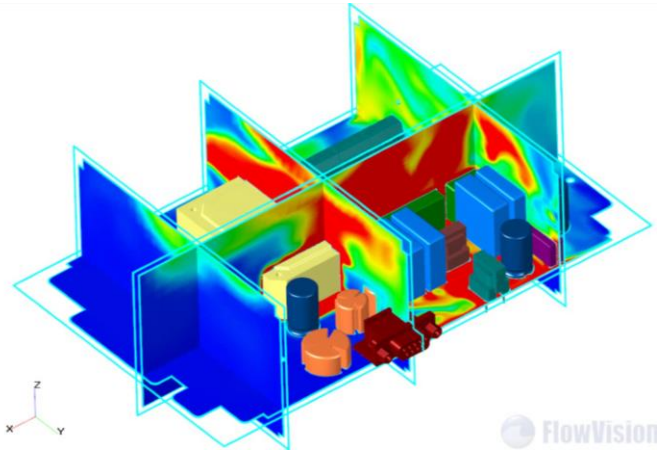
Корпус перфорированный





Начало прогрева РЭА

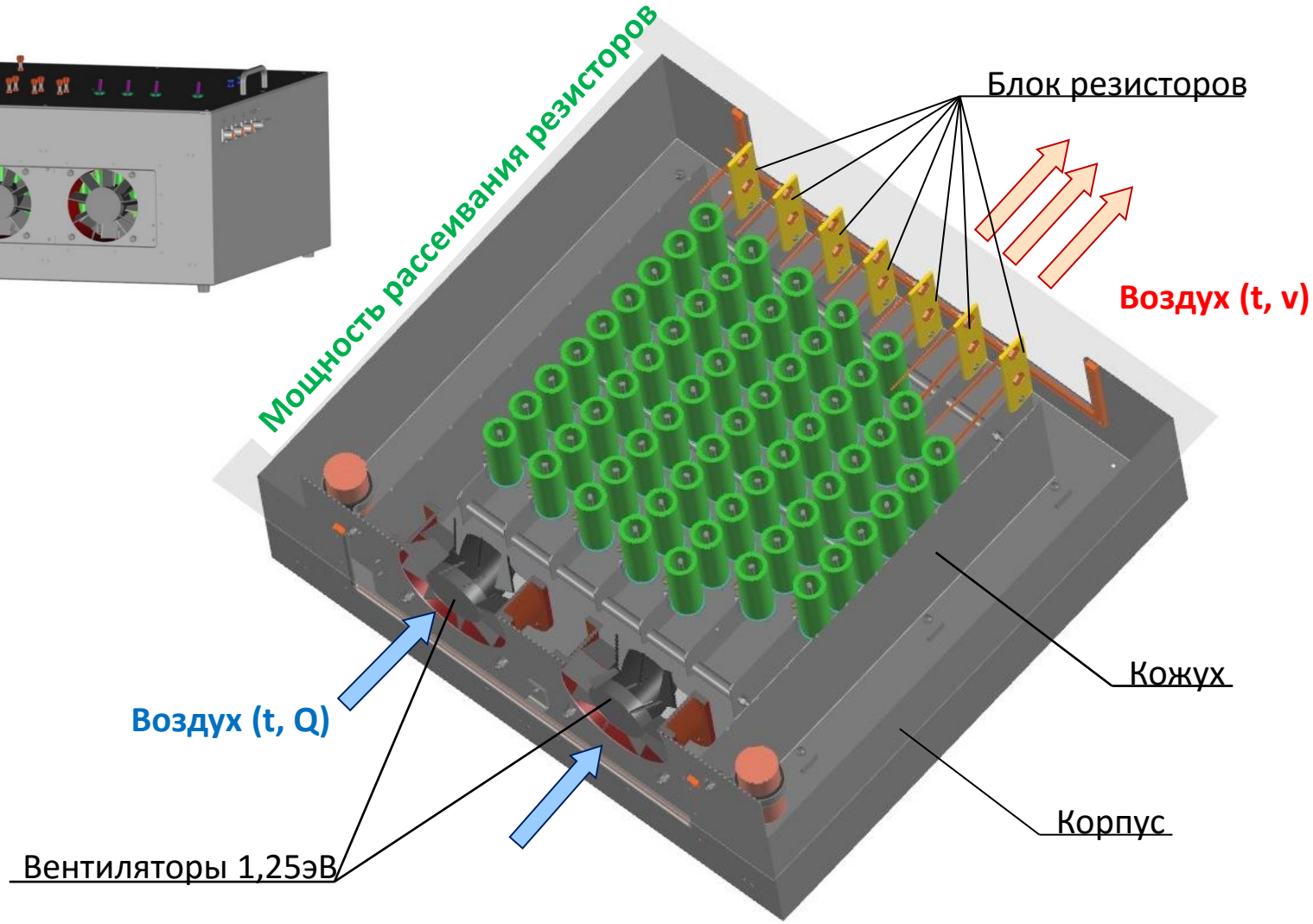




РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ И ТЕПМЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ПУЛЬТЕ НАГРУЗОК ПН1-ЩСР-049

(С разрешения ЦКБ «Геофизика»)

Описание и принцип работы пульта нагрузок

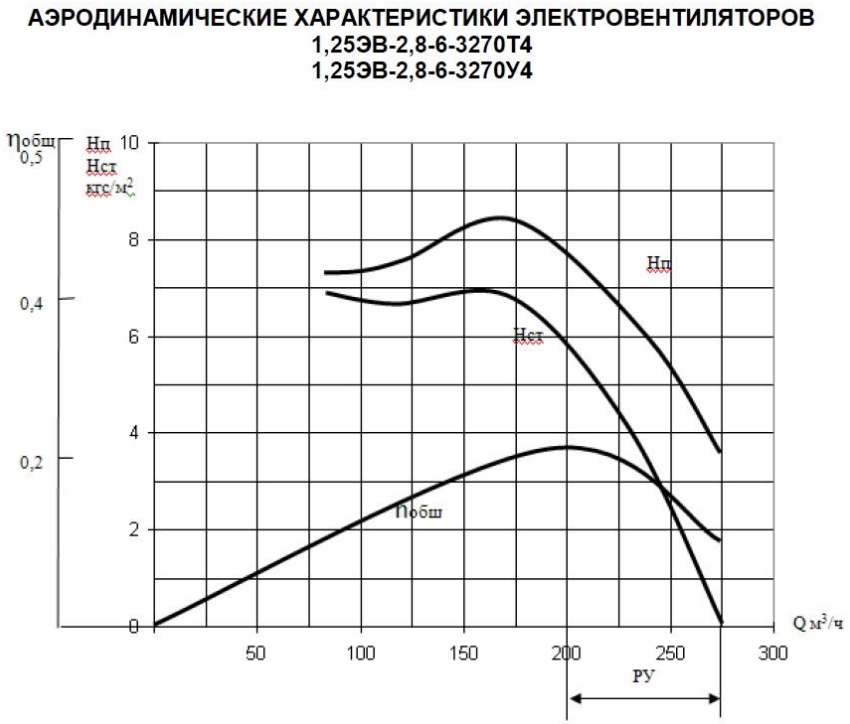


Основные данные для расчета

- Мощность рассеивания резисторов – 27 Вт и 24 Вт
- Температура окружающего воздуха – (а) - 40°С, (б) +40°С;
- Атмосферное давление 760 мм рт ст;
- Внешний и внутренний кожухи – сталь;
- Пульт работает круглосуточно и непрерывно

Параметры вентиляторов:

