

Russia | R&D

Shchepkina st., 6 bldg. 1
Moscow, 129090
wayray.com

For general information

info@wayray.com

Опыт применения программного обеспечения scSTREAM при разработке систем охлаждения лазерных блоков компании WayRay

WayRay is a global company headquartered in Switzerland. Since 2012, the company has been the leading developer of holographic AR technologies for connected cars. With an in-house R&D center, a prototyping factory, and a team of professionals, WayRay develops holographic materials and optical systems, as well as complex mechanics, electronics, and software.

Одним из основных компонентов голографических навигационных систем, разрабатываемых компанией WayRay, является лазерный блок с системой охлаждения лазеров.

Проектирование системы охлаждения лазеров - это детерминированный процесс, включающий в себя не только подбор термоэлектрических элементов, тепловых трубок и вентиляторов, обеспечивающих стабильную бесперебойную работу лазеров, но и процедуру решения сопряженной задачи вычислительной газодинамики с учетом процессов тепломассопереноса.

Для формирования качественного голографического изображения на лобовом стекле автомобиля (рис.1) лазерные диоды должны обладать постоянной температурой.



Рис.1 - Голографическое изображение на лобовом стекле автомобиля

Для поддержания стабильной температуры лазерных диодов используются элементы Пельтье с токовым управлением. Диоды монтируются на холодную сторону элемента Пельтье, температура которой всегда постоянна. Температура горячей стороны термоэлектрического элемента изменяется в зависимости от температуры окружающей среды, величины тепловыделения кристаллов лазерных диодов, расхода и скорости движения охлаждающего воздуха и т.д.

Элемент Пельтье функционирует как "тепловой насос" - выделяемая горячей стороной тепловая мощность превышает мощность на холодной стороне элемента Пельтье на величину Джоулева нагрева, возникающего вследствие сопротивления полупроводниковых термоэлектрических пар при протекании по ним постоянного

электрического тока. Элементы Пельтье собираются легкоплавким припоем с температурой плавления около 138°C. Поэтому, в случае перегрева, элемент (а вместе с ним и дорогостоящий лазер) полностью придет в негодность по причине разрушения паяного соединения термоэлектрических пар.

В связи с этим лазерные блоки (рис.2) должны иметь довольно мощную и сложную систему охлаждения, состоящую из радиаторов, вентиляторов и тепловых трубок, и способную эффективно отводить и рассеивать тепло от элементов Пельтье.

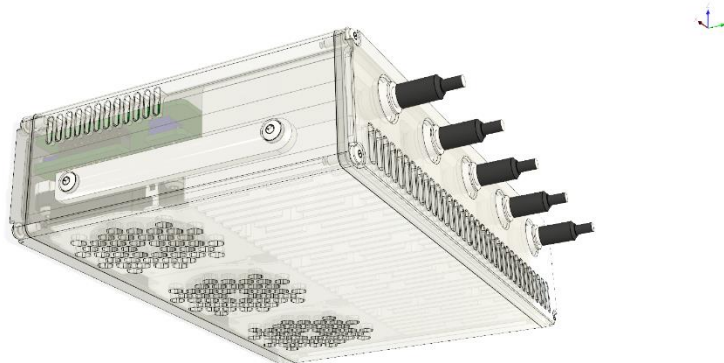


Рис.2 - Модель лазерного блока

Расчет таких систем охлаждения невозможен аналитическими методами, поэтому специалисты R&D центра компании WayRay для решения данной задачи использовали CFD-анализ, в основе которого лежит метод конечных объемов со структурированной сеткой, реализованный в системе scSTREAM.

Подобный анализ позволяет оценить распределение температур по компонентам лазерного блока (рис.3), поля температур (рис.4) и скоростей движения (рис.5) охлаждающего воздуха, а также определить термоэлектрические параметры (температура горячей и холодной сторон, сила тока, напряжение, выделяемая теплота) элементов Пельтье (рис.6) и значение максимально допустимой температуры окружающей среды, при которой обеспечивается стабильная работа элементов Пельтье.

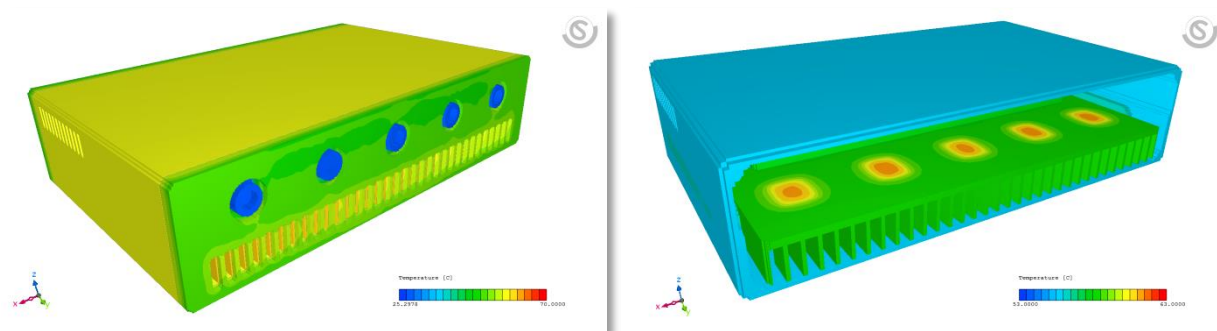


Рис.3 - Поля распределения температур комплектующих лазерного блока

CFD-анализ в scSTREAM сократил процесс проектирования и прототипирования, позволив инженерам визуализировать места внутри блока лазеров, недоступные для измерений и физической оценки.

