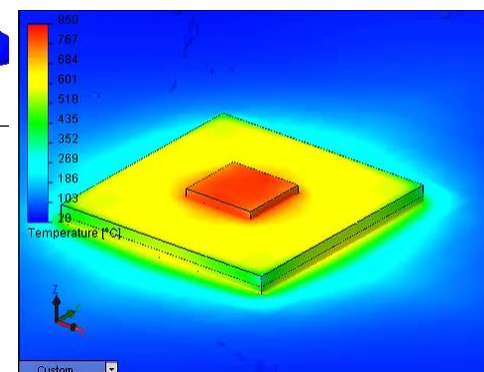
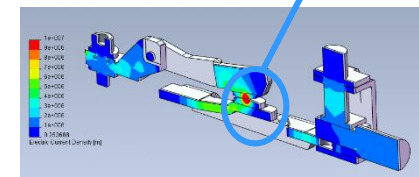
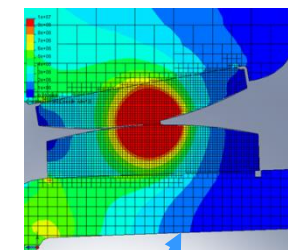
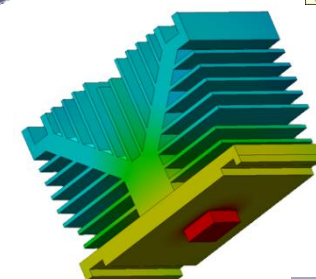
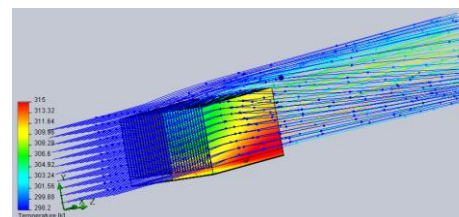
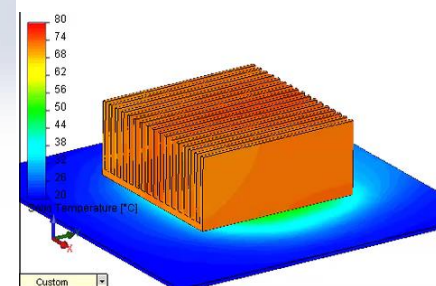
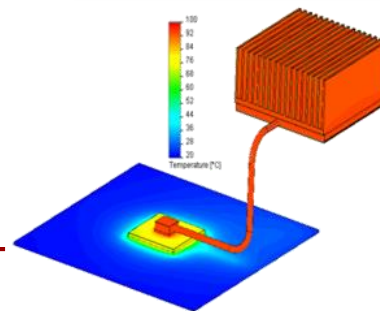
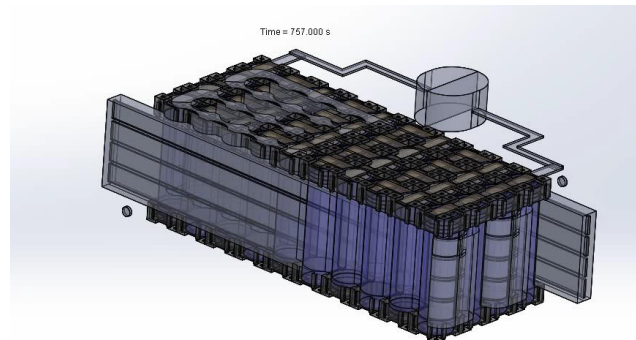
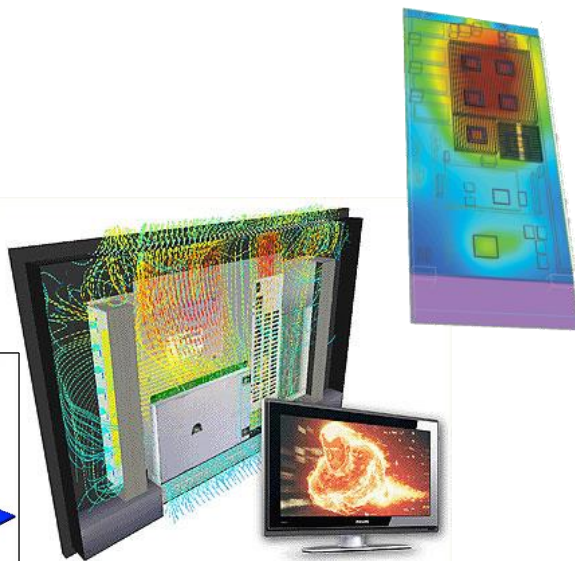
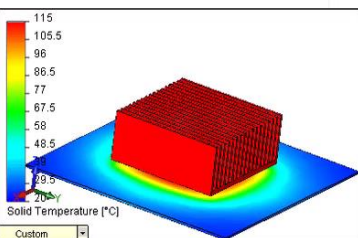
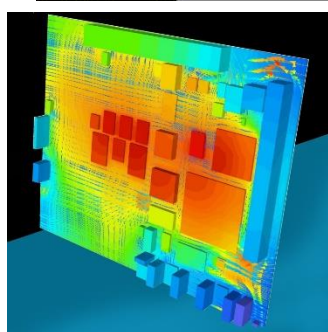
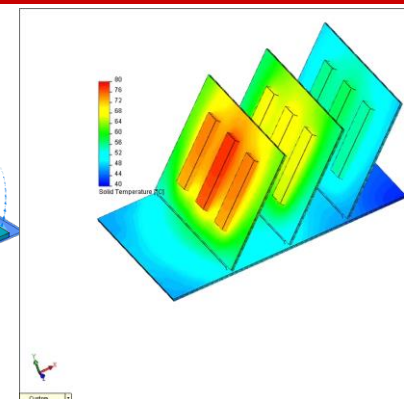
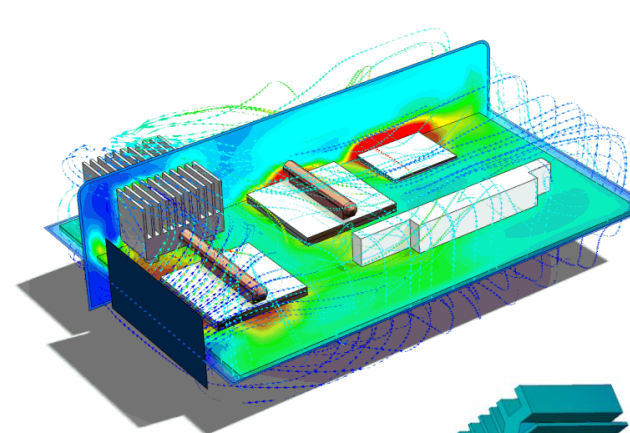
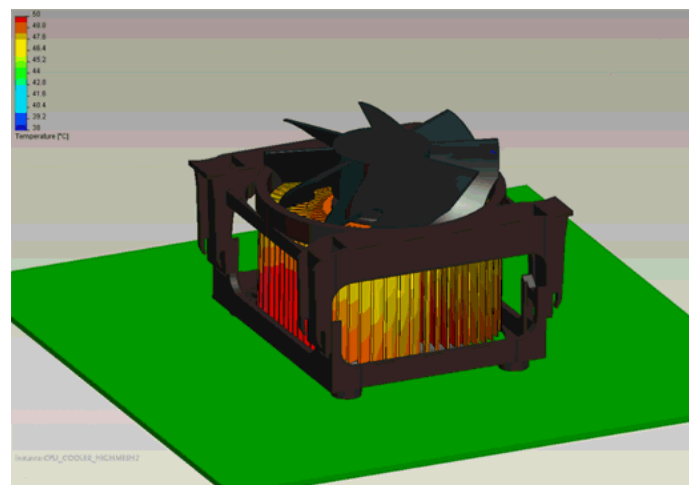
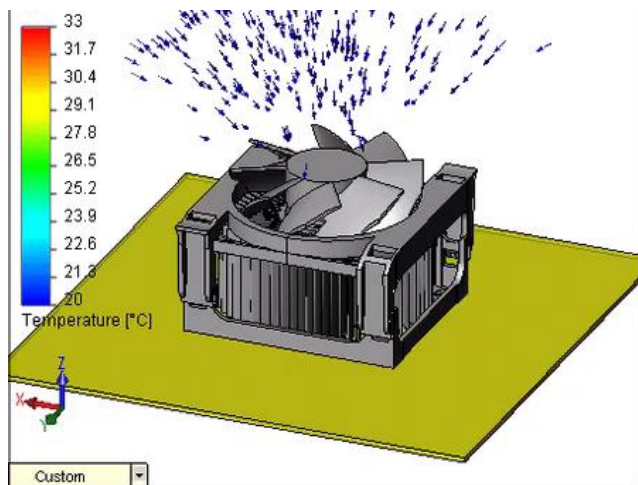




FloEFD

Тепловой анализ электроники

ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

FloEFD is different CFD: 2 key differences

Solver is augmented with special engineering empirical and analytical models

Unlike all other traditional CFD tools FloEFD has a **unique combination** of numerical methods and empirical, analytical methods.

Traditional Approach

RANS with
Wall Functions

FloEFD Extension

Prandtl BL Model

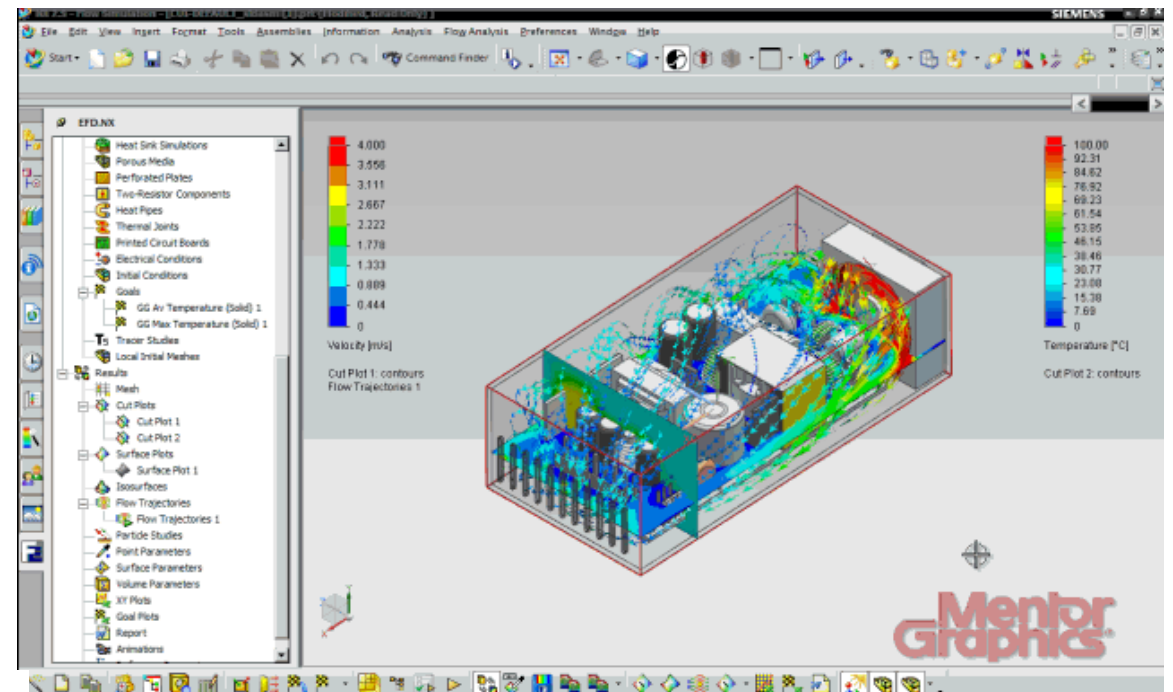
Analytical Equations

Empirical Models

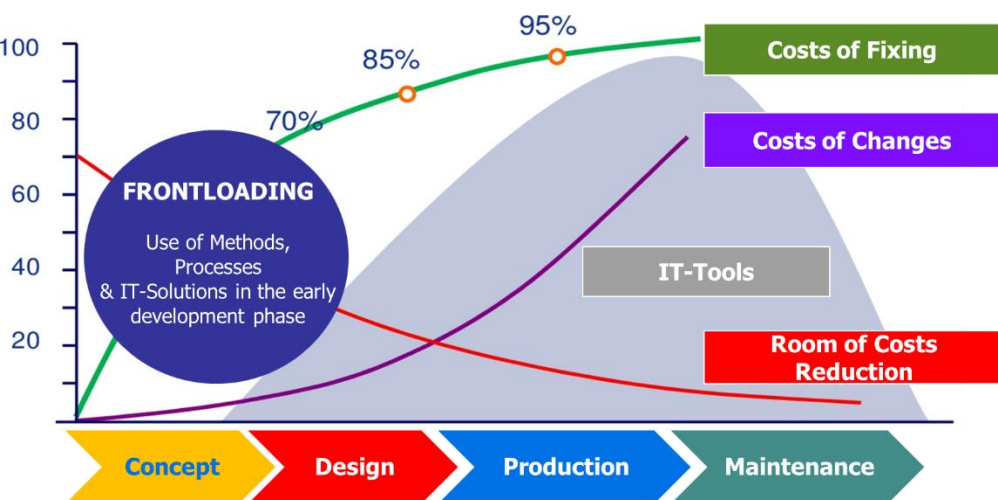
Unique SmartCell™ Technology

CAD Embedding

FloEFD is CFD Embedded in CAD.



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

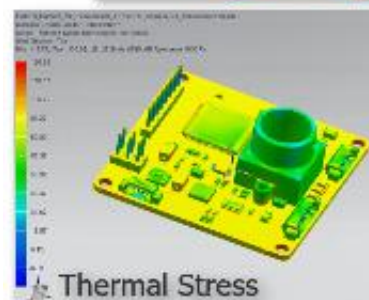
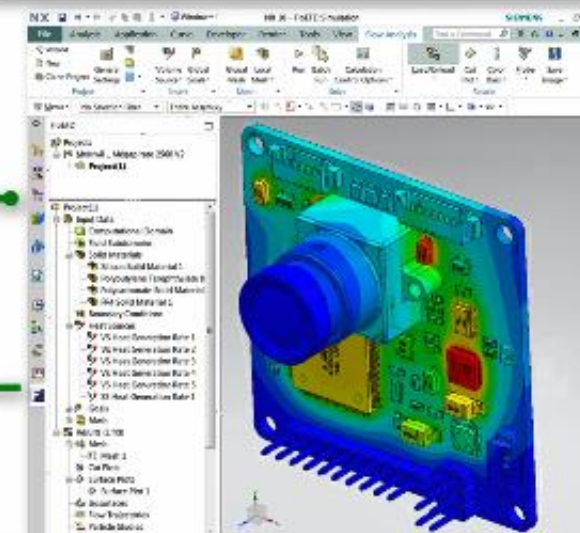


Xpediton: Circuit simulation and 3D board layout

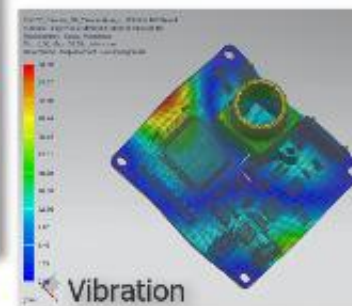


NX: Camera 3D CAD Model

FloEFD for NX: Thermal simulation within native CAD environment



Simcenter 3D



Frontloading AV sensor durability analysis and design optimization

FUJIFILM

TOSHIBA

OSRAM

Opto Semiconductors

ABB

ABB Semiconductors

amazon

PHILIPS

Canon

EPSON®

EXCEED YOUR VISION

SEIKO

SIEMENS



Panasonic

SAMSUNG

Mentor Graphics

www.mentor.com

www.cadflo.com

CADFlo

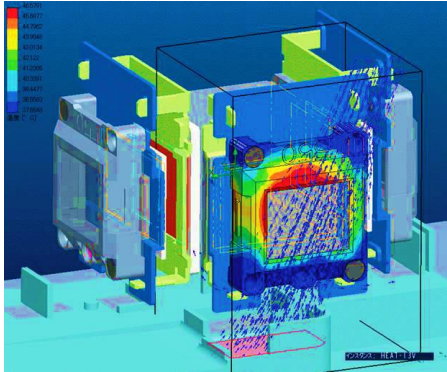
Microsoft

DELPHI



SONY

ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

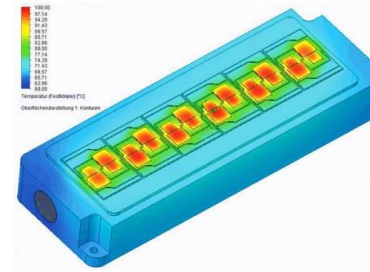
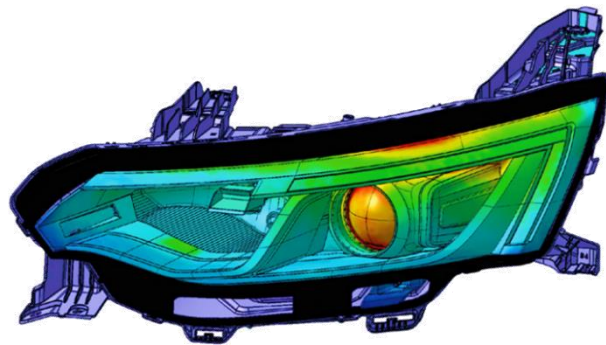


“The most important consideration in selecting an analysis software tool was that all team members could use it regardless of their level of ability.”