- номин. производительность 280 м^3/ч
- полное давление при номин. производительности 59±9 Па (6±1,0 кг/м^2)
- частота вращения 2600 об/мин
- вентиляторы работают на нагнетание воздуха внутрь пульта

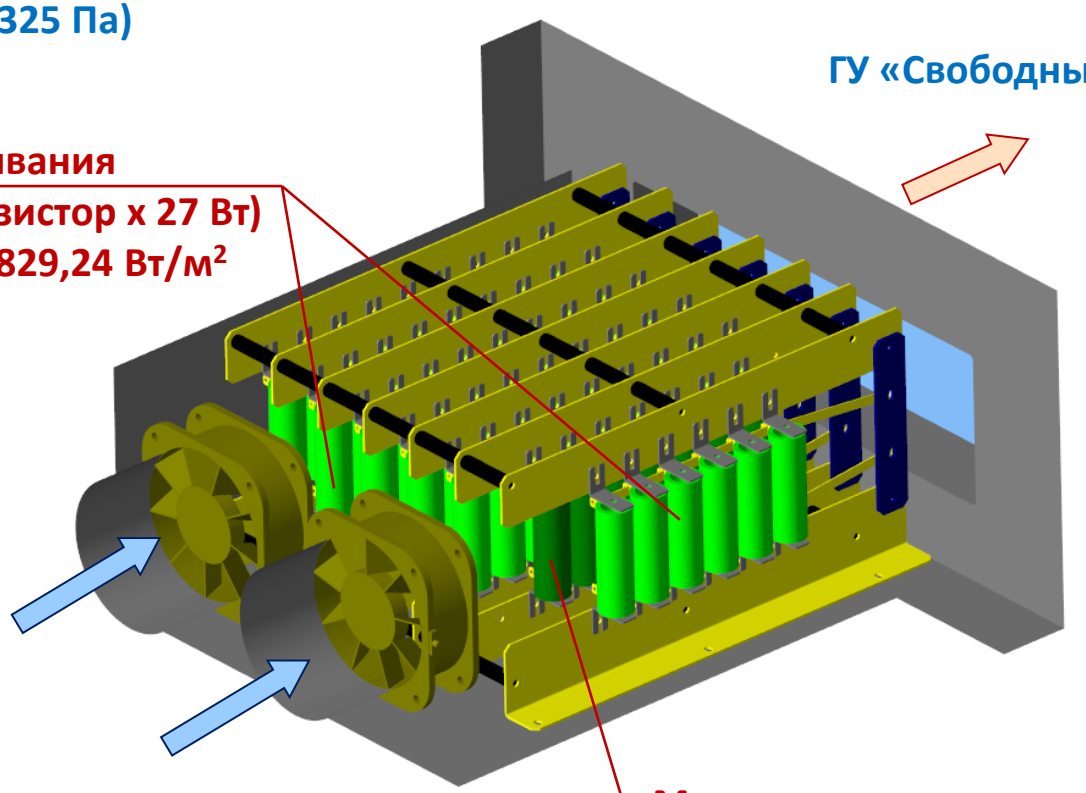


Постановка задачи и граничные условия

Начальные условия (во всей расчетной области):
Воздух (t = -40^{0}C, P = 101 325 Па)

ГУ «Свободный выход»

Мощность рассеивания
(j = 1377 Вт, 51 резистор x 27 Вт)
ГУ «Стенка»: J = 1829,24 Вт/м^2