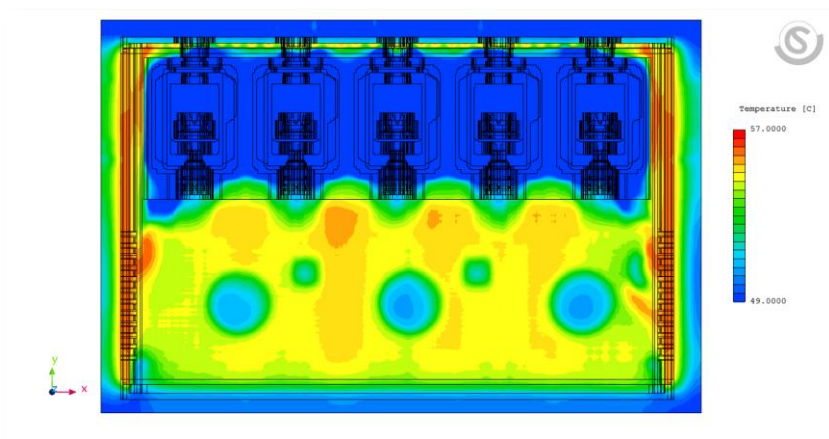


Рис.4 - Поле распределения температур воздуха (продольный разрез)

scSTREAM - система концептуального проектирования и инженерного анализа, которая позволила специалистам WayRay проводить параметрический анализ и быстрые вариативные исследования. Изменяя величину тепловыделения кристаллов, свойства материалов, скорость вращения вентиляторов, размеры радиаторов и другие параметры, возможно сравнить множество вариантов конструкции, исключая метод проб и ошибок, что позволяет существенно сократить затраты времени и средств на подготовку и отладку физической модели.

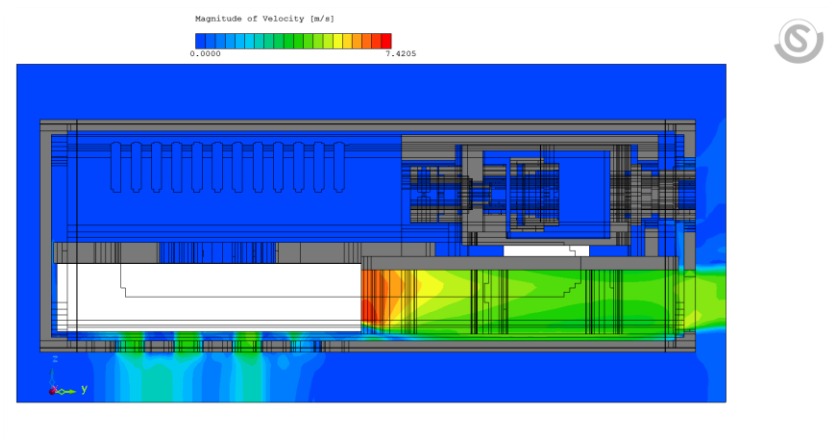


Рис.5 - Поле распределения скоростей движения воздуха (поперечный разрез)

Кроме того, вычислительный эксперимент позволяет проводить анализ чувствительности, чтобы понять, какие геометрические параметры или свойства материалов оказывают наибольшее влияние на результаты расчетов и значение целевой функции.

На рис.3-6 представлены результаты термогазодинамических расчетов лазерного блока голографической навигационной системы, разработанной компанией WayRay для одного из японских автопроизводителей.

```

+++ PELTIER MODELS INFORMATION (BASIC) +++
MODEL NAME [Peltier6]
VOLTAGE      : 7.0000E+00
CURRENT      : 8.4846E-01
HEAT ABSORBED : -2.5913E+00
HEAT RELEASED : 8.5305E+00
TEMP. DIFFERNC : 3.6517E+01

```

Рис.6 - Термоэлектрические параметры элементов Пельтье

Расчетная сетка, состоящая из 24 млн. элементов, в областях значительных градиентов температур (области расположения кристаллов лазерных диодов) обладала большей дискретностью. Такое высокое разрешение сетки необходимо для точной аппроксимации элементов конструкции и зазоров между ними.

Однако, несмотря на огромное количество сеточных элементов, время расчета в стационарной постановке составило всего 2 часа (для сравнения, длительность аналогичного расчета с неструктурированной сеткой составила 18 часов). При этом погрешность расчетов в сравнении с результатами экспериментов составила менее 3%.

По результатам расчетов была оценена теплонагруженность и эффективность системы охлаждения, определена оптимальная с точки зрения распределения температур и воздушных потоков компоновка вентиляторов, элементов Пельтье и радиаторов, были устранены застойные зоны и локальные термические очаги. Максимальная температура окружающей среды, при которой обеспечивается стабильная работа элементов Пельтье, составила 49.5°C. Температура лазерных диодов 25.2°C, температура горячей стороны элемента Пельтье 61.5°C при тепловыделении на горячей стороне 8.5 Вт. Максимальная скорость движения охлаждающего воздуха составила 7.4 м/с при частоте вращения вентиляторов 6100 об/мин.

Поля распределения температур в дальнейшем возможно экспортировать в системы прочностного анализа для определения термических напряжений и теплового расширения компонентов лазерных блоков.

В перспективе инженеры R&D центра компании WayRay планируют проводить также тепловые расчеты оптических систем, т.к. функционал scSTREAM позволяет учитывать отражение и преломление лучей линзами при передаче тепла излучением.



Founded	2012
Business	Development of holographic AR technologies for connected cars
President & CEO	Vitaly Ponomarev
Head Office	Lausanne, Switzerland
R&D	Moscow, Russia
Employees	170 employees
URL	https://wayray.com/