Mr. Hiroshi Abe
Seiko Epson, Japan
(PTC Creo)

“The big advantage with FloEFD is that you don’t have to do meshing and you can save a lot of time. Because it is embedded into...our preferred MCAD tool, one thermal engineer can be over twice as productive. It moves analysis up the design sequence.”

Paul-Henri Matha
Groupe Renault, France
(CATIA V5)

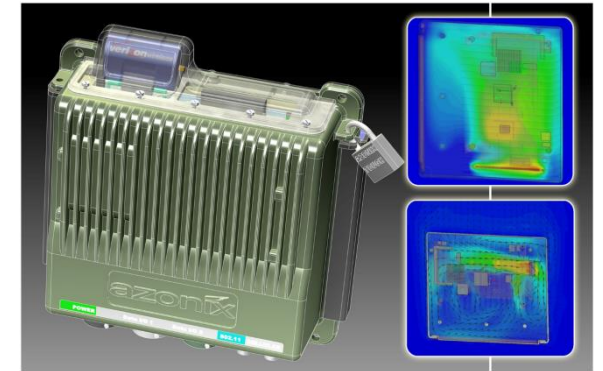


“I like FloEFD...because I can dip in and out of it all year with minimal effort to pick it up again. It’s robust and easy to mesh our complex geometries.”

Klaus Olesen
Danfoss Drives, Germany
(PTC Creo)

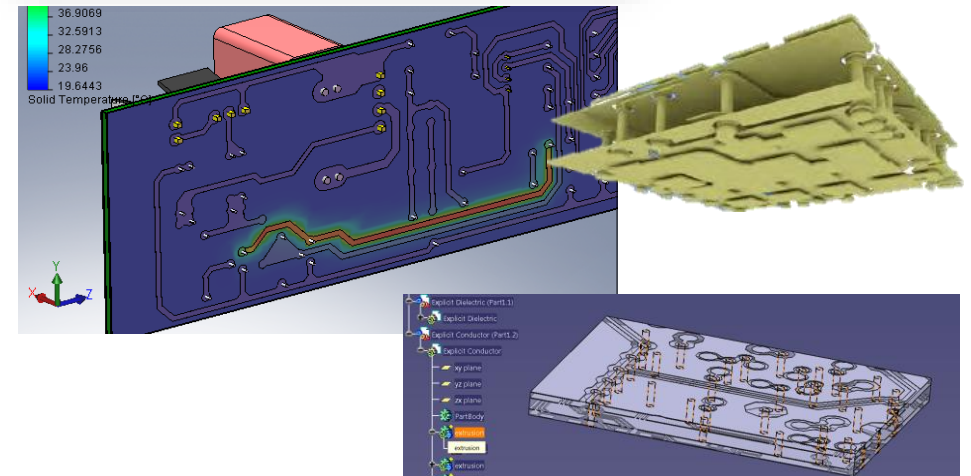
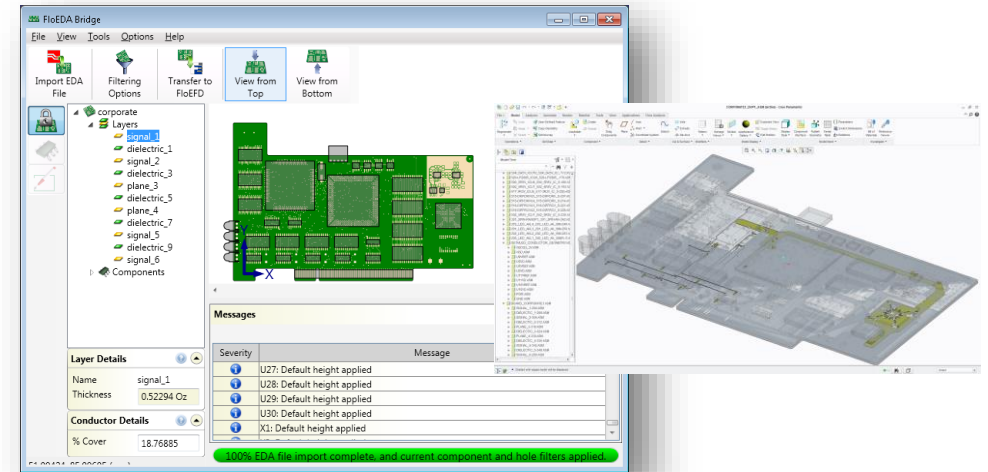
“FloEFD ...enables design engineers without a fluid analysis background to perform thermal simulation. The result is that we got the design right the first time.”

James Young,
Azonix



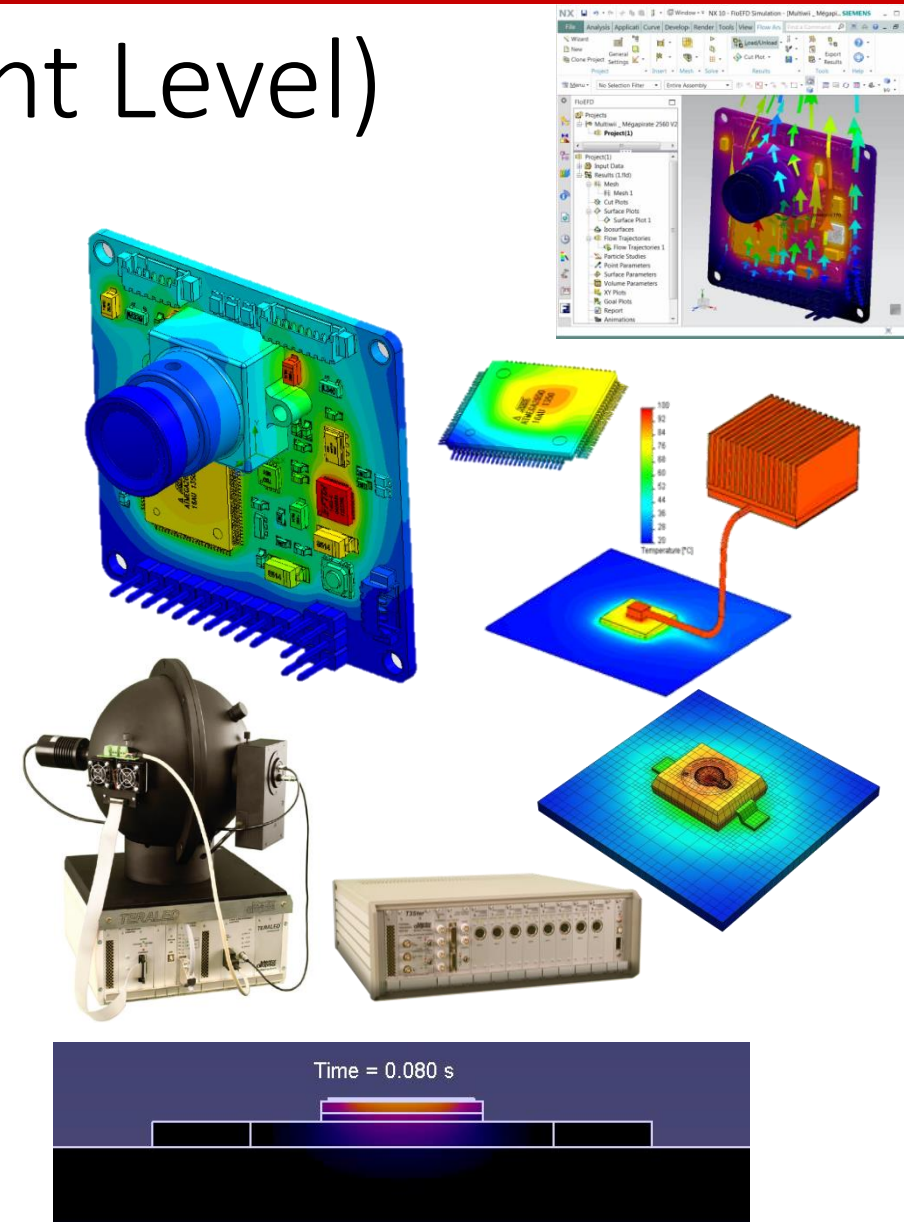
Thermal Management (Circuit Board Level)

- Import EDA data (ODB++ or Expedition) into NX (as well as Creo, CATIA, SolidEdge). EDA geometry can be represented as fully detailed (layers, tracers, vias, components) or compact (effective material properties).
- For PCB effective material properties can be automatically derived and set from PCB layer structure.
- Material properties can be Temperature dependent.
- Joule heating, temperature dependent power, power toggle (on/off), steady-state, transient, radiation, convection (free/forced).
- Smart PCB – image based representation of PCB



Thermal Management (Component Level)

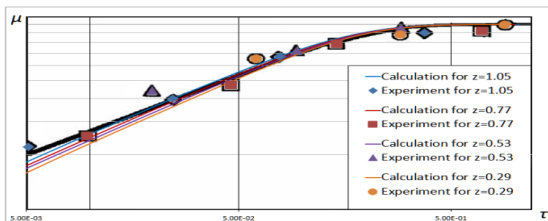
- Different representation of components: Two-resistor, Delphi (n-resistor), detailed, compact.
- TEC compact model.
- Library of components and TIMs. You can create your own component.
- Thermal joint.
- Heat pipe compact model.
- Special LED thermal-electrical-optical model for Junction temperature and Luminous flux prediction of LED (used in automotive lighting for headlights, TFT, cameras, sensors).
- Ability to import properties measured by T3Ster hardware.
- Storing conditions and materials in component.



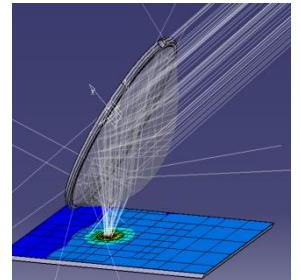
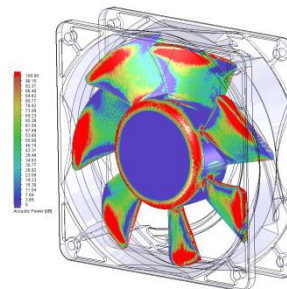
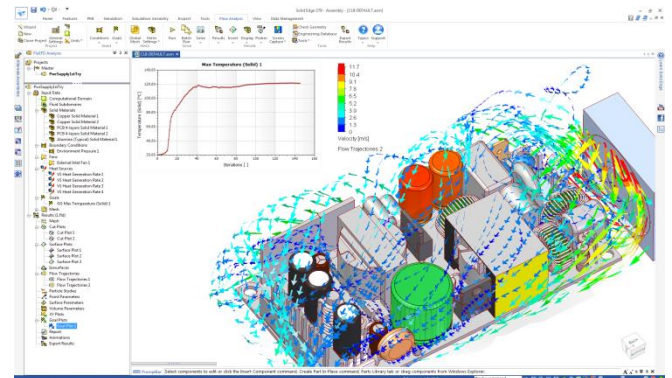
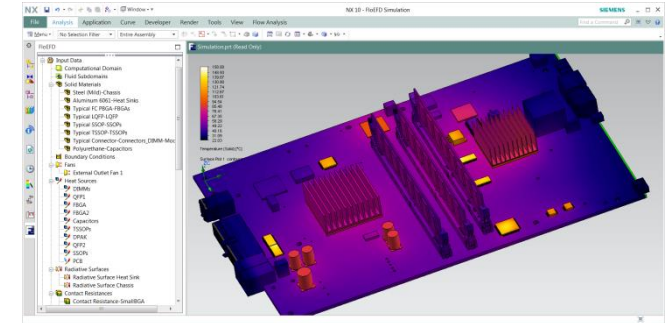
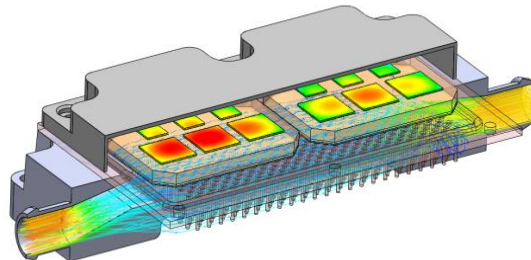
ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Thermal Management (System Level)

- Steady State and Transient.
- Conduction, Convection, Radiation (DTRM, DO, Monte Carlo).
- Thermal and Solar radiation, Wavelength dependency.
- Refraction, Reflection, Absorption of radiation.
- Ray visualization.
- Internal and External Natural convection.
- Fans.
- Humidity, fluid water film, absorption of water vapor by solids.
- Broadband noise estimation (Proudman).



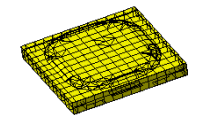
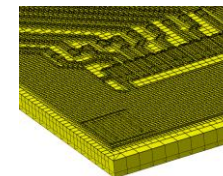
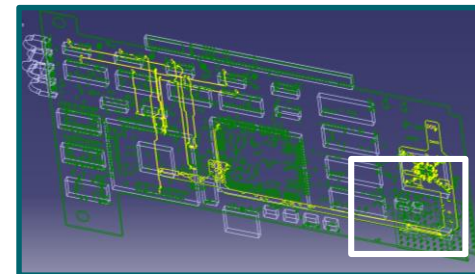
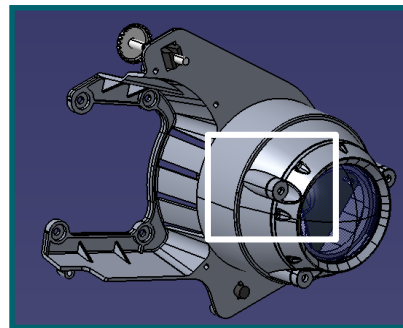
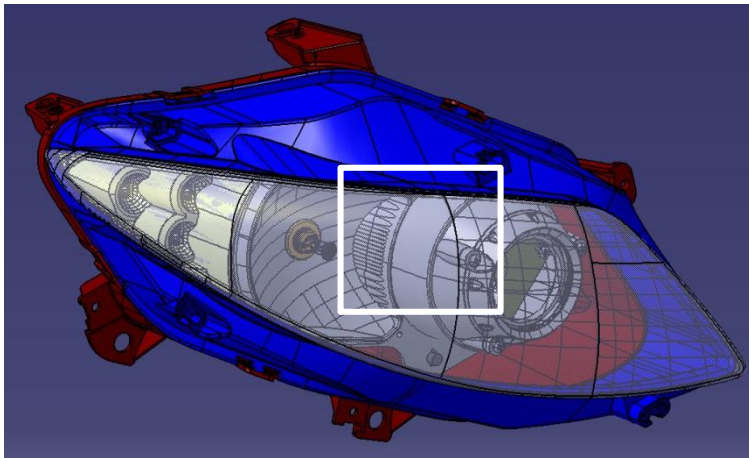
Water sorption: Predictions for Plastic Ball Grid Array Packages.



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Easy!

