

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Байнев Виталий Валерьевич, Байнева Ирина Ивановна  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»,  
Российская Федерация, г. Саранск,  
Тел.+79026666045; e-mail: [BaynevaII@rambler.ru](mailto:BaynevaII@rambler.ru)  
430005, г. Саранск, ул. Богдана Хмельницкого, д. 39

**Аннотация.** Разработано программное обеспечение для моделирования и исследования теплового режима световых приборов, базирующееся на решении уравнений теплового баланса.

**Ключевые слова:** световой прибор, моделирование, тепловой режим, надёжность, баланс, светотехнические характеристики, температура, источник света, поток, коэффициент, программа.

Режим рассеивания тепла, выделяемого источником, называется тепловым режимом светового прибора (СП). От него в значительной степени зависят надёжность и безопасность СП, их светотехнические и электротехнические характеристики. При несоответствии теплового режима СП и температурных характеристик комплектующих изделий и материалов резко сокращается срок службы приборов: из-за коротких замыканий и замыканий на корпус монтажных проводов (вследствие высыхания и выкрашивания их изоляции), припаивания цоколей ламп к контактам патронов, обгорания пластмассовых патронов, высыхания уплотняющих прокладок и потери необходимой герметизации приборов, сокращения срока службы ламп и ПРА и др.

Светотехнические характеристики СП также заметно зависят от температуры, т.к. при неправильно выбранных отражающих покрытиях их коэффициент отражения снижается при высокой температуре, покрытия желтеют, защитные плёнки теряют прозрачность, в результате чего не только уменьшается КПД, но и деформируется КСС.

Необходимо иметь в виду также, что тепловой режим является одним из важнейших факторов выбора начальных параметров оптических систем большинства СП, определяющих (в значительной степени) габаритные размеры и весовые характеристики приборов.

Всё это объясняет тот факт, что проблема теплового режима СП является одной из ведущих в разработке этих изделий.

Тепловыделение СП имеет большое значение также для теплового баланса освещаемых помещений и, следовательно, условий работы в них. Основная часть подводимой к источникам света электрической энергии непосредственно переходит в тепло в процессе получения и перераспределения света, а меньшая доля (излучаемая в виде световой энергии) переходит в тепло после поглощения её поверхностями помещений.

Для оценки и расчёта теплового режима СП исходными являются данные о температуре на лампах и зависимость их параметров от окружающей температуры, о балансе энергии источников света, оптических и теплотехнических характеристик материалов, применяемых в СП.

Тепловой режим СП определяется в основном теплонапряжённостью конструкции, характеризуемой удельной мощностью  $\bar{p}$  на единицу поверхности  $S$  [1]:

$$\bar{p} = \frac{P}{S},$$

где  $P$  – суммарная мощность источников света в СП;

$S$  – суммарная площадь его теплоотдающей оболочки (корпуса, отражателя, рассеивателя).

При проектировании СП с учетом теплового режима сначала проводится приближенный тепловой расчет СП, чтобы убедиться в правильности выбора его габаритных размеров, а в случае необходимости изменить эти размеры так, чтобы средняя температура СП не превышала допустимой. После светотехнического расчета делается поверочный тепловой расчет, в котором определяются максимальные значения температуры отдельных частей СП и распределение температуры по его поверхности [2].

В основу расчета положено решение уравнений теплового баланса. Например, для круглосимметричного закрытого СП (рис.1) используют следующую систему уравнений теплового баланса [2]:

для отражателя:

$$(\Phi_3 + \Phi_4)\nu_{l5} + P_3^k m_{35}^k = \chi_5(T_5 - T_0)A_5;$$

для защитного стекла:

$$(\Phi_3 + \Phi_4)\nu_{l6} + P_3^k m_{36}^k = \chi_6(T_6 - T_0)A_6;$$

для корпуса:

$$(\Phi_3 + \Phi_4)\nu_{l2} + P_3^k m_{32}^k + \Phi_1 + P_1^k = \chi_2(T_2 - T_0)A_2.$$

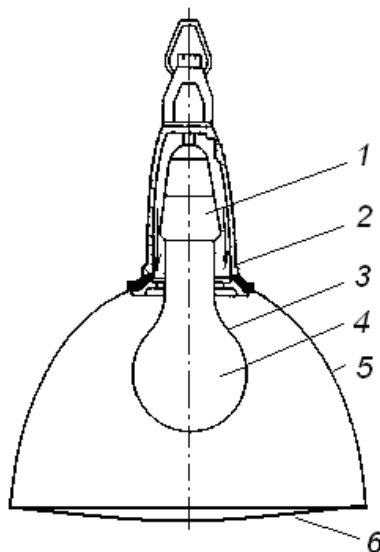


Рисунок 1 – Схема зеркального светильника с защитным стеклом:

