

УДК 662.642: 621.926.7

В.В.Осипов (6 курс, каф. Автоматы), А.Н.Попов, к.т.н., доц.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ РАДИАТОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛАЗЕРА

Широкое применение технологии лазерной маркировки привело к появлению новых маркирующих комплексов. Важным условием работоспособности таких комплексов является температурный режим работы активного элемента, определяемый правильным проектированием деталей охлаждающего радиатора. Работа посвящена решению этой задачи. Поскольку результаты численных методов расчета температурных полей сильно зависят от задания граничных условий, то использование их результатов в проектных задачах требует верификации на простых, но адекватных аналитических моделях.

Цель аналитического расчета - оценка температуры в центре активного элемента. Объект исследования – алюмоиттриевый гранат (YAG) – активный элемент лазера маркирующего комплекса.

Допущения: рассматриваем одномерную задачу в цилиндрической системе координат; решаем осесимметричную задачу (рассматриваем четверть модели); тепловой контакт между контактирующими элементами считаем идеальным. Исходные данные: температура окружающей среды – $T_0=20^{\circ}\text{C}$; коэффициент конвективной теплоотдачи с учетом обдува вентиляторами – 17,5 Вт/м; термо-физические свойства материалов; критическая температура в накачиваемой области – $T_{кр}=200^{\circ}\text{C}$. Тепло, выделяющееся в активном элементе, передаётся через его боковую поверхность в медную рубашку, затем на корпус и, наконец, уходит в окружающую среду в результате конвективного теплообмена. Температура активного элемента в зоне накачки определена с помощью формулы:

$$T_{AЭ} = T_K + \frac{P_0}{4\pi\chi_{YAG}} \left(1 + 2\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)\right) + \frac{P_0}{2\pi\chi_{Cu}} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{P_0}{2\pi\chi_{Al}} \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right), \quad (1)$$

здесь T_K – допустимая температура поверхности корпуса лазера

(задается), P_0 – погонная мощность тепловыделения; $w = \frac{P_0}{\pi \cdot r_1^2}$

– объемная мощность тепловыделения, $\chi_{YAG, Cu, Al}$ – коэффициенты теплопроводности алюмоиттриевого граната, меди и алюминия, $r_{1,2}$ – радиус зоны накачки и активного элемента, $r_{3,4}$ – радиус медной рубашки и корпуса. Рассматривая зависимость (1) как непрерывную функцию температуры T аргумента r , получаем график, представленный на рис.2.

Оценка значения температуры в центре активного элемента, сделанная с помощью (1), при условии, что $T_K=40^{\circ}\text{C}$ дает величину не более 100°C . Это значительно ниже температуры распада возбужденного уровня иона Nd $T_{кр}=200^{\circ}\text{C}$.

Целью численного расчета является проверка достаточности площади охлаждения радиатора активного

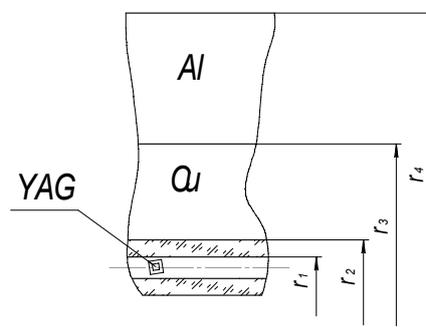


Рис. 1. Расчетная модель

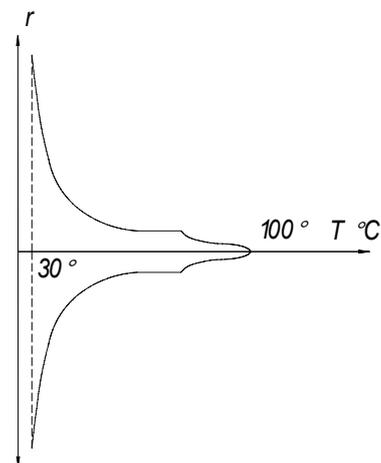


Рис. 2. Зависимость температуры от радиуса

элемента. Объект исследования – модель радиатора охлаждения.

Метод исследования – численный, в среде COSMOSWorks 6,0; интегрированного в систему пространственного модулирования SolidWorks. Тепловой расчет обеспечивает моделирование эффектов теплопередачи внутри деталей, сборок, а также между конструкцией и окружающей средой. Существует три механизма теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение. В рассматриваемой модели используются первые два:

- теплопроводность – передача энергии в пределах объема однородного тела или между контактирующими без зазоров телами;

- конвекция – передача энергии от поверхности тела в окружающую среду, жидкую или газообразную, за счет движения молекул газа или жидкости.

На первом этапе расчета вычерчена трехмерная модель радиатора, и нанесена сетка конечных элементов. На втором этапе расчетов заданы граничные условия: температура окружающей среды, тепловые характеристики компонентов, температура активного элемента, контактные граничные условия. Решалась осесимметричная задача, поэтому рассматривалась четверть объемной модели.

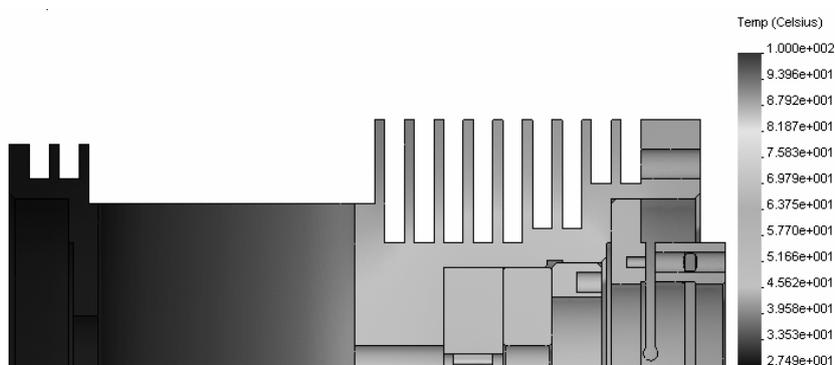


Рис. 3. Тепловое поле

На третьем этапе в итоге расчета получили тепловое поле, которое представлено на рис. 3. Из полученных данных видно, что имеющегося оребрения хватает для излучаемого тепла. Видно, что наибольший перепад температуры происходит в кристалле, что логично и объясняется его низкой теплопроводностью.

Температура активного элемента, так же как и в аналитическом расчете не превышает 100°C . Температура в области возможного контакта с человеком составляет 40°C , что вполне допустимо и не является травмоопасным.

Сравнение результатов двух методов расчета: аналитического и численного показало, что в численном методе граничные условия заданы правильно, и два метода расчета с высокой точностью сходятся.