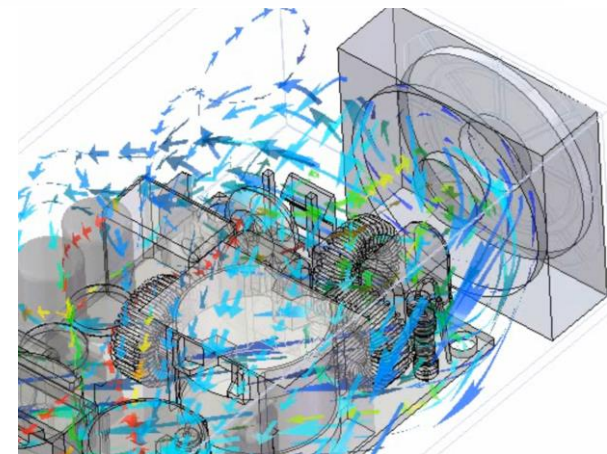
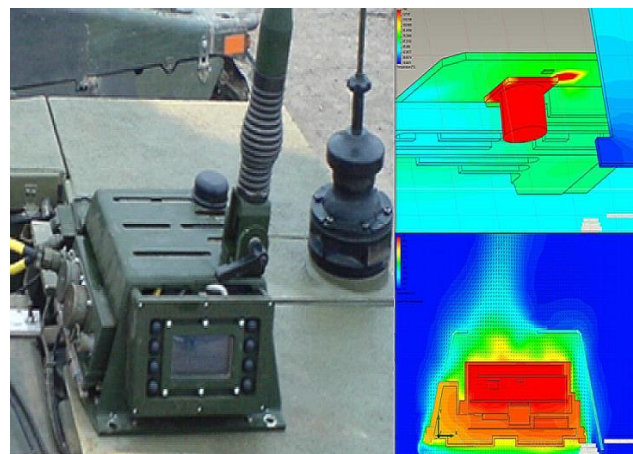
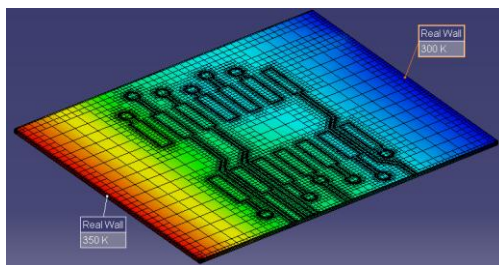
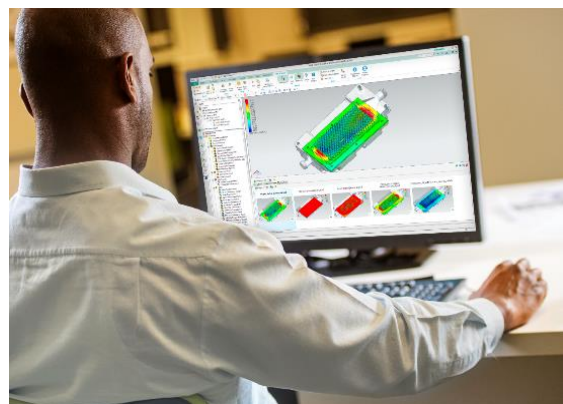
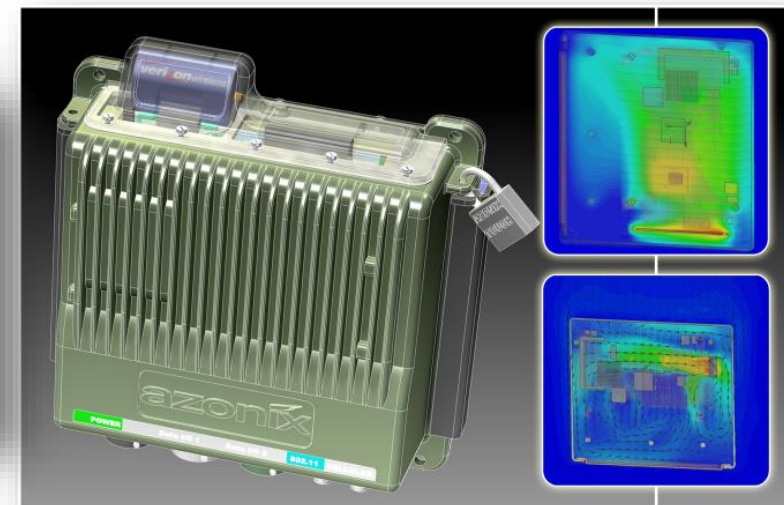
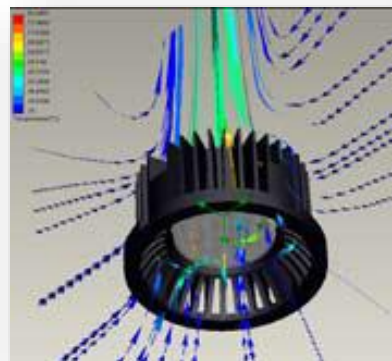
- Here a full headlight (400x300mm), a few LEDs with heat sinks, PCB with layers of 38 microns, and copper tracers inside them is calculated in one task. Solar and thermal radiation, radiation absorption, fans, incoming air flow.
- **NO GEOMETRY SIMPLIFICATION!**
- Task definition – 5 hours, meshing – 0.5 h. Total user time spend = 5.5 h. Solver = 16h (20 cores).



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Основные возможности модуля:

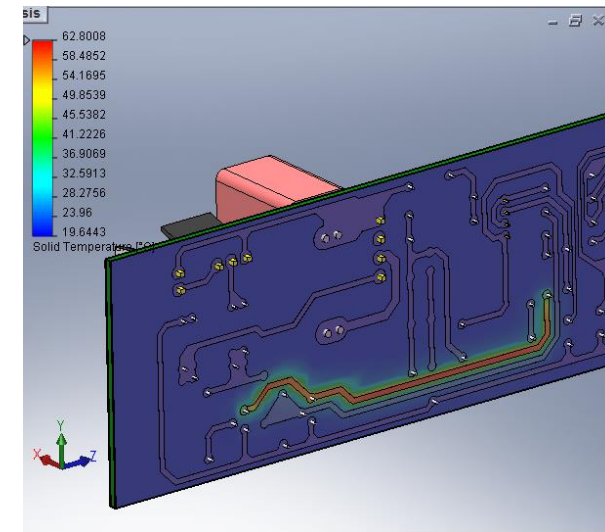
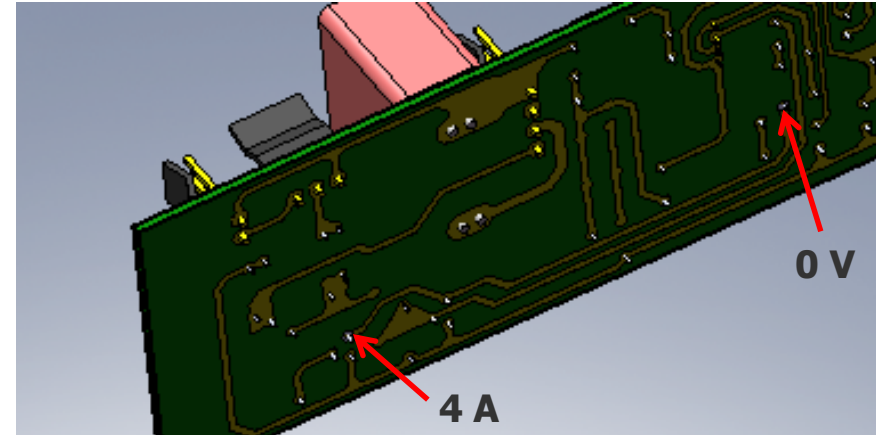
- Джоулев нагрев
- Двух резисторная модель
- Модель тепловых трубок
- Генератор печатных плат
- Библиотеки:
 - Вентиляторов
 - Двух резисторные компоненты
 - Термоэлектрические модели
 - Материалы твердых тел



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Джоулев нагрев

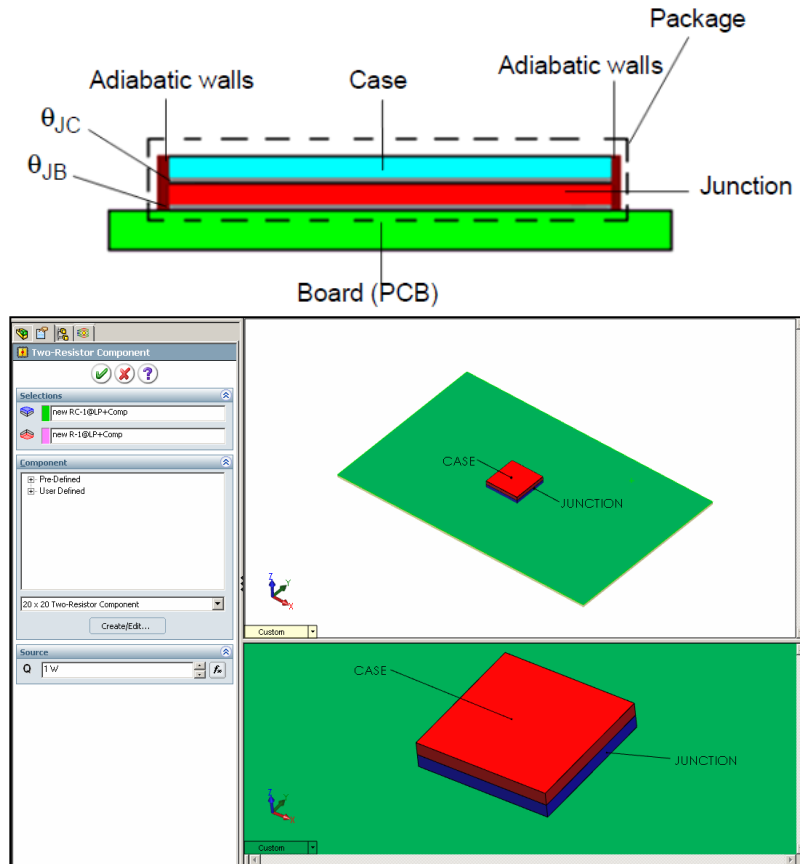
- Программа позволяет рассчитывать установившийся постоянный ток в электропроводящих телах.
- Соответствующих джоулев нагрев рассчитывается автоматически и учитывается в расчетах теплопередачи.
- Электрическое сопротивление материала может быть изотропным, анизотропным или зависеть от температуры.
- Расчет электрического потенциала и тока выполняется только в проводящих твердых телах, т.е. металлах и металлосодержащих композиционных материалах.
- Диэлектрические твердые тела, полупроводники, жидкости и пустые области не участвуют в расчете.



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

«2-R» модели

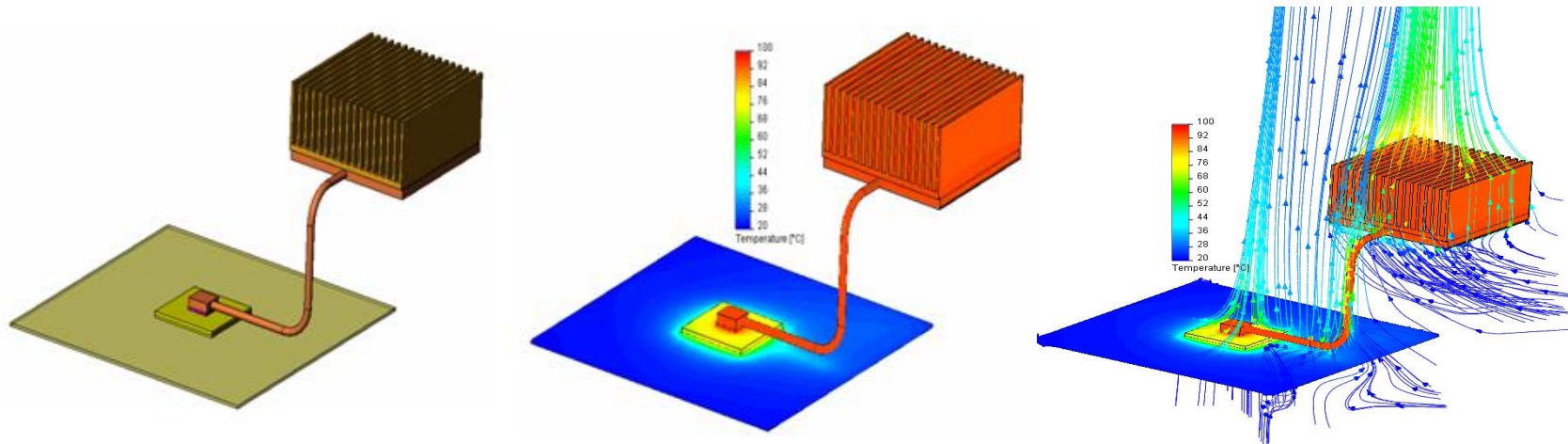
- Предполагается, что каждый модуль состоит из трех узлов: Теплового источника, Платы и Корпуса.
- Эти узлы соединяются посредством двух тепловых сопротивлений, заданных пользователем - тепловым сопротивлением между источником и платой R_{jb} (между источником и платой, на которой он установлен) и тепловым сопротивлением между источником и корпусом R_{jc} (между источником и верхней поверхностью модуля).



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Модель тепловой трубки

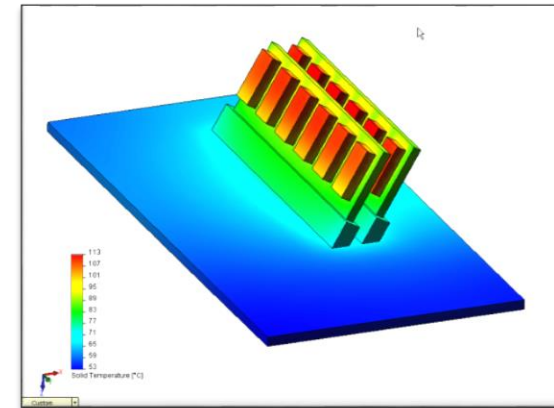
- Компактное представление тепловой трубки требует от пользователя указания общего эффективного теплового сопротивления тепловой трубки, исходя из его характеристик проектируемой системы, а также выбора двух граней для определения направления потока тепла.
- Производительность тепловой трубки зависит от многих факторов, таких как наклон, ориентация, длина и т.д. Пользователь может моделировать различные условия, задавая различные эффективные термические сопротивления для детали.