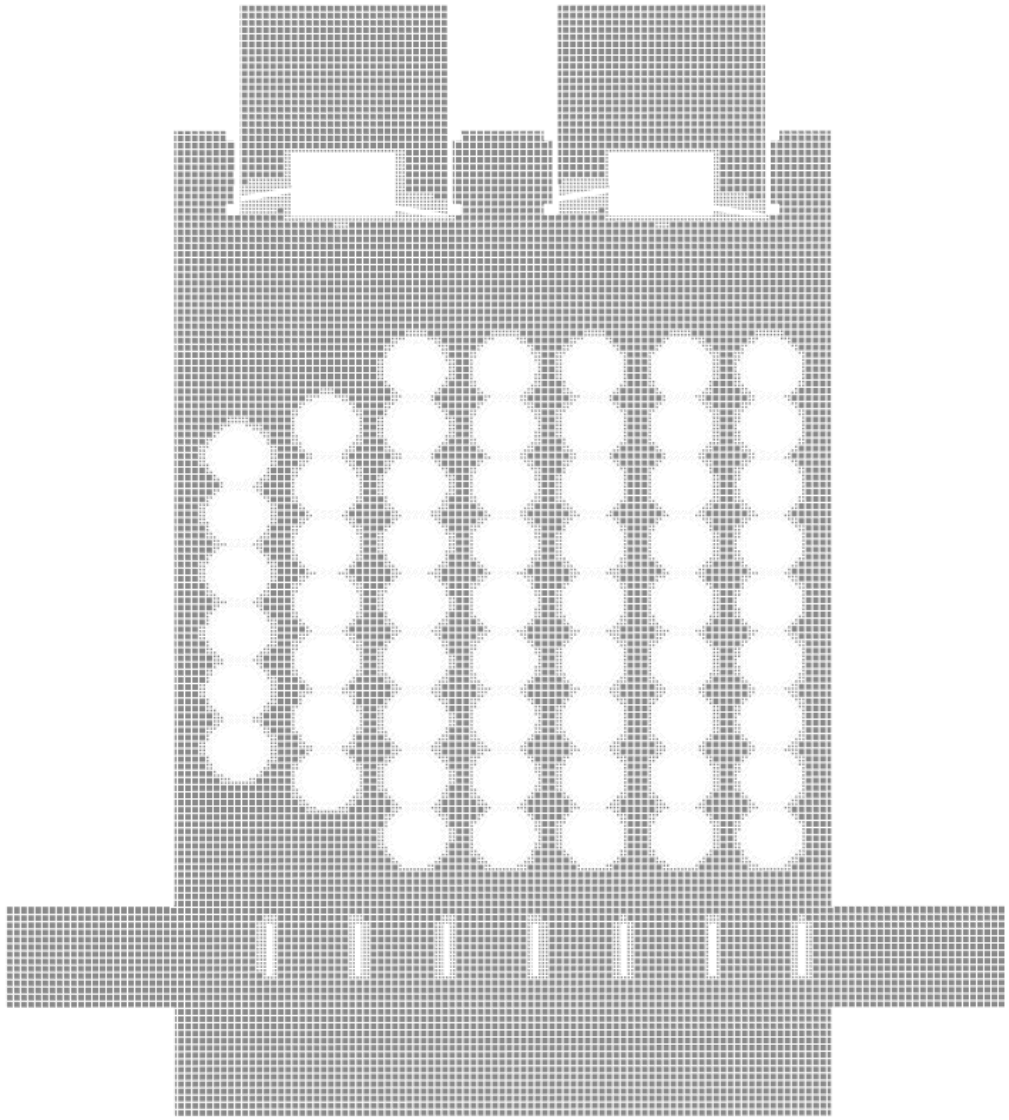


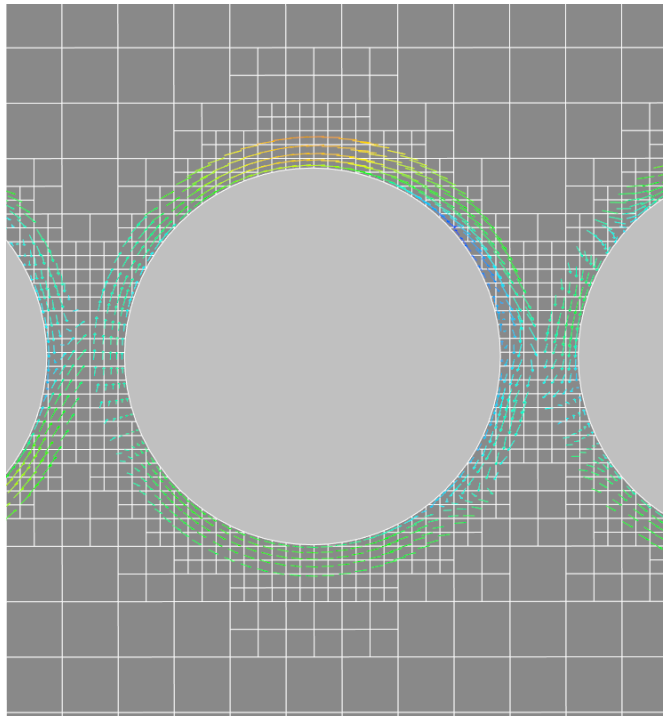
Воздух
(t = - 40^{0}C, Q = 280 м^3/ч)
ГУ «Вход/Выход»: t = -40, Vмасс = 9,61196 кг/м^{2}с

Мощность рассеивания
(j = 168 Вт, 24 резистора x 24 Вт)
ГУ «Стенка»: J = 1625,99 Вт/м^2

- На кожухе и всех внутренних элементах установлено ГУ «Стенка»;
- При задании мощности вращения учитывается рассеивание тепла на излучение по закону Стефана - Больцмана: $Q = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \left(T^4 - T_\infty{}^4\right)$

Моделируемые процессы и расчетная сетка





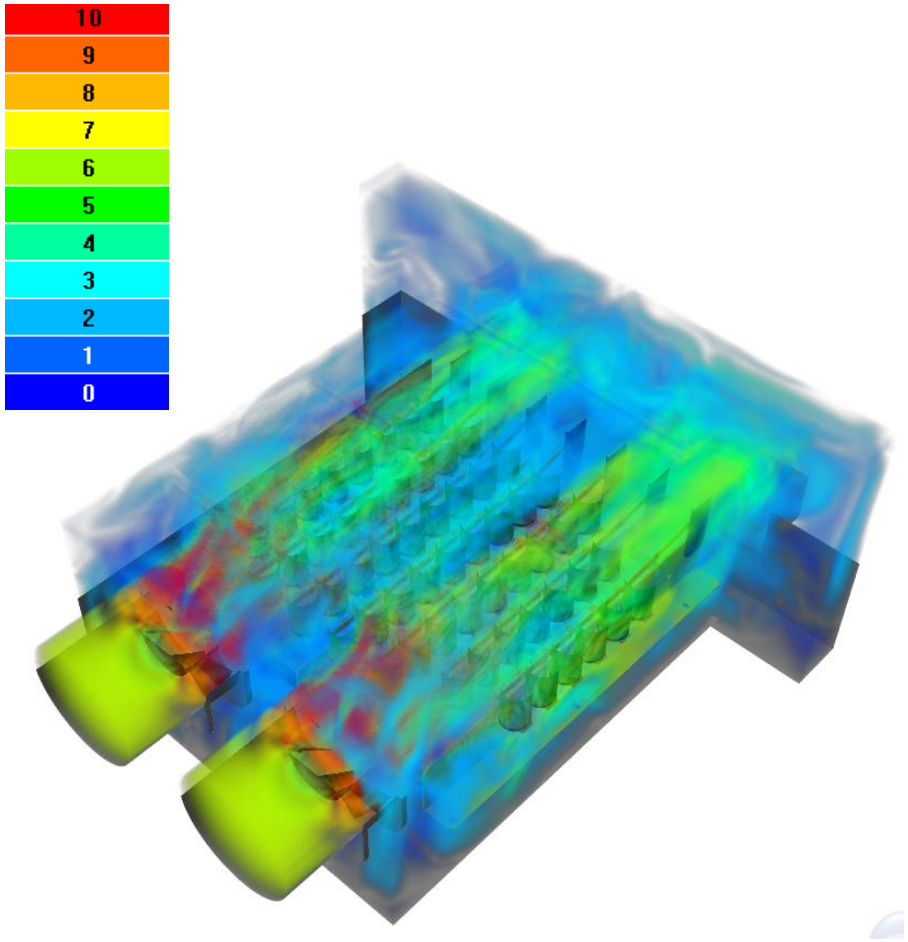
Сетка с ОБЛ в области резисторов

Моделируемые процессы

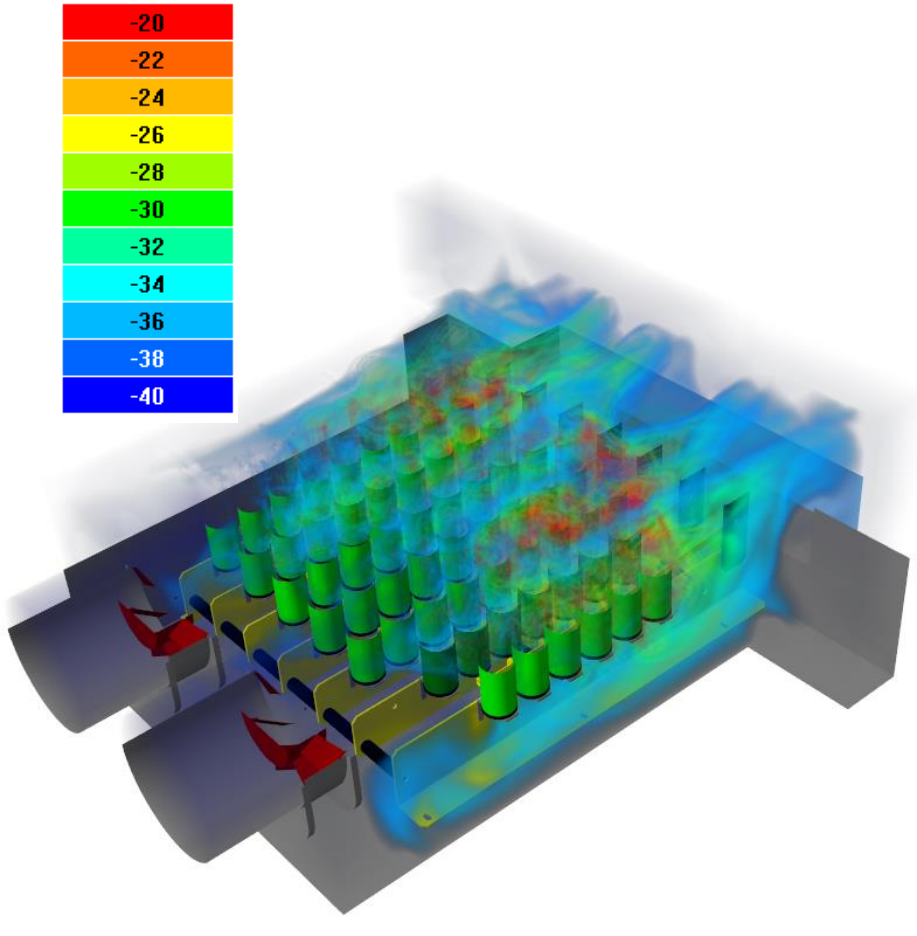
- **Теплоперенос;**
- **Движение, ньютоновская жидкость;**
- **Турбулентность, KEFV**