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

(PCB) Печатные платы

- Являются частным случаем твердых тел с анизотропной теплопроводностью. Интегральные характеристики печатной платы, такие как эффективная плотность, удельная теплоемкость, а также составляющие теплопроводности рассчитываются исходя из структуры платы.
- Плата также может быть произвольно ориентирована относительно глобальной системы координат,
 - Например, угловые печатные платы, такие как DIMMs, могут быть смоделированы



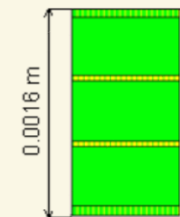
2S2P

Property:

Conducting layers

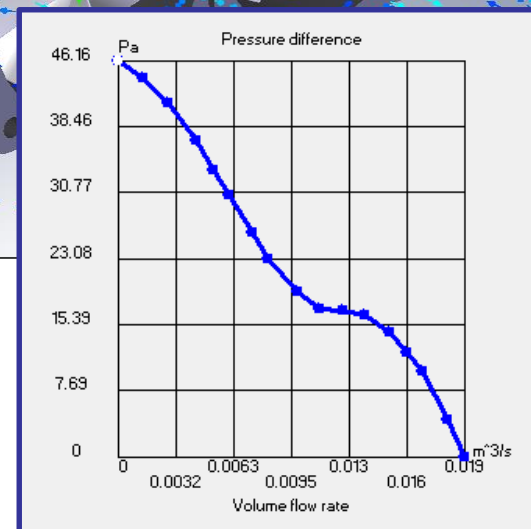
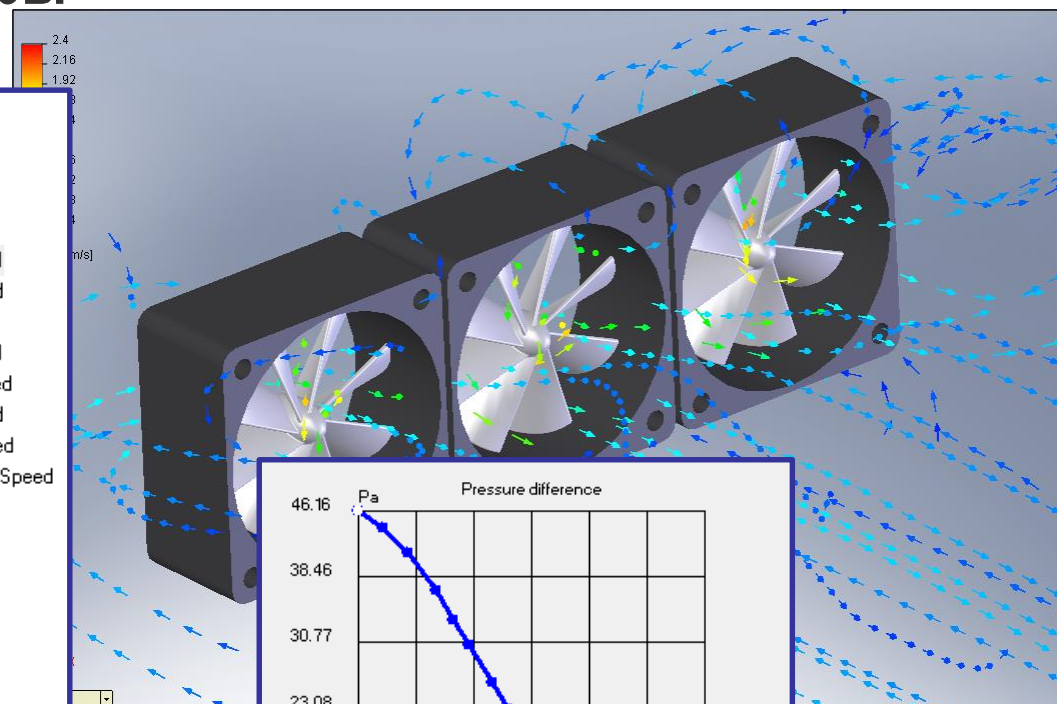
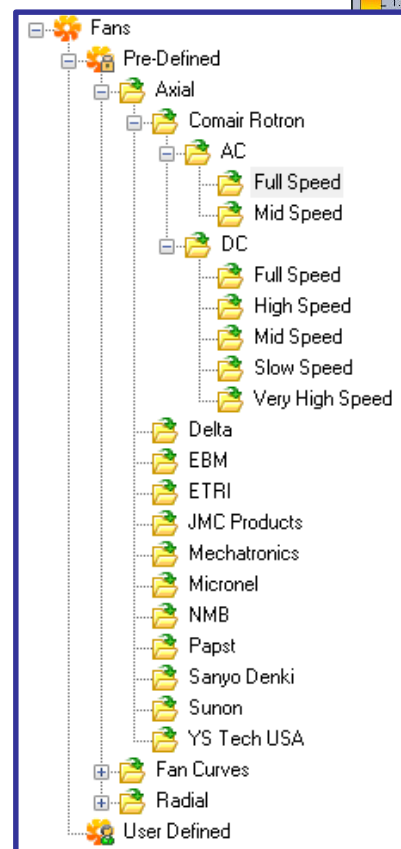
Layer Thickness	Percentage Cover
7e-005 m	20 %
3.5e-005 m	80 %
3.5e-005 m	80 %
7e-005 m	20 %

0.0016 m



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

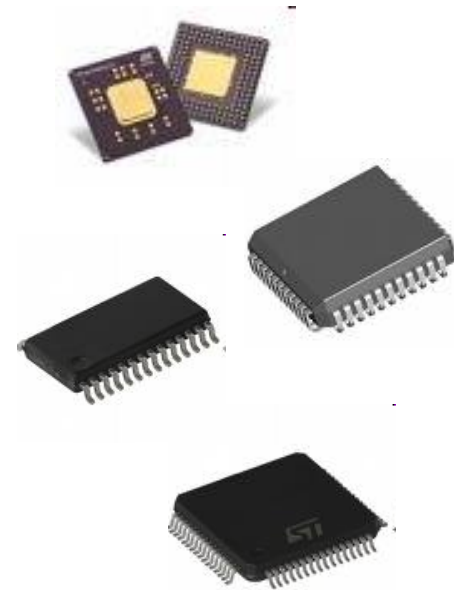
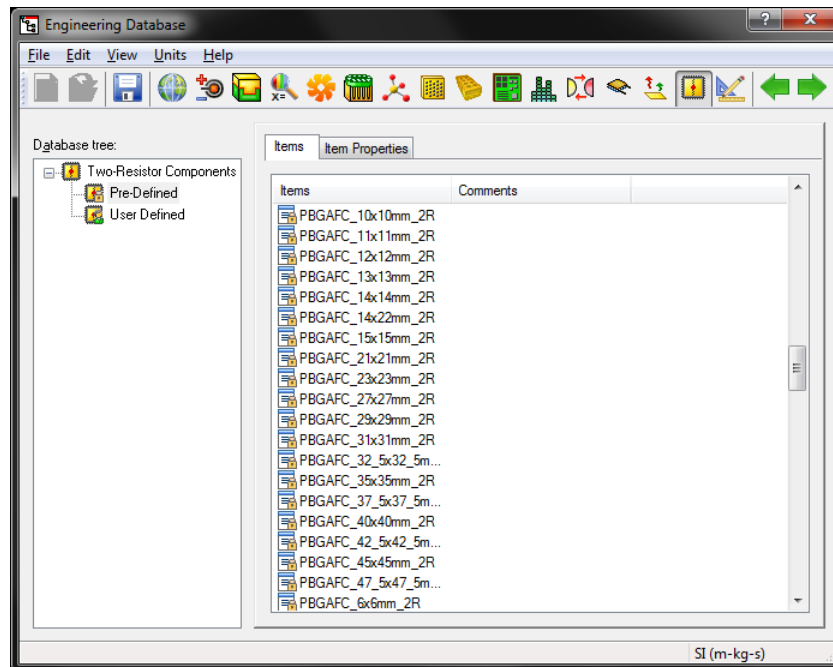
Библиотека - Вентиляторы



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Библиотека – 2R модели

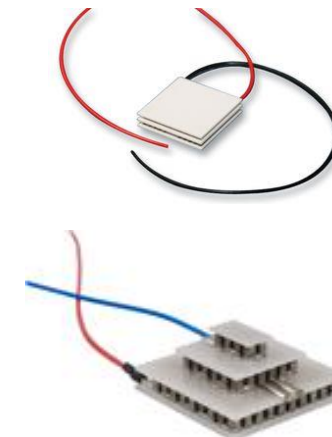
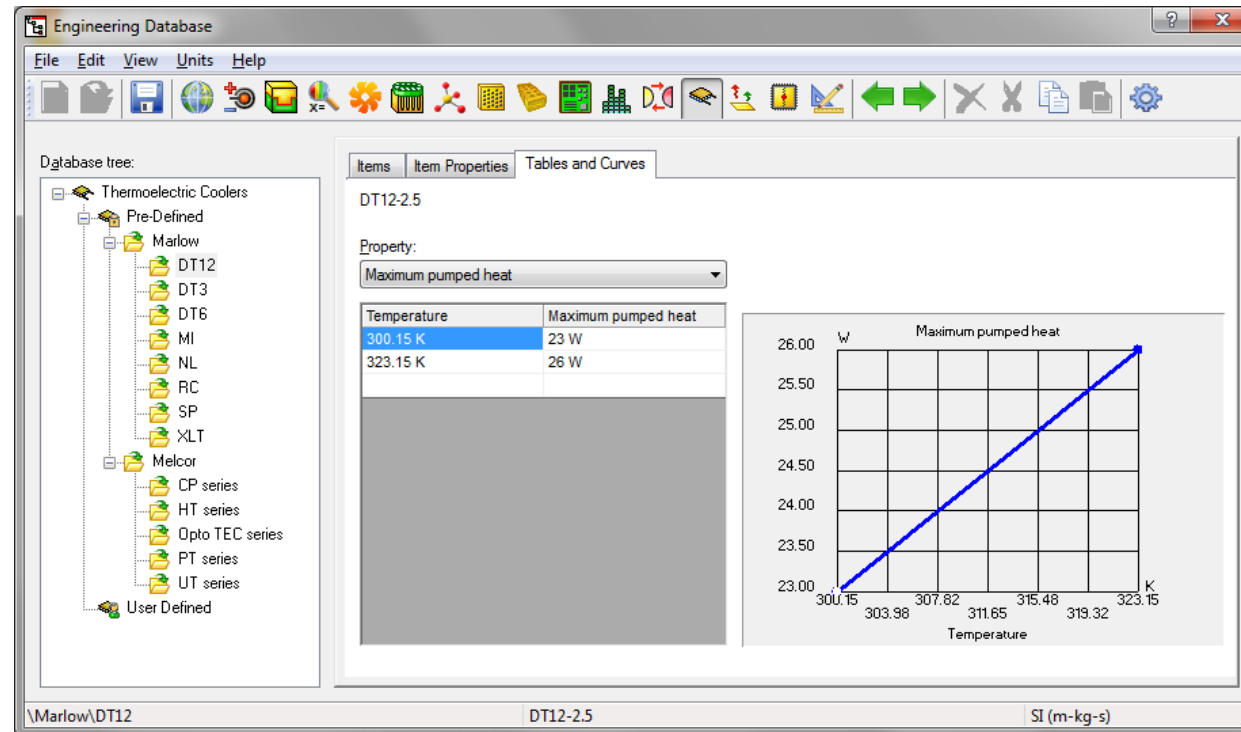
- Полностью интегрированная библиотека, поддерживающая стандарты JEDEC для компонентных тепловых моделей моночиповых пакетов.
- Поддержка следующих пакетов: CBGA, Chip Array, LQFP, MQFP, PBGA, PLCC, QFN, SOP, SSOP, TQFP, TSOP, TSSOP



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Библиотека – Термоэлектрические модули

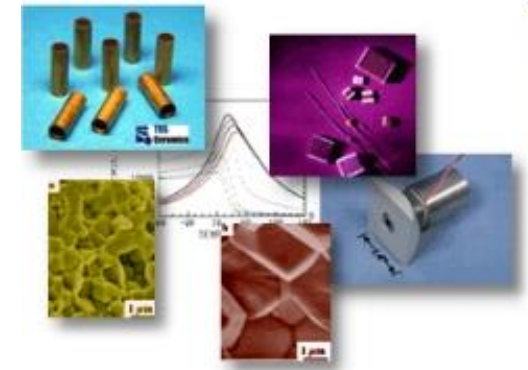
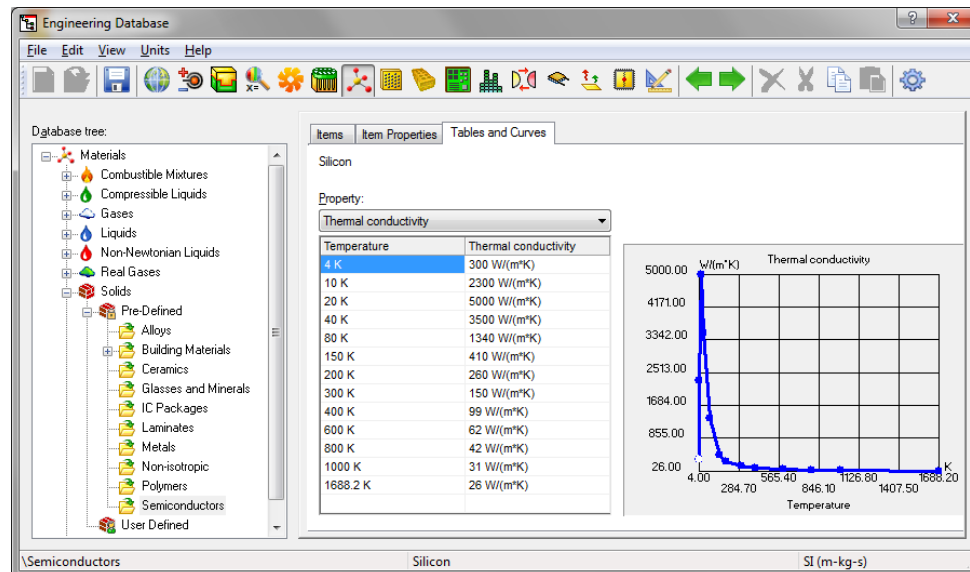
- Поддержка продуктов Marlow и Laird (Melcor)



ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Библиотека – Материалы

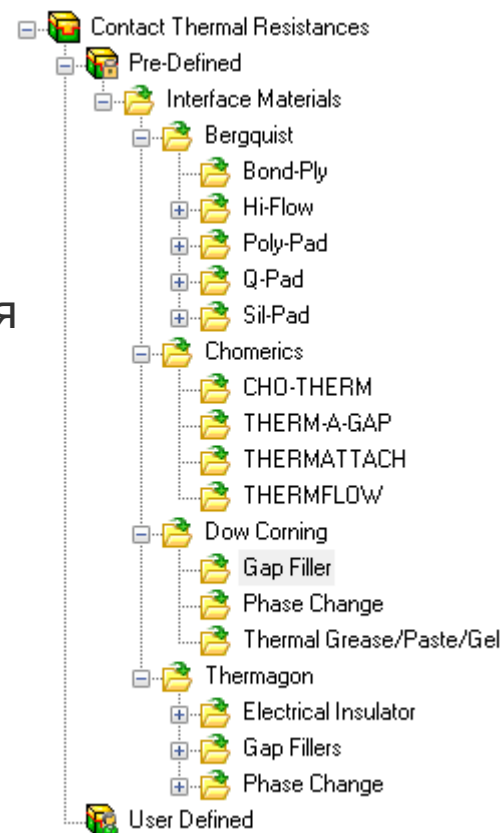
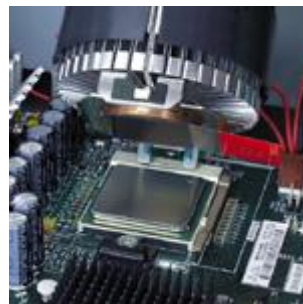
- Обновления по категориям, в соответствии с требованиями к материалам для типичного проектирования системы электроники.
- Включает в себя полные свойства материалов для Сплавов, Керамики, Стекла и Минералов, Ламинатов, Металлов, Полимеров и полупроводников.
- Включает специальную библиотеку с одним резистором для типовых IC пакетов.



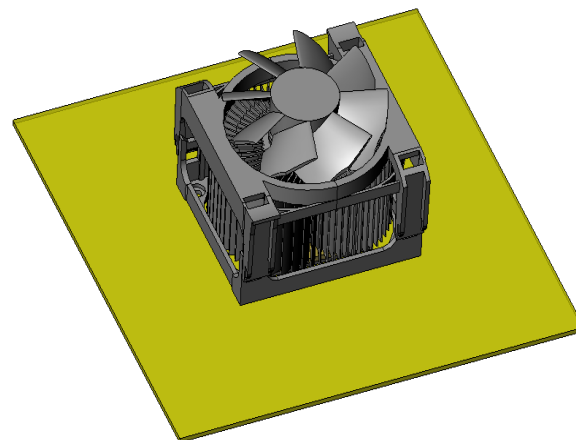
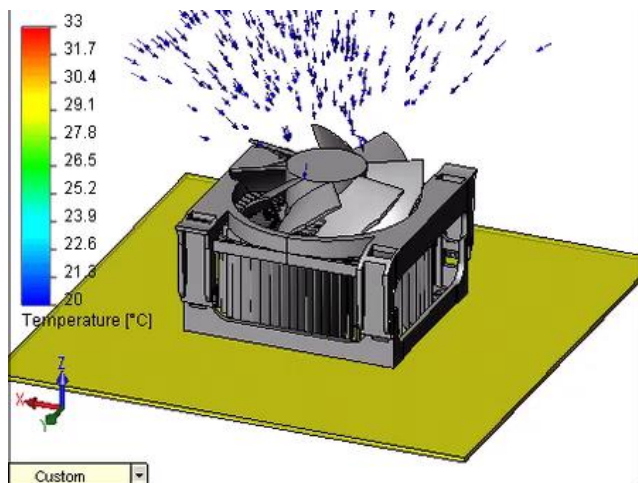
ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Библиотека – Контактное сопротивление

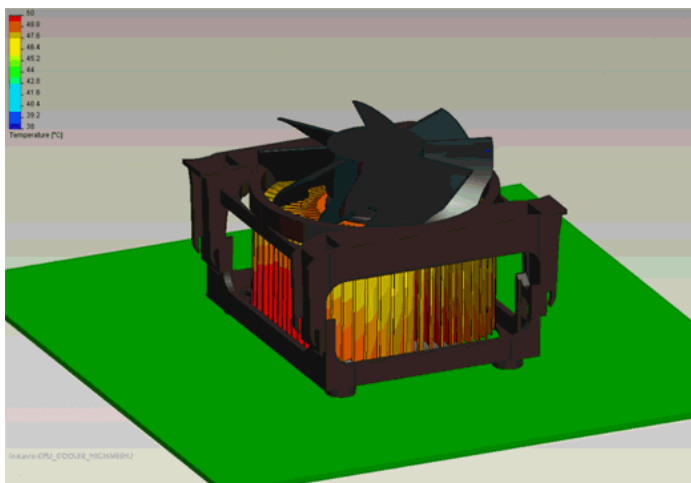
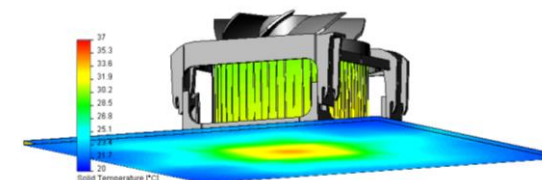
- Поддержка тепловых материалов от Bergquist, Chomerics, Dow Corning и Thermagon.
- Определение сопротивления интерфейсов зачастую представляет сложную задачу для пользователей. Поэтому эти наборы данных на основе производителей имеют особую ценность.



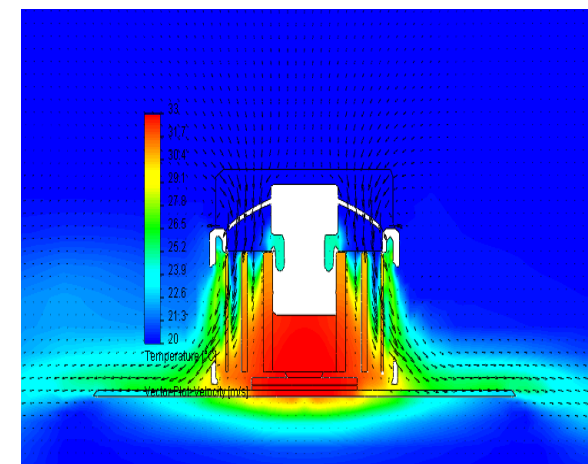
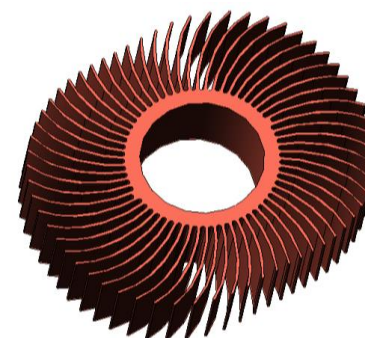
ОХЛАЖДЕНИЕ ЧИПА С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛООБМЕННИКА И ВЕНТИЛЯТОРА (ПРЯМОЙ РАСЧЕТ)



Скорость вращения
вентилятора – 460 рад/с



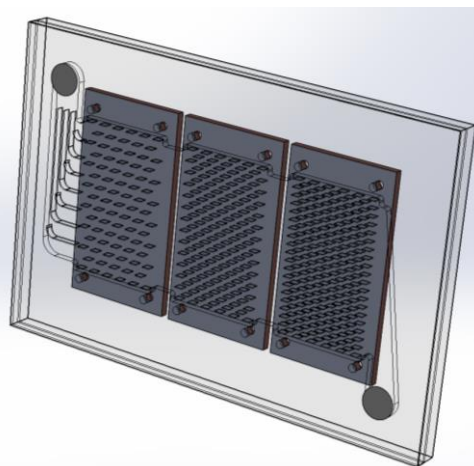
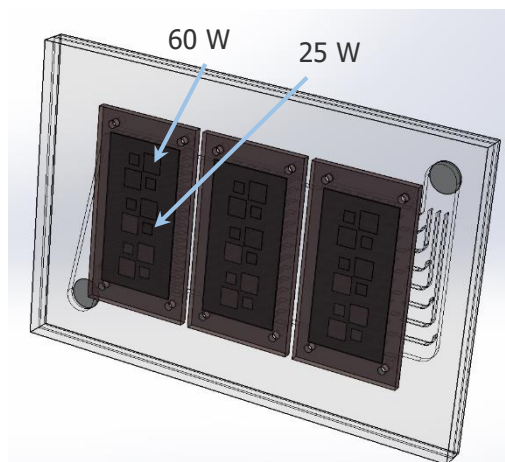
Die	[° C]	35
Grease	[° C]	35
Substrate	[° C]	33
Solder and air	[° C]	33
PCB	[° C]	25
Heat exchanger	[° C]	31



Число ячеек

380 148

ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ



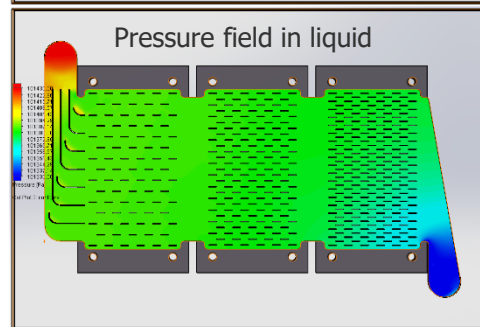
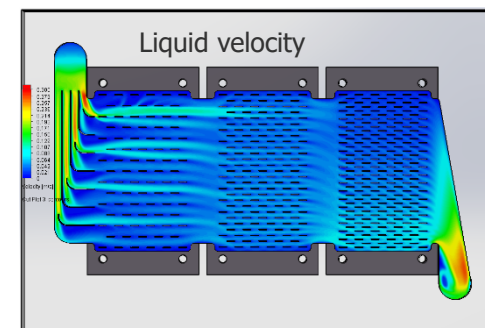
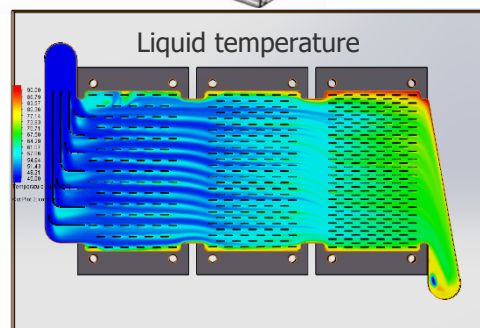
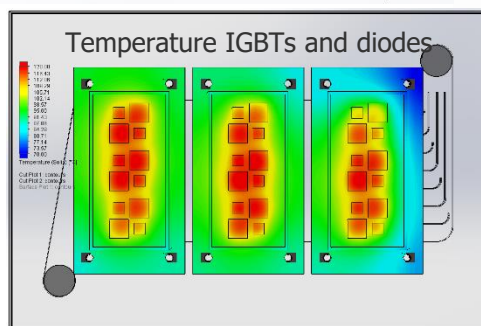
IGBT – 60 W each

Диод – 25 W each

Потери тепла от одного модуля – 510 W

Общие потери тепла – 1530 W

Массовый расход (70%H₂O+30% Glycol) – 15 g/s



ТЕРМО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

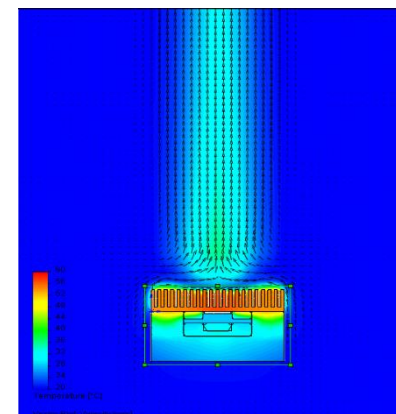
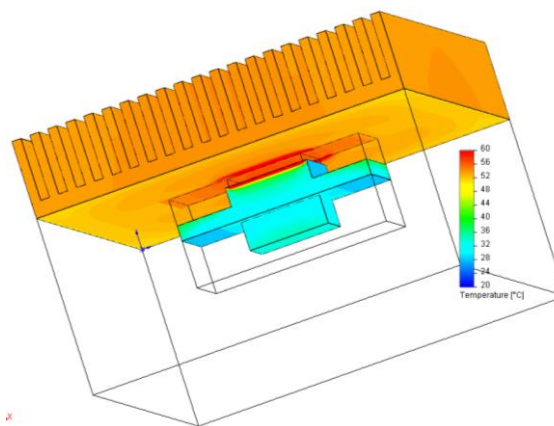
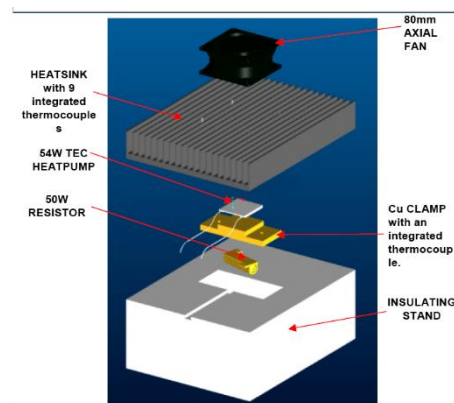
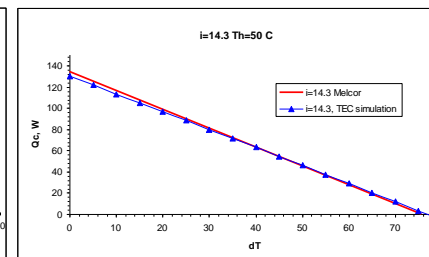
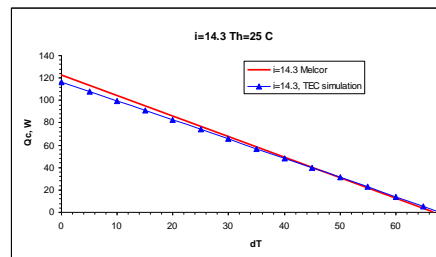
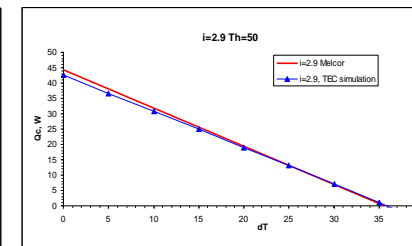
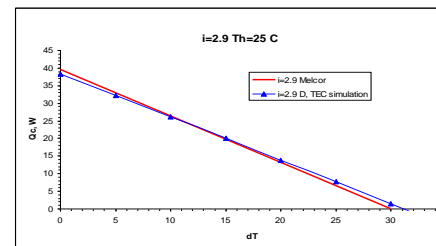
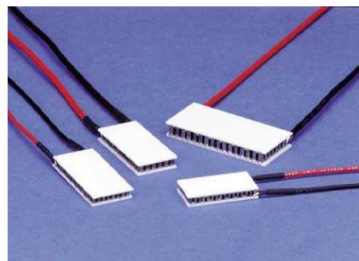
MELCOR

Thermoelectric Cooler

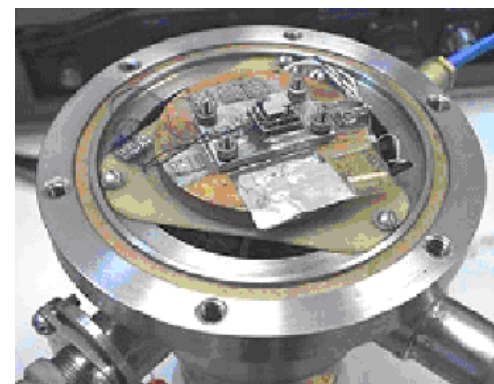
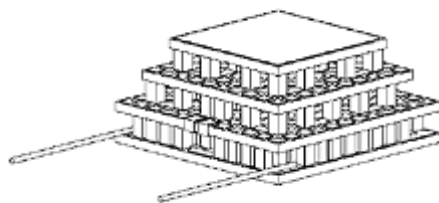
CP2-127-06

Performance Specifications

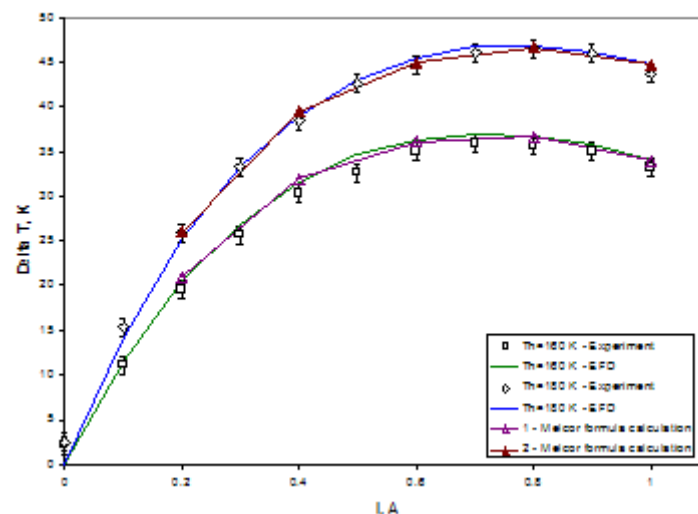
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	120	134
Delta Tmax (°C)	68	77
I _{max} (Amps)	14.0	14.0
V _{max} (Volts)	15.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	0.94	1.06



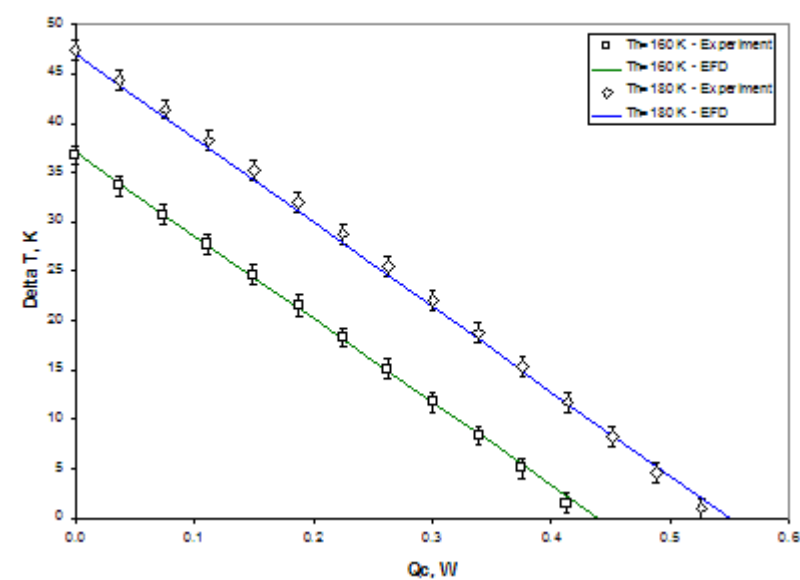
МНОГОУРОВНЕВНОЕ ТЕРМО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