Результаты моделирования

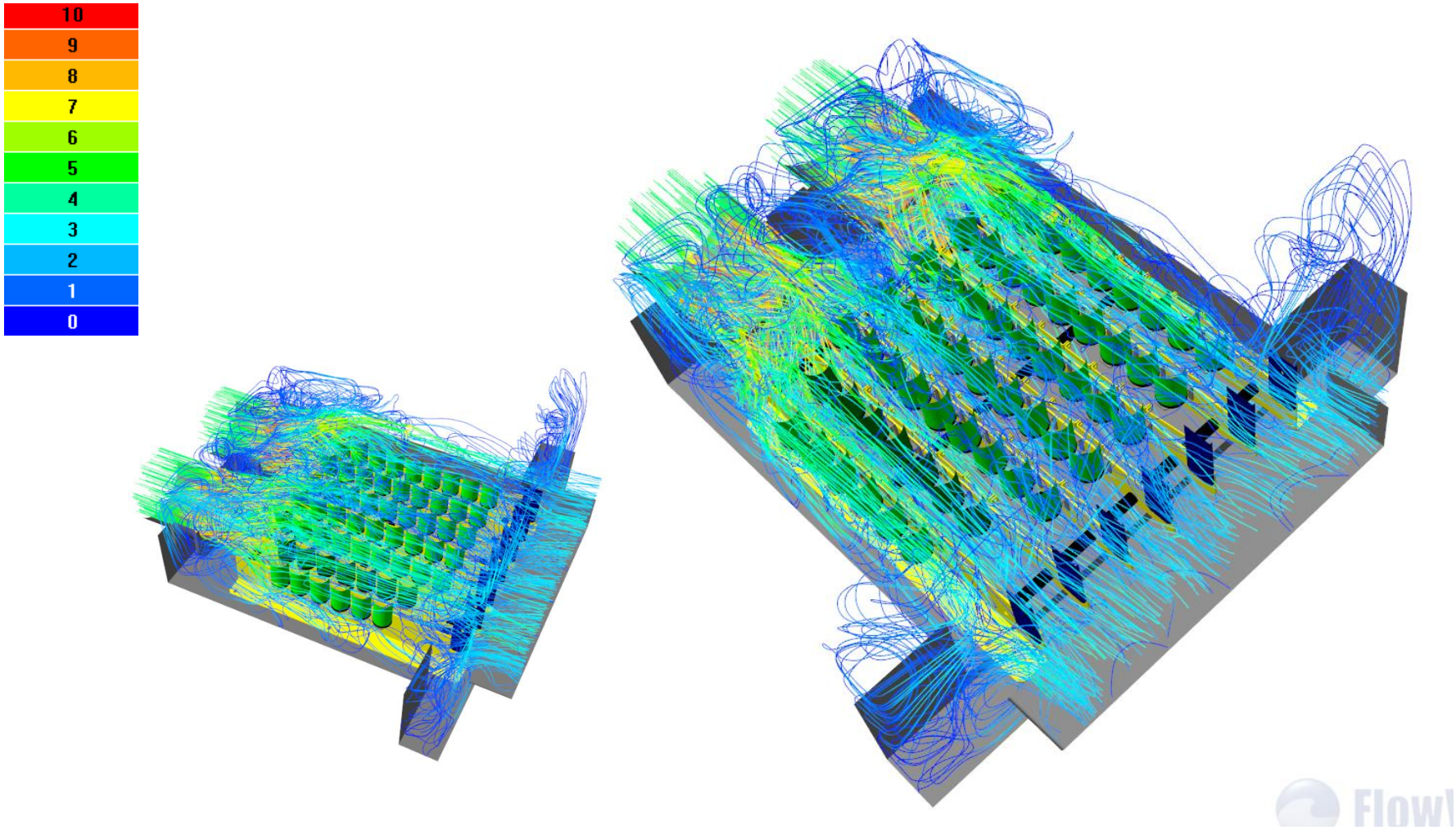
Распределение скорости в объёме, м/с



Распределение температуры в объёме, °С

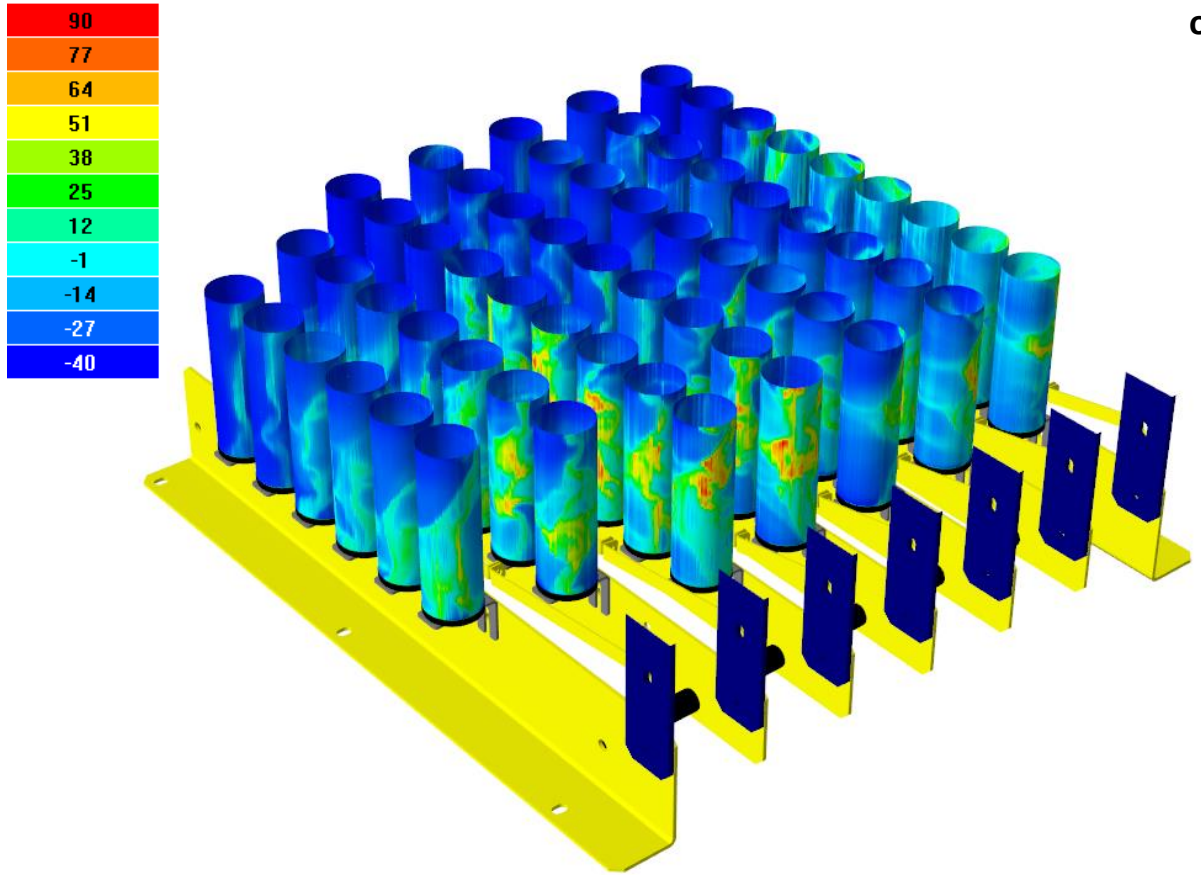


Линии тока в пространстве (раскраска по скорости, м/с)