TEC_Verification_1 (Delta T= η) under various T_h

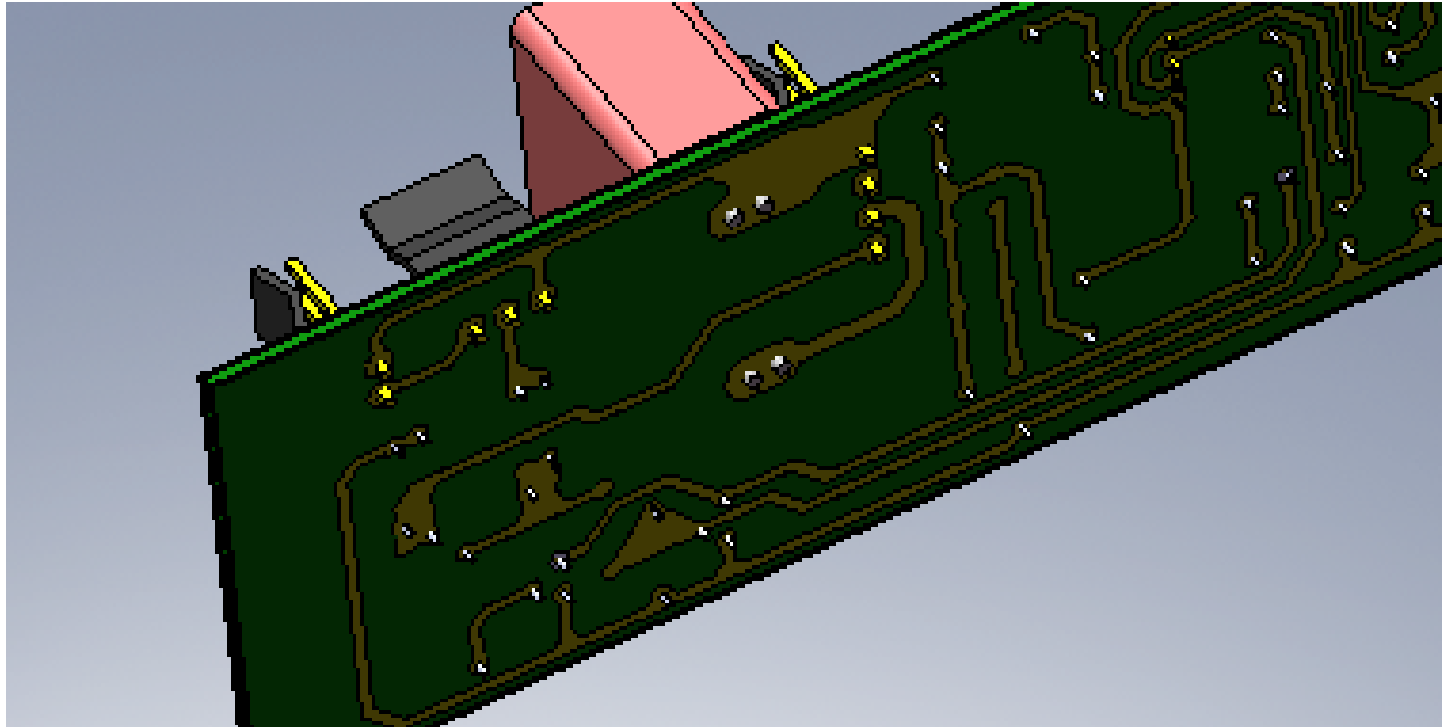


TEC_Verification_1 (Delta T= η) under various T_h

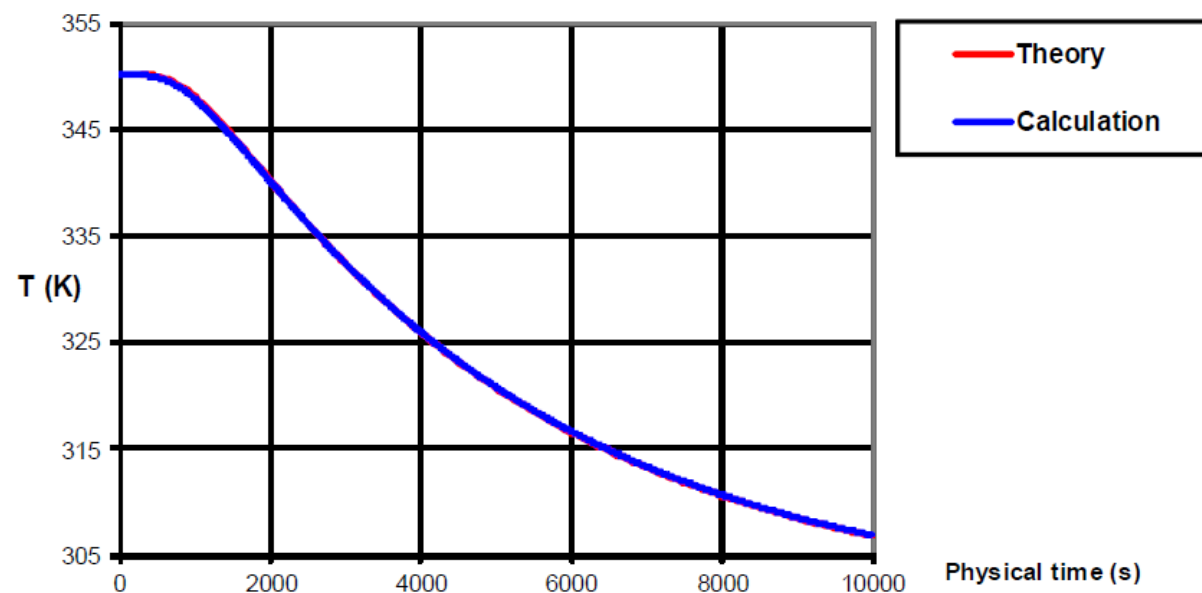
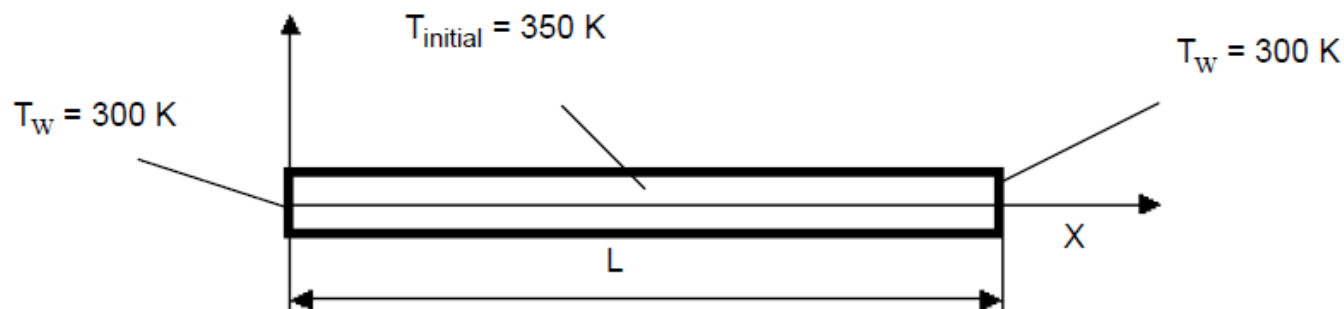


EDA BRIDGE модуль - EDA импорт

- FloEFD can import into CAD EDA data from **Xpeditio** (Mentor Graphics) or general **ODB++**

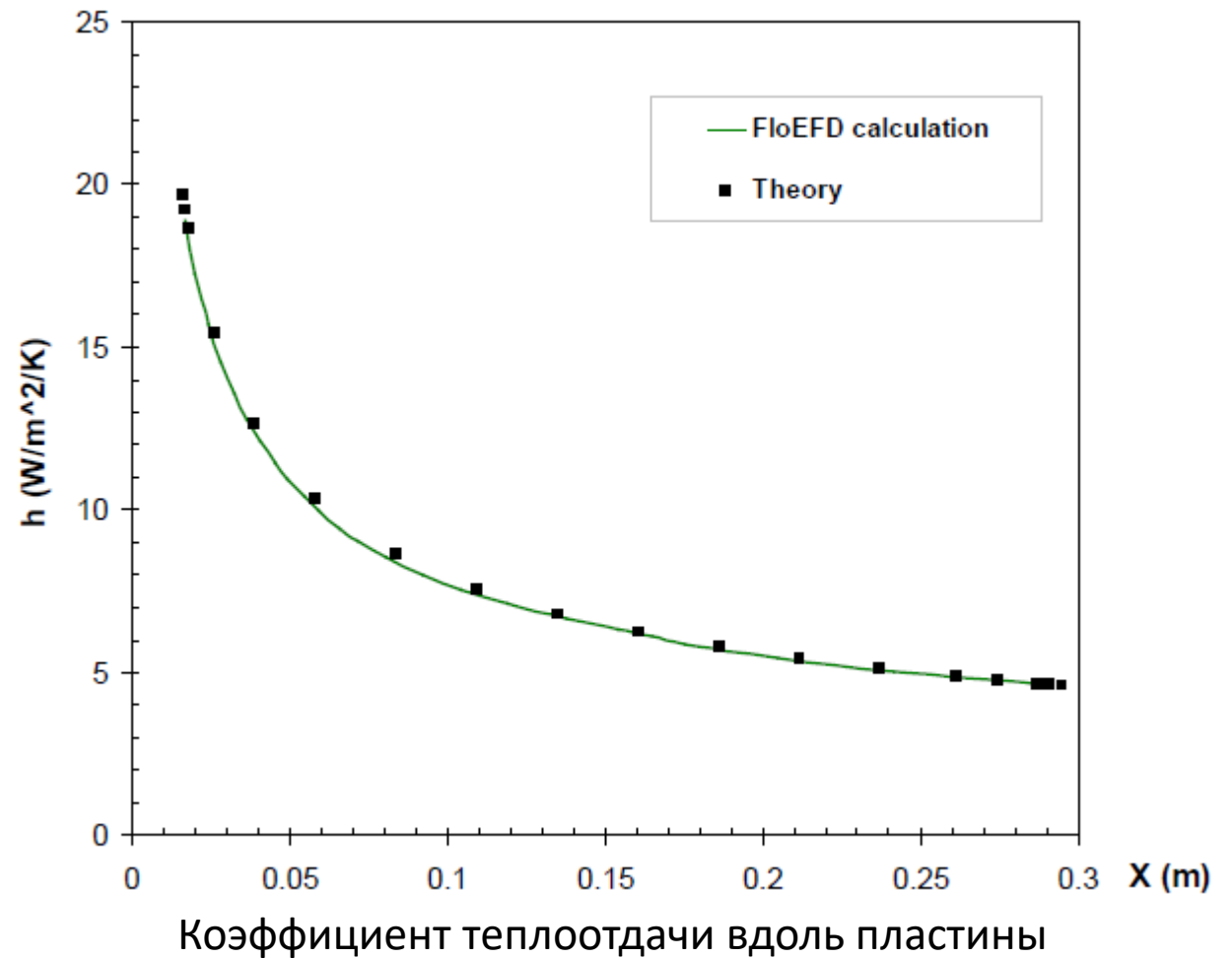
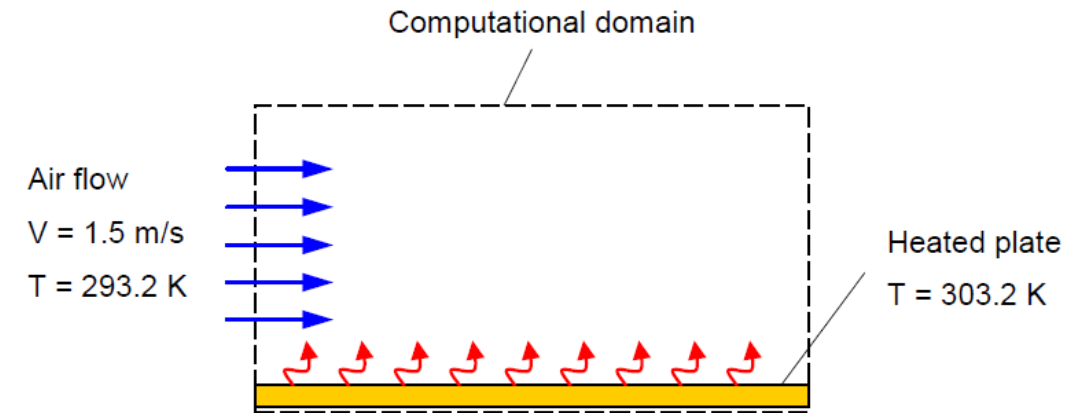


ВАЛИДАЦИЯ. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ В СТЕРЖНЕ.

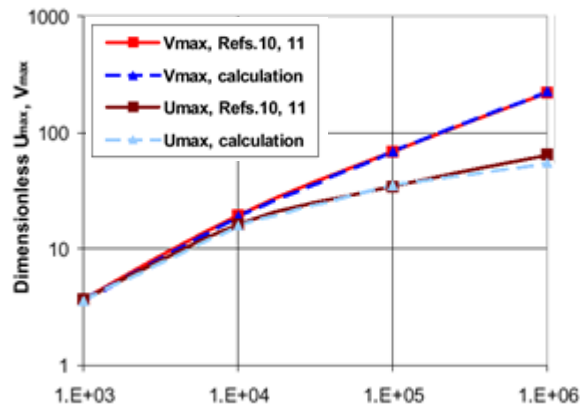
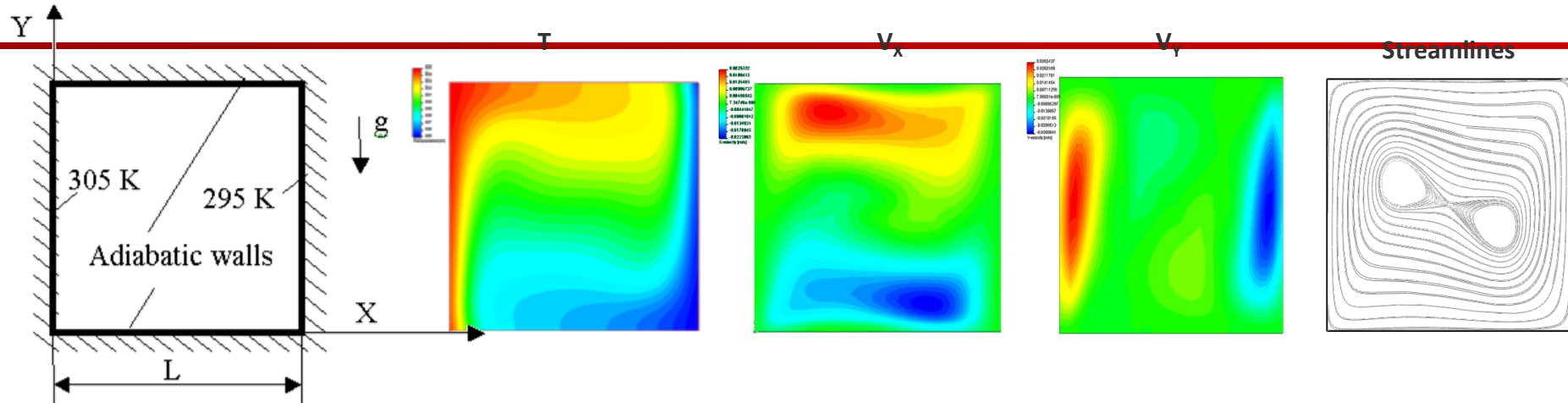


Evolution of the maximum rod temperature, predicted with FloEFD and compared to theory.

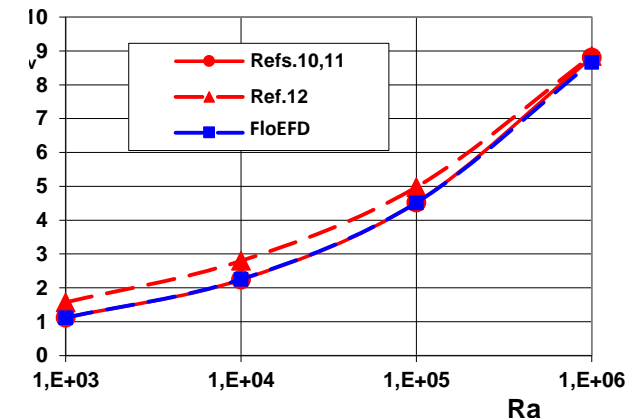
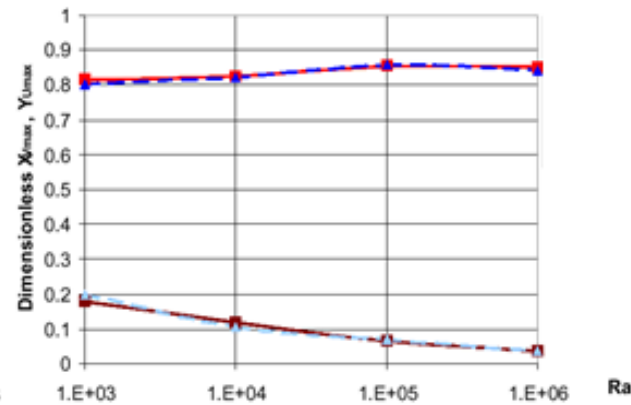
Валидация. ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ВДОЛЬ НАГРЕТОЙ ПЛАСТИНЫ.