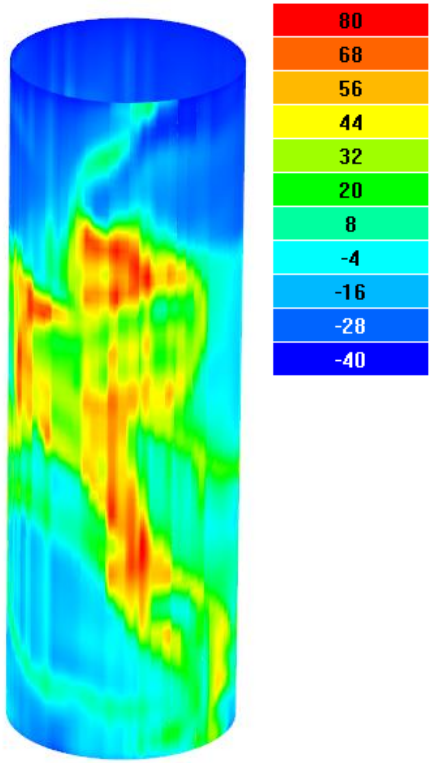


Распределение температуры по резисторам

Максимальная средняя температура 9,43 наблюдается на одном из резисторов



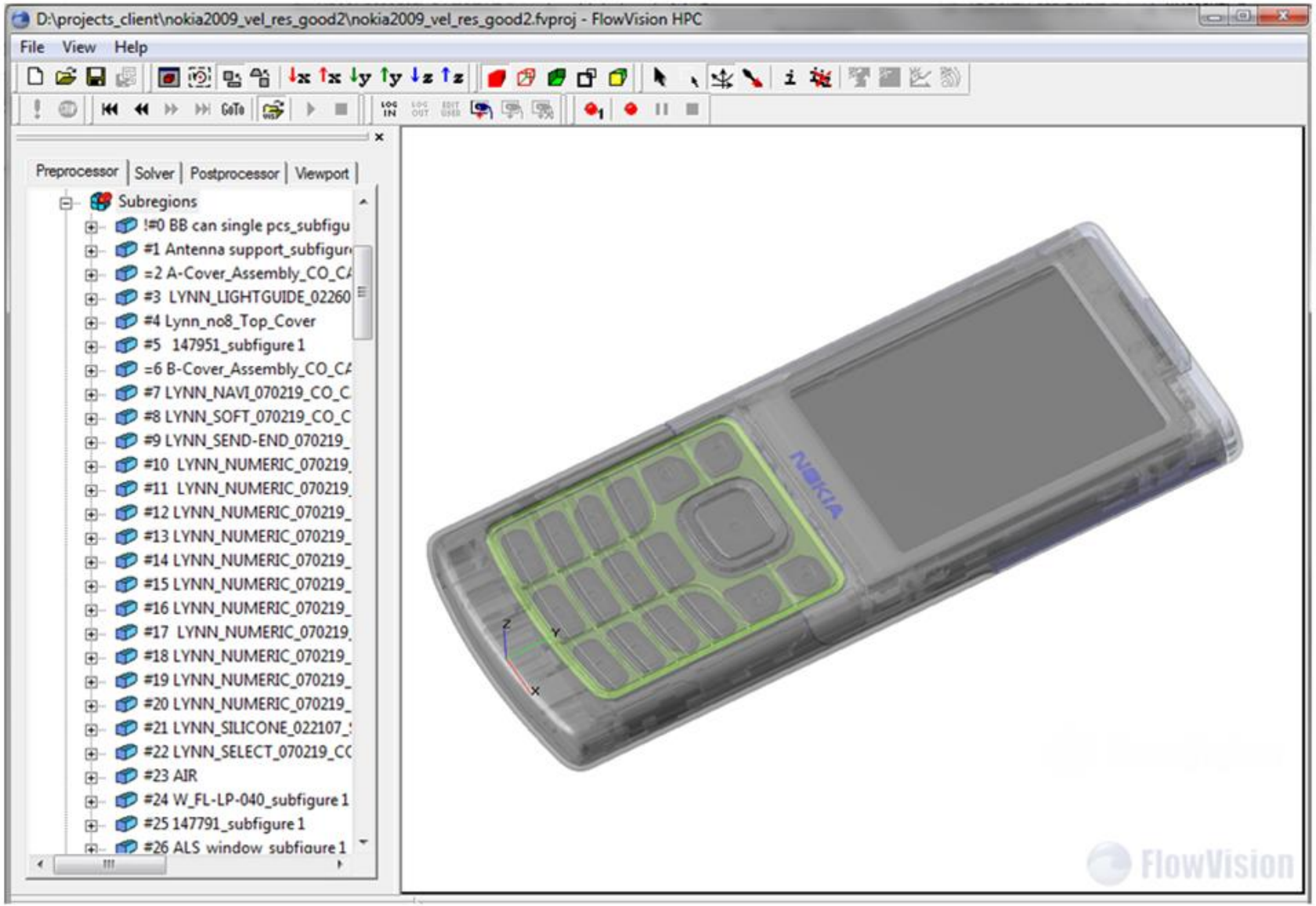
Температура на резисторах, °C



Температура на резисторе №43, °C

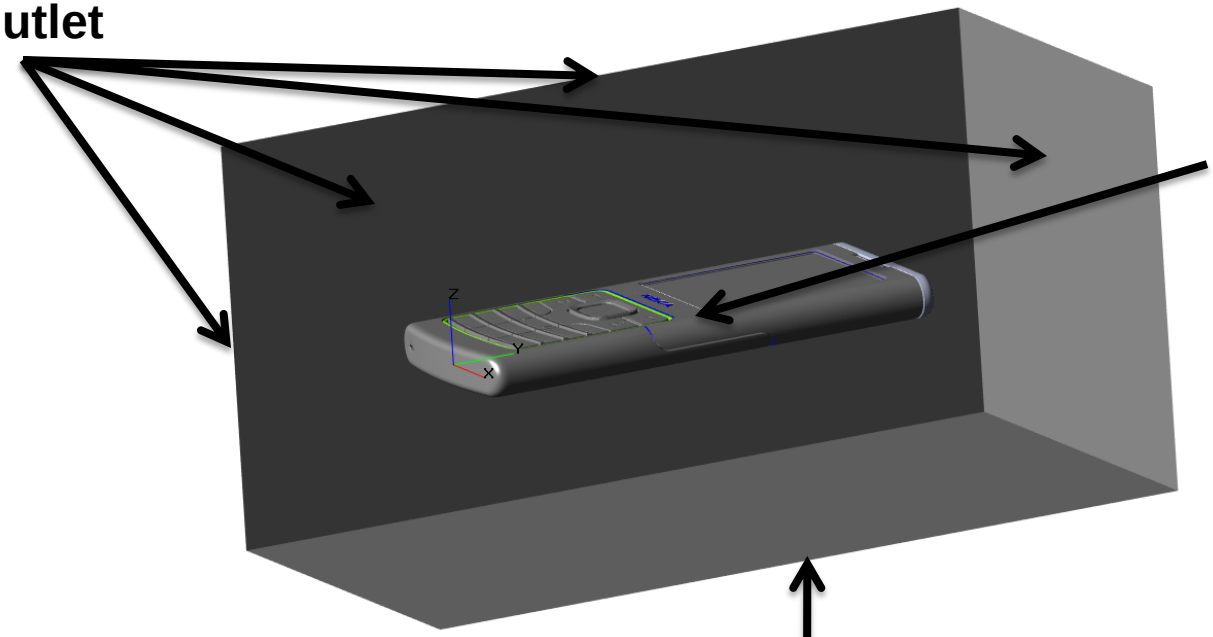
Расчет мобильного телефона во FlowVision

240 частей!



Граничные условия и расчетная область

Free Outlet

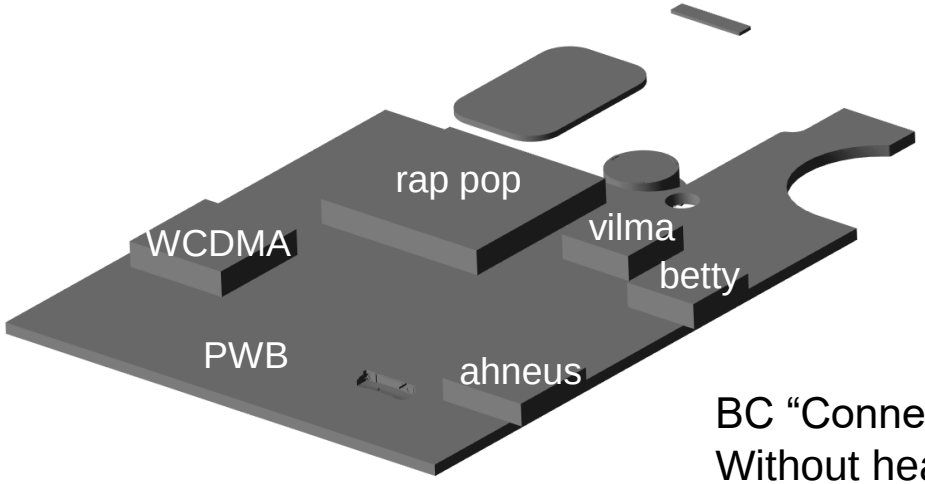


Phone:
Boundary conditions:
- connected
- connected with heat source

Inlet:
Velocity = 0.001 m/s
Pressure = 10100 Pa
Temperature = 303 K

Initial Conditions:
Velocity = 0.001 m/s
Pressure = 10100 Pa
Temperature = 303 K

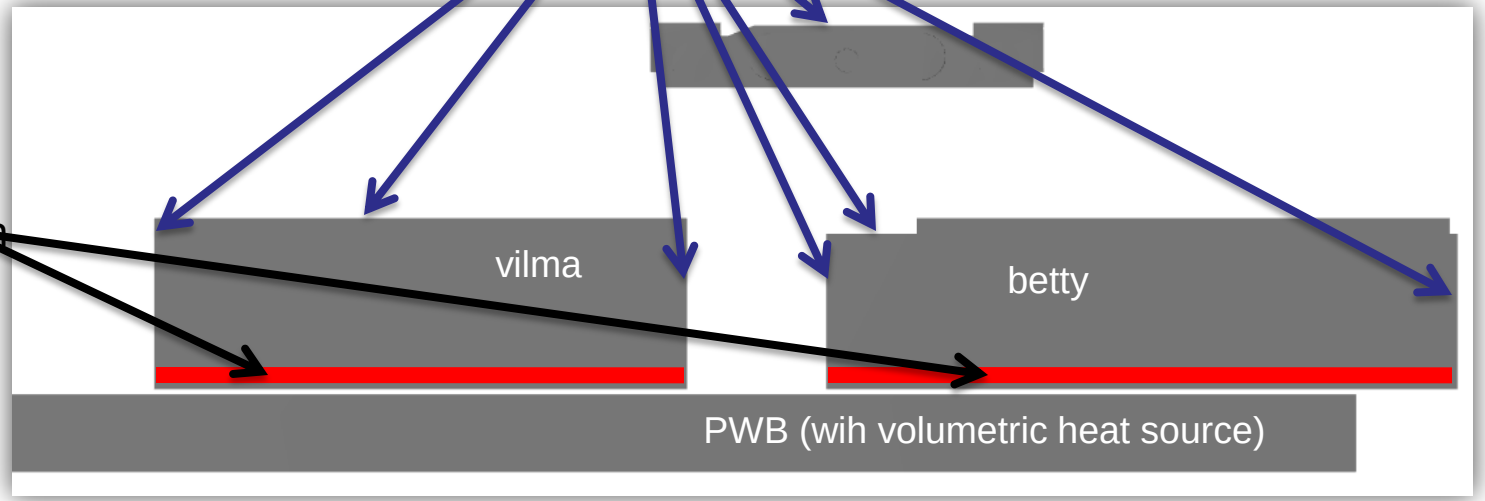
Учет термосопротивлений между деталями и платой



Boundary conditions with thin (surface) heat source

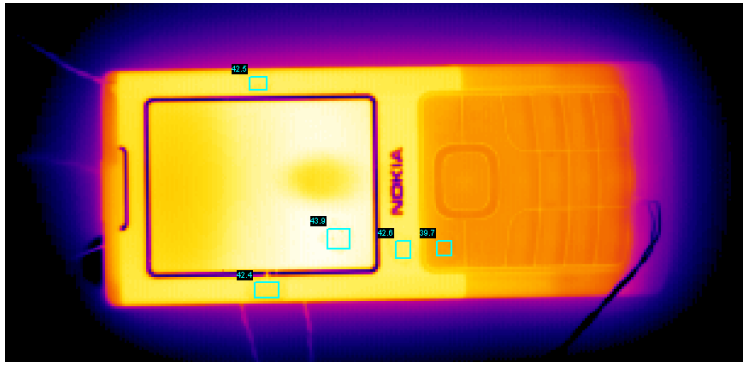
BC “Connected”
Without heat source

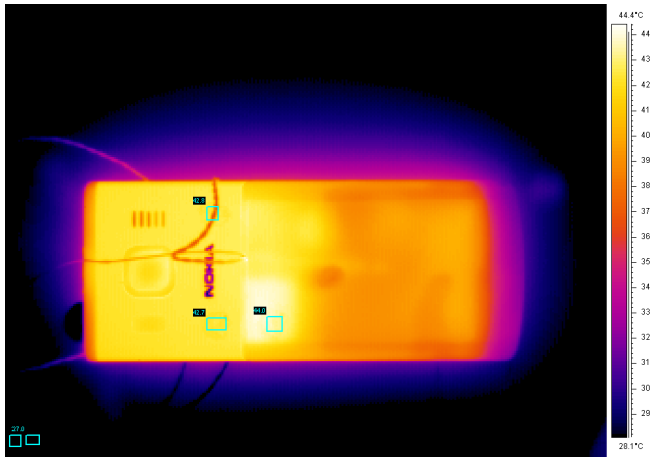
BC “Connected” with local heat source on one face of each sub region



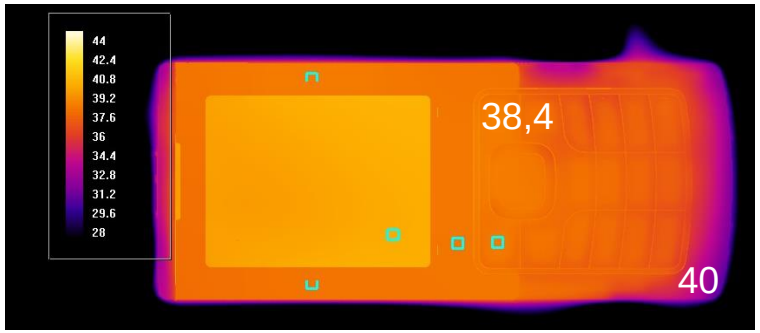
Распределение температуры – сравнение с экспериментом