ВАЛИДАЦИЯ. НАТУРАЛЬНАЯ КОНВЕКЦИЯ В КВАДРАТНОЙ КАВЕРНЕ.



Dimensionless Velocities vs. Rayleigh Number

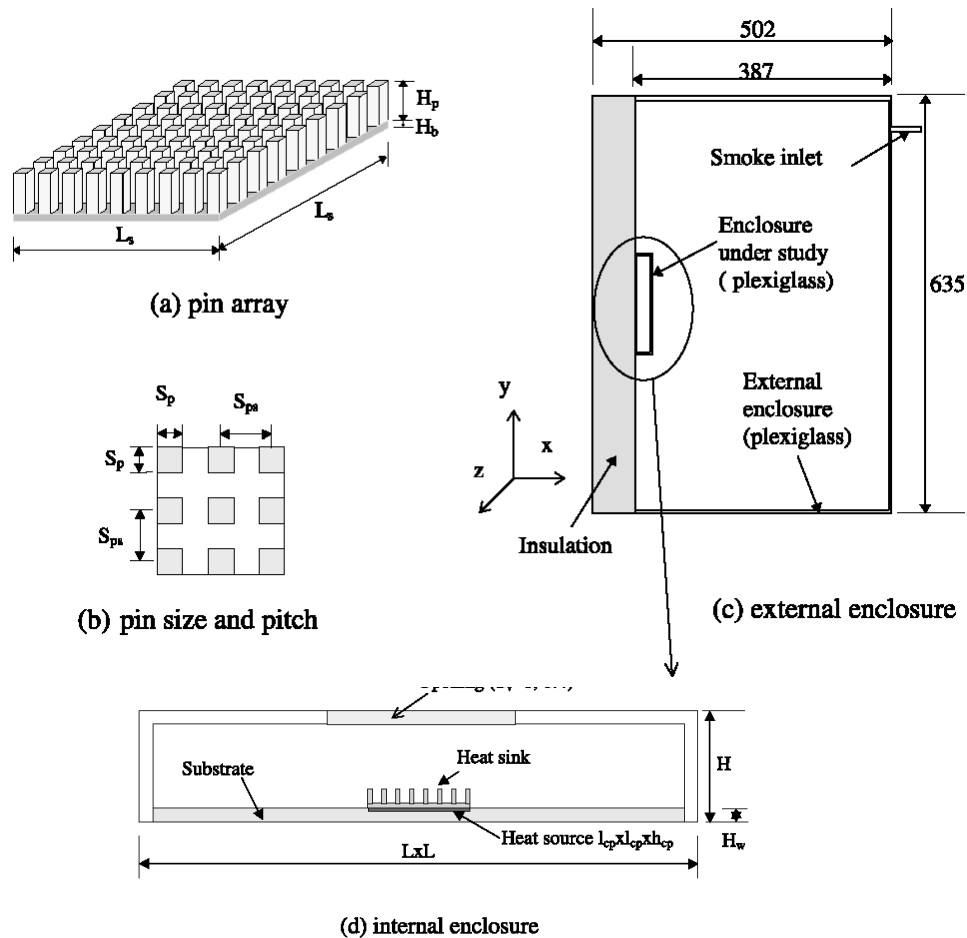


Nusselt number vs. Rayleigh number

References

- 10 Davis, G. De Vahl; Jones, I.P.: *Natural Convection in a Square Cavity: a Comparison Exercise*. Int. J. for Num. Meth. In Fluids, v.3, pp. 227-248 (1983)
- 11 Emery, A., Chu, T.Y.: *Heat Transfer across Vertical Layers*. J. Heat Transfer, v. 87, p. 110 (1965)
- 12 Denham, M.K., Patrick M.A.: *Laminar Flow over a Downstream Facing Step in a Two-Dimensional Flow Channel*. Trans. Instn. Chem. Engrs., v. 52, pp. 361-367 (1974)

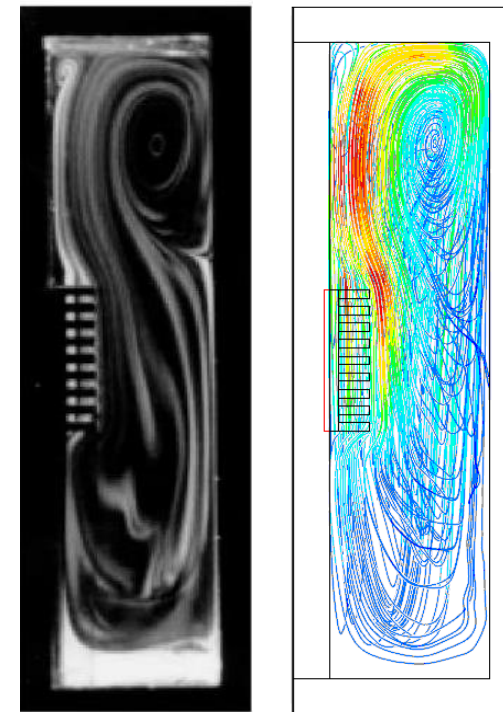
ВАЛИДАЦИЯ. ОХЛАЖДЕНИЕ ИГОЛЬЧАТОГО РАДИАТОРА ПРИ НАТУРАЛЬНОЙ КОНВЕКЦИИ.



$$R_{ja} = (T_{max} - T_{amb}) / Q$$

$$R_{ja_{exp}} = 43^{\circ}C/W \text{ (Ref 14)}$$

$$R_{ja_{calc}} = 41^{\circ}C/W$$

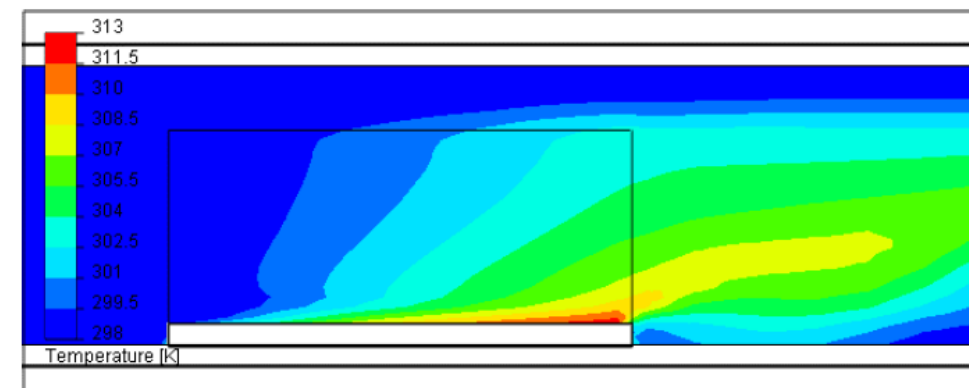
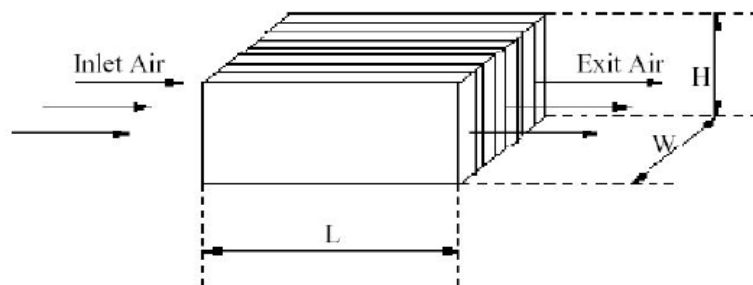
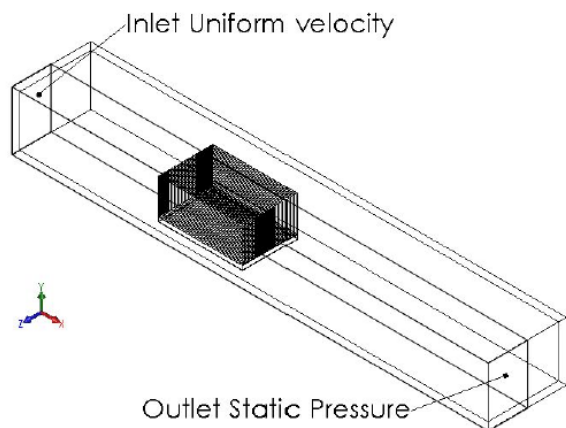


Flow Streamlines: Smoke Visualisation, left (Ref 19), FloEFD result, right

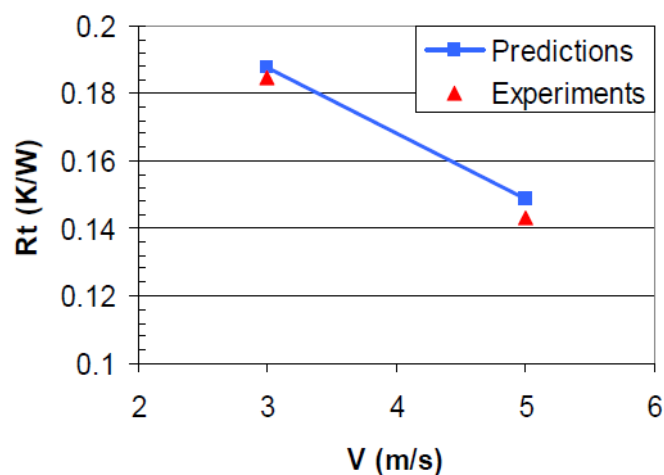
References

14. Enchao Yu, Yogendra Yoshi: *Heat Transfer Enhancement from Enclosed Discrete Components using Pin-Fin Heat Sinks* Int. J. of Heat & Mass Transfer, v. 45, pp. 4957-4966 (2002)
19. Jyotsna, R., Vanka, S.P.: *Multigrid Calculation of Steady, Viscous Flow in a Triangular Cavity*. J. Comput. Phys., v. 122, pp. 107-117 (1995)

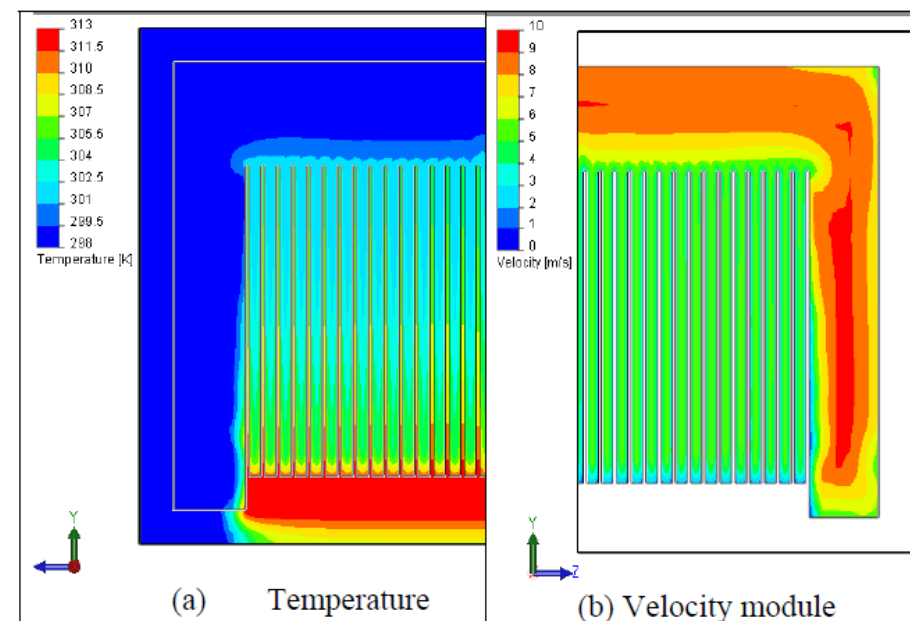
Валидация. ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ РЕБРИСТОГО РАДИАТОРА.



Temperature contours in the vicinity of plane sink, $u = 5$ m/s, $z = 0$ m.

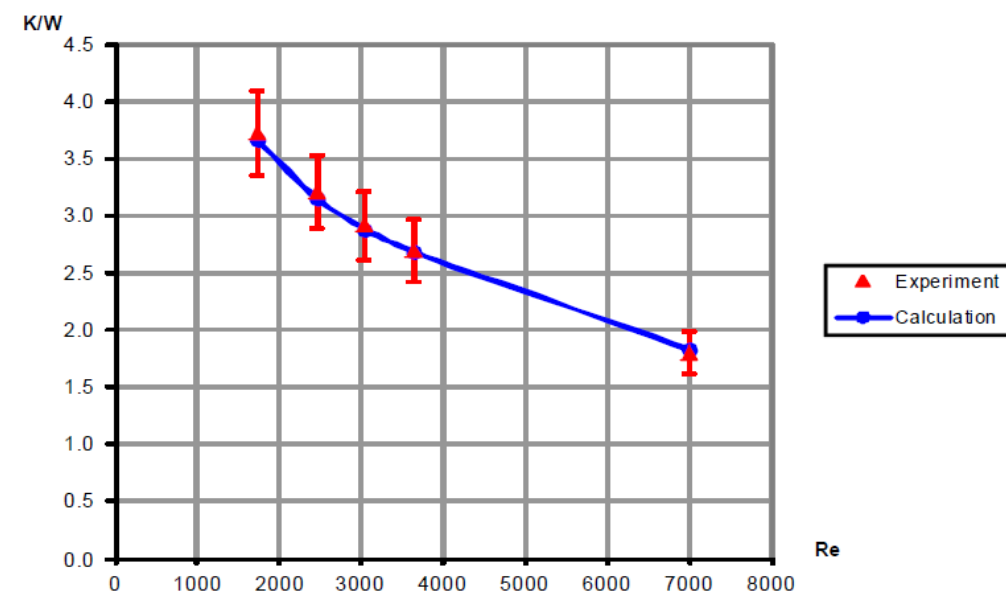
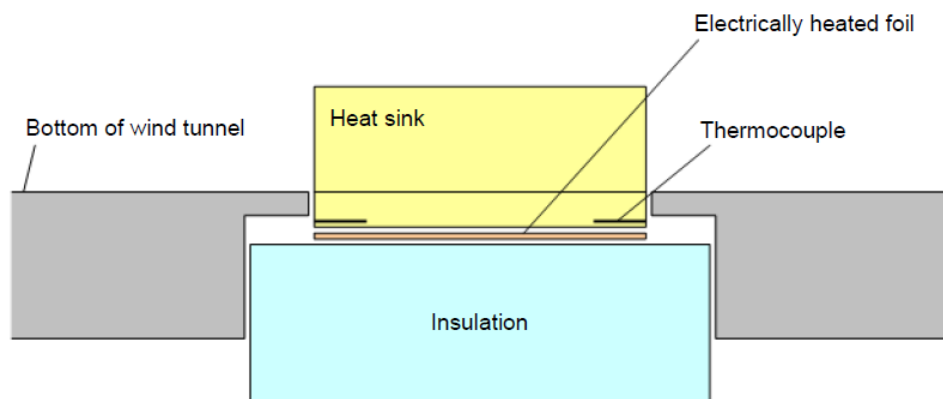
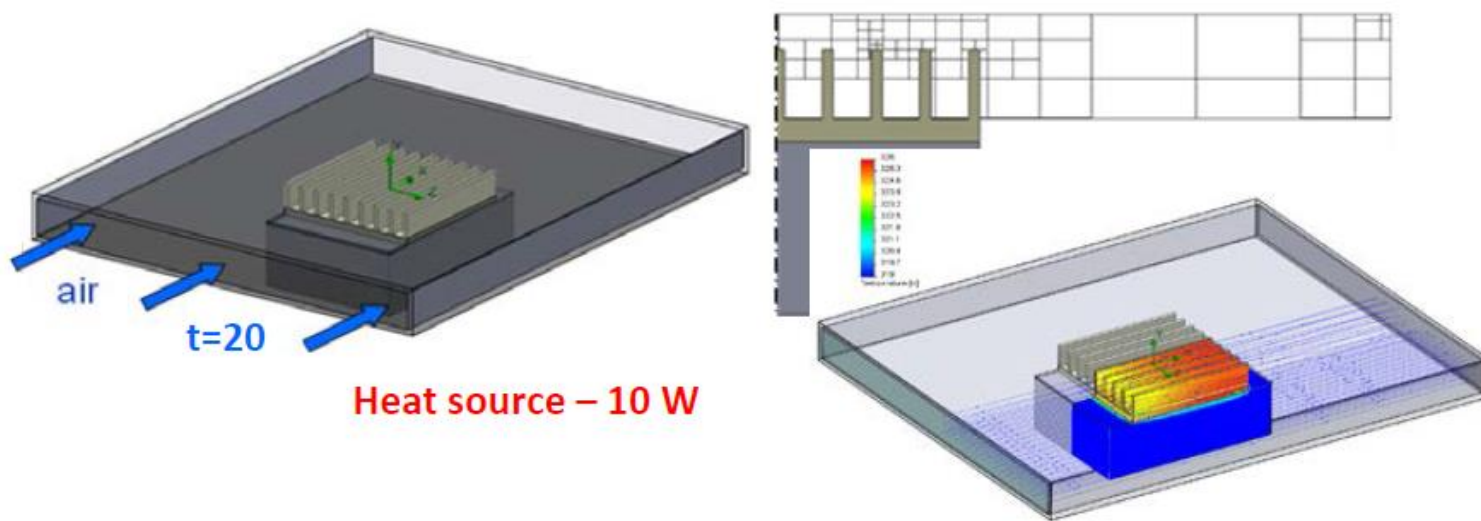


Comparison of predicted and measured thermal resistance R_t for different u .



Contours of the temperature (a) and velocity module (b), $u = 5$ m/s, $x = 0.25$ m.

Валидация. ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ РЕБРИСТОГО РАДИАТОРА.

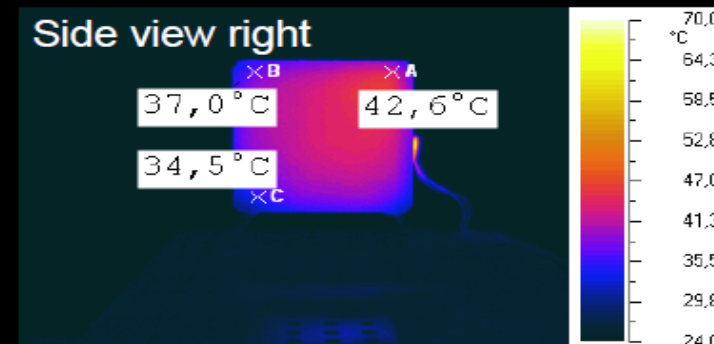
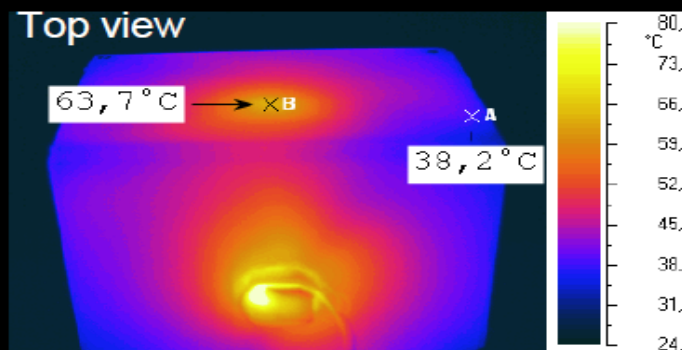
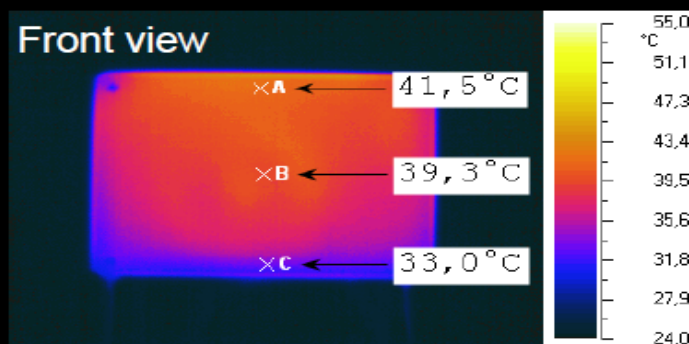


Thermal resistance of the Heat Sink versus Reynold number in comparison with the experimental data

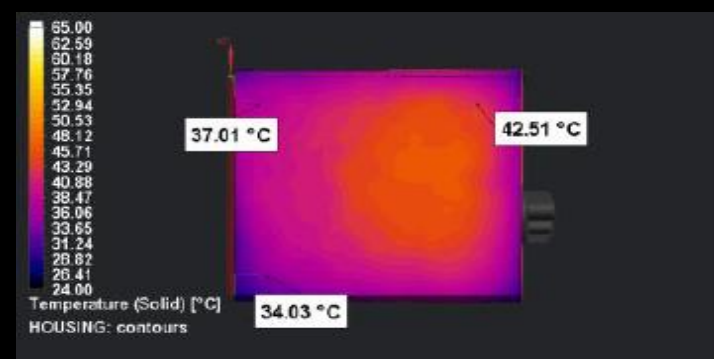
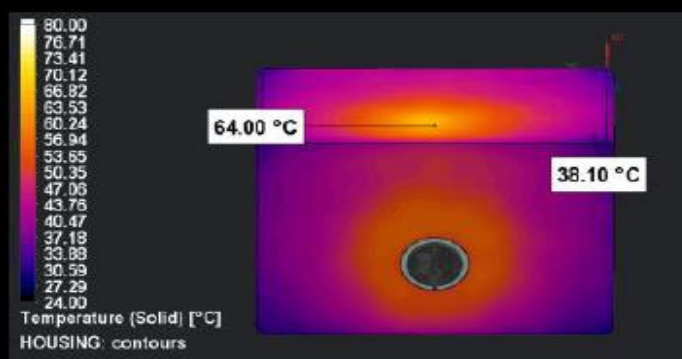
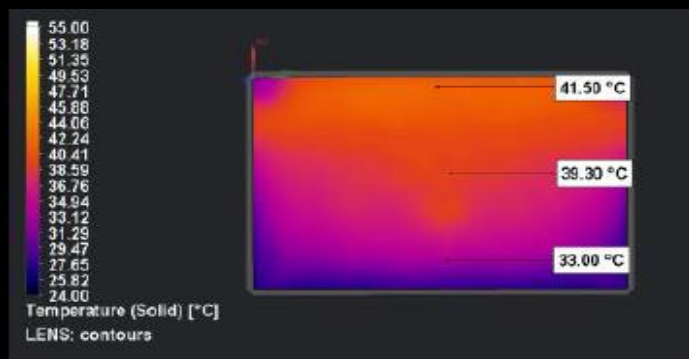
ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Accurate!

Measurement



FloEFD



Max Error: 0%

Max Error: 0.47%

Max Error: 0.21%

ELECTRONICS COOLING – ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ

Accurate!

Very complex geometry with Joule heating, Radiation, Convection, Conduction
Accuracy of the results throughout the model: 1 C (~1%) and less.

"I am using FloEFD whenever I have to deal with thermal management questions. I also have access to ANSYS but FloEFD provides a much easier and faster way to create my projects. The handling of complex geometry is very good. And especially the combination of Heat Transfer and Electrical calculation (Joule Heating) is unbeatable!"

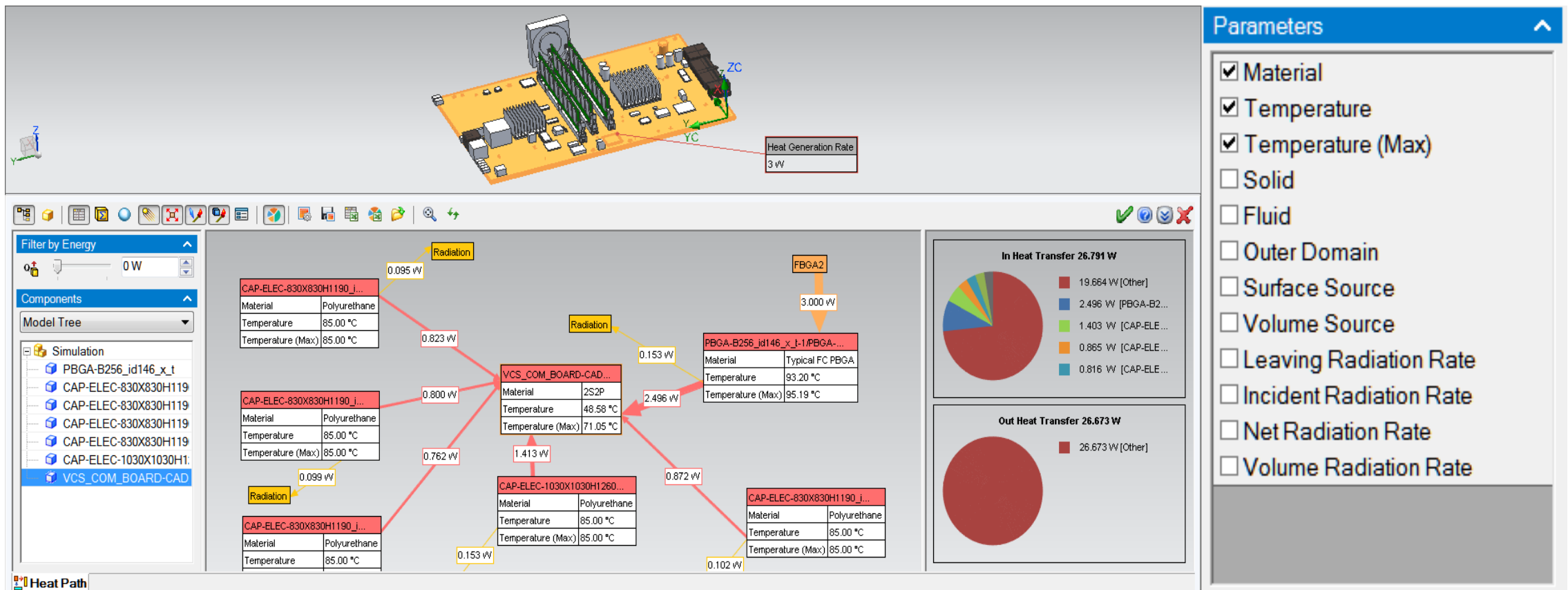
Monitor Points	FloEFD	Measurement	Error
Temperature 1	125.00	123.00	-1.63%
Temperature 2	181.00	181.00	0.00%
Temperature 3	156.10	156.20	0.06%
Temperature 4	156.80	157.30	0.32%
Temperature 5	156.10	156.20	0.06%
Temperature 6	157.50	157.50	0.00%
Temperature 7	159.50	158.90	-0.38%
Temperature 8	172.70	172.70	0.00%
Temperature 9	159.50	158.90	-0.38%
Temperature 10	172.70	172.70	0.00%
Temperature 11	188.80	188.20	-0.32%
Temperature 12	170.90	167.70	-1.91%
Temperature 13	155.30	156.20	0.58%
Temperature 14	154.70	155.10	0.26%
Temperature 15	170.70	172.80	1.22%
Temperature 16	170.60	165.90	-2.83%



ECU for high power density generator

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

Пользователь может отобразить, сколько тепла идет от одного компонента к другому (теплопроводность) в виде графика. Также можно визуализировать теплоотдачу к жидкости (конвекция) или радиационный теплообмен. Компоненты могут быть сгруппированы таким образом, чтобы тепло вычислялось как общее для всех сгруппированных компонентов. Круговая диаграмма для входящего и исходящего тепла помогает понять баланс тепла.



ELECTRONICS COOLING – ОПТИМИЗАЦИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Code FloEFD™ for CATIA

Problem Statement

Automatically Find Optimal Design for Minimal Heatsink Mass by Maintaining the Lowest LED T_j

Number of input variables 18

Number of response surface points (each variable) 5

Total design points created

90

Hardware 12 Core Intel Xeon,
128GB RAM (regular workstation)

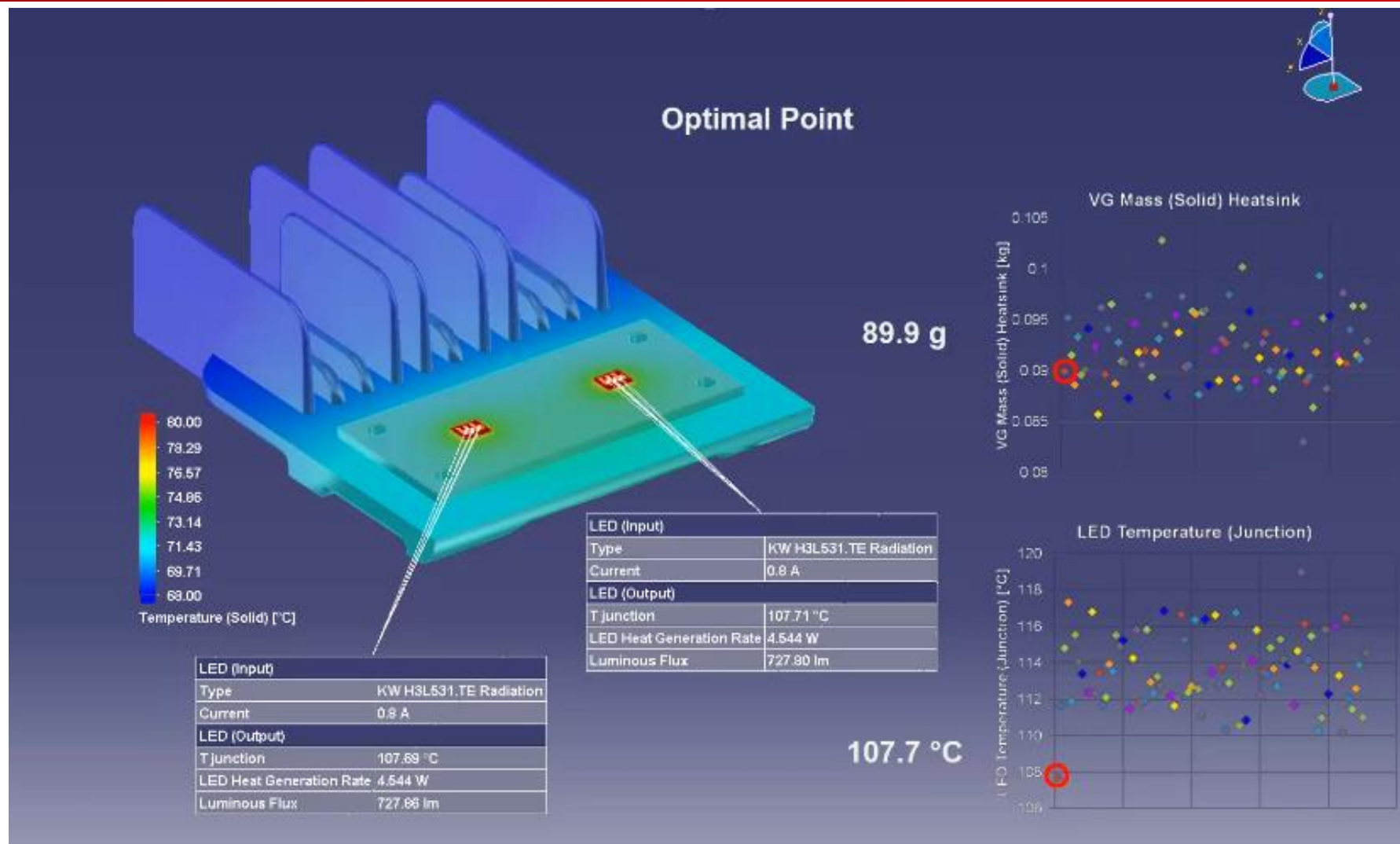
CPU time for one case

5.4min

Processing time

Parallel: 5.4min

Total invest 1 day



Спасибо за внимание!



www.mentor.com

www.cadflo.com

info@cadflo.com

+7(499)390-05-22