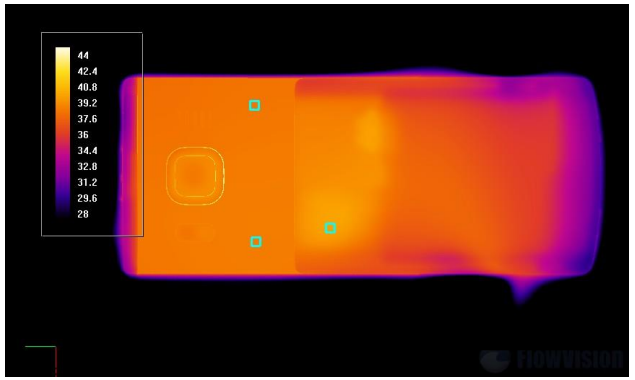
Experiment



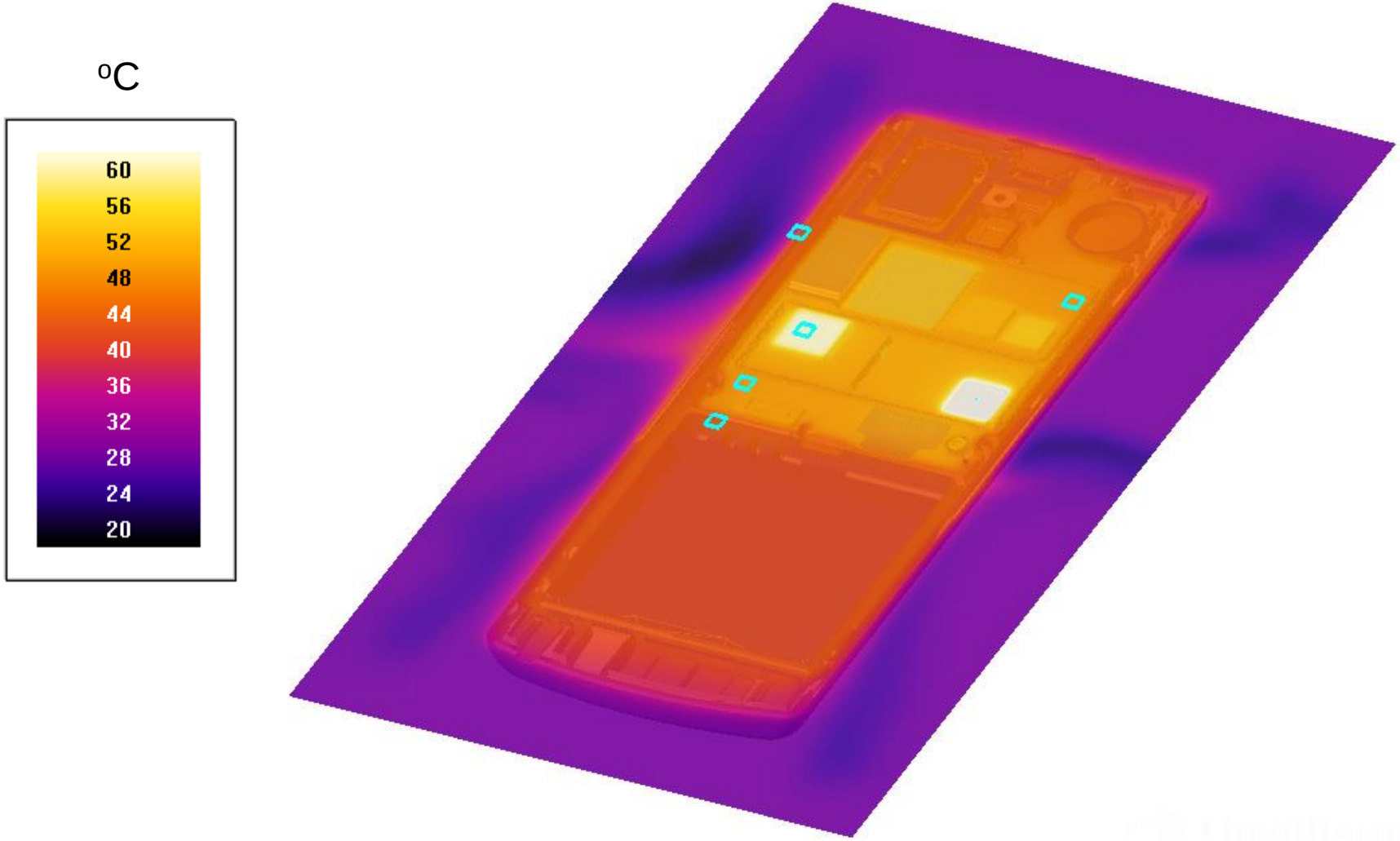


Simulation

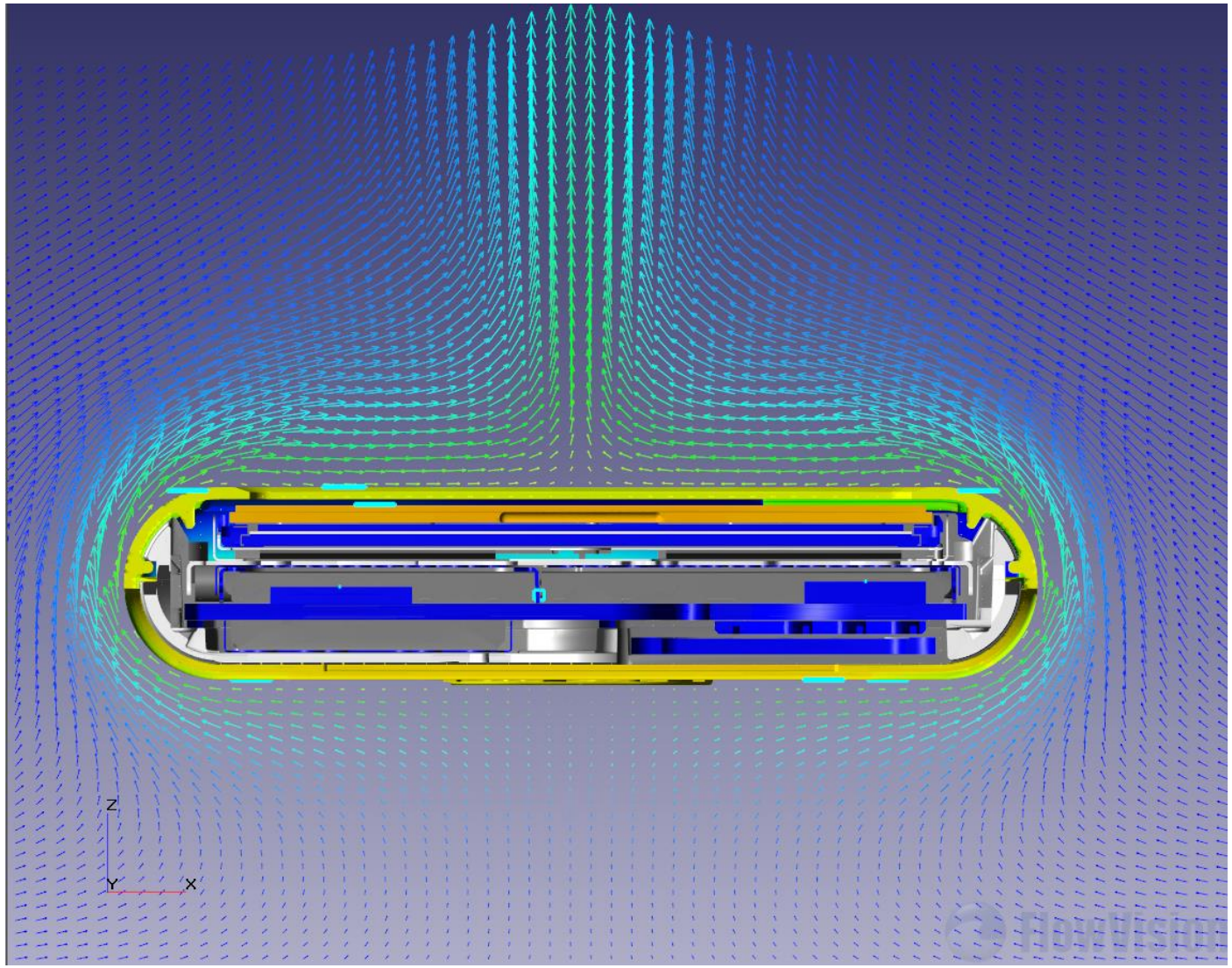




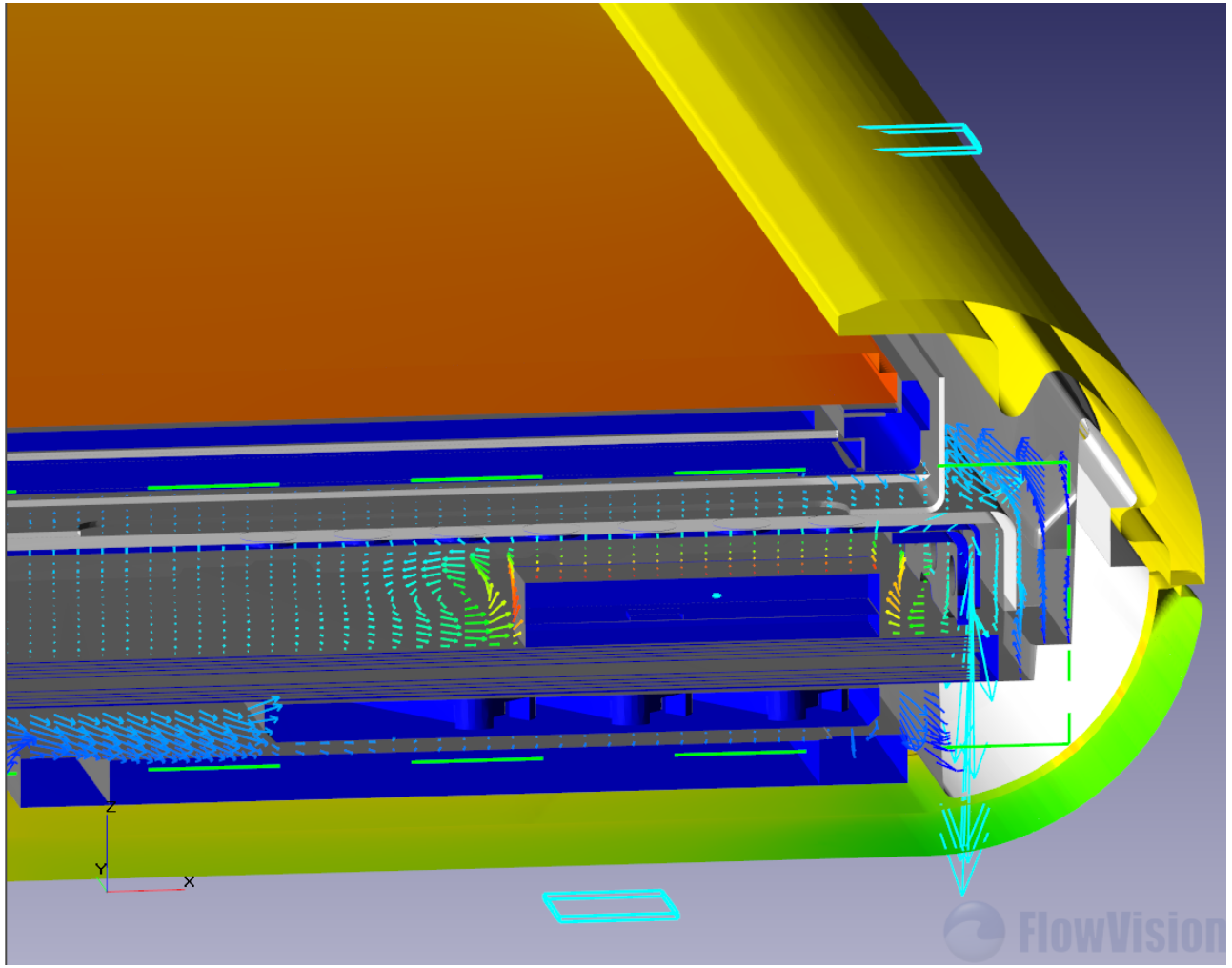
Распределение температуры в плоскости около материнской платы (расчет)



Тепловой факел около телефона

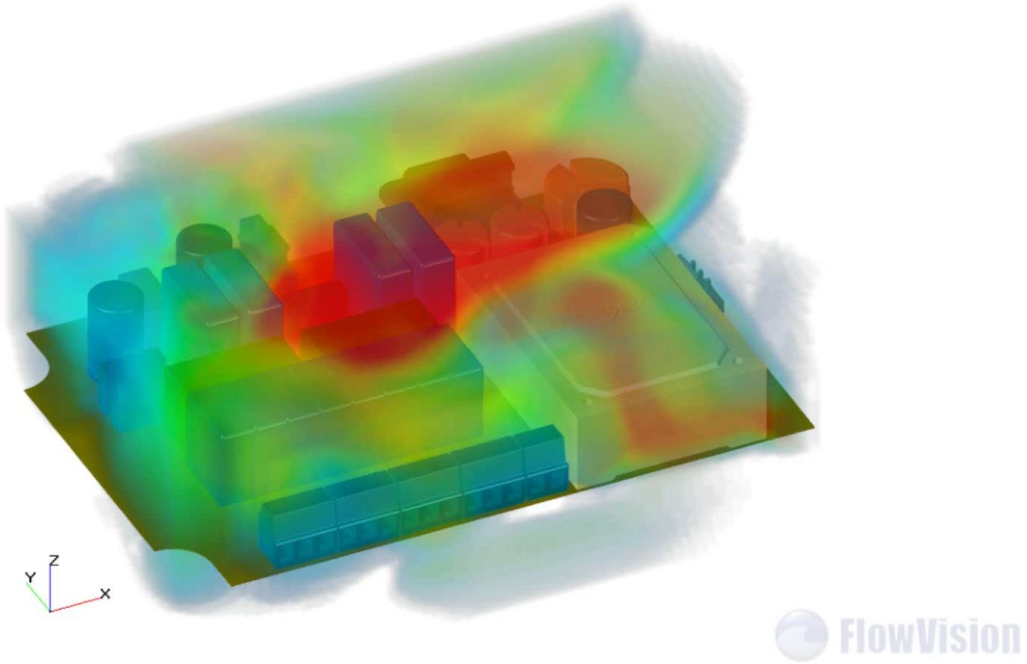


Распределение скоростей воздуха внутри телефона



- Thermal convection plays important role for heat exchange in the phone

FlowVision для расчета теплового состояния РЭА



1. Расчет на основе конструкторской CAD геометрии
2. Автоматическая генерация расчетной сетки – минимум ручного труда инженера-расчетчика.
3. Возможность оптимизации теплового состояния РЭА на этапе проектирования печатной платы.

Спасибо за внимание!