1 – патрон; 2 – корпус; 3 – колба лампы; 4 – источник излучения; 5 – отражатель;  
6 – защитное стекло

При тепловых расчетах требуется определение составляющих теплового потока источников  $\Phi$  и  $P$ , коэффициентов использования лучистого и конвективно-кондуктивного тепловых потоков источника относительно элемента оболочки СП  $\nu$ , эффективных коэффициентов теплоотдачи с поверхности элементов СП  $\chi$ , их температуры  $T$ , свойств материалов и площади поверхности  $A$  и многое другое.

Так, на рисунках 2-4 представлены графические зависимости основных коэффициентов и показателей, участвующих в расчетах.

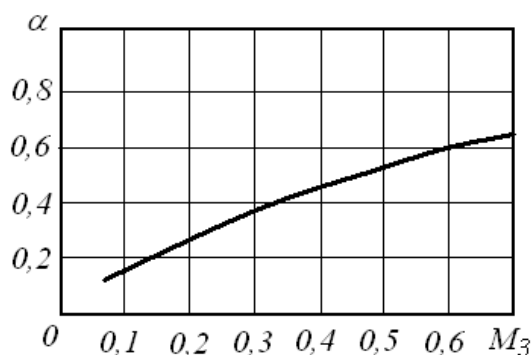


Рисунок 2 – Зависимость  $\alpha(M_3)$  для силикатных стекол

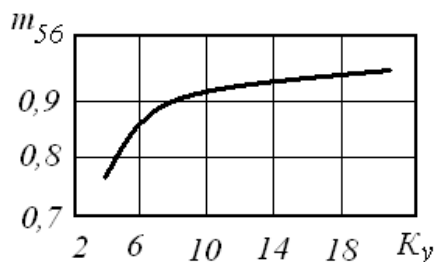


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента  $m_{56}(K_y)$

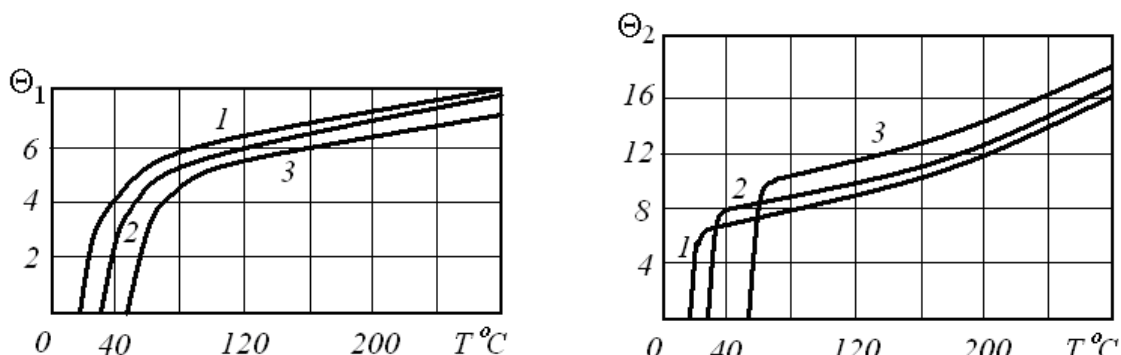


Рисунок 4 – Вспомогательные функции  $\Theta_1(T)$  и  $\Theta_2(T)$  для  $T_0$  в град:

1 – 20; 2 – 30; 3 – 50

Коэффициенты теплоотдачи  $\chi_j$  определяются по формуле:

$$\chi_j = \Theta_1 k + \varepsilon_j \Theta_2,$$

где коэффициент излучения  $\varepsilon$  элемента в зависимости от материала определяется из справочной литературы (базы данных).

Таким образом, при теплотехническом расчете СП требуется обработка большого количества разнообразных исходных данных, которые могут храниться в базах или библиотеках; приведенные выше уравнения решаются методом последовательных приближений; расчеты, как уже было отмечено, являются многовариантными и требуют внесения изменений в процессе проектирования. Все это позволяет заключить, что подобные исследования и их практическое применение должны развиваться в направлении создания прикладных программ для персонального компьютера.

В рамках этой проблемы была разработана компьютерная модель теплотехнического расчета СП. Интерфейс разработанной программы имеет вид, представленный на рисунке 5.

Исходными данными для моделирования являются:

- 1) тип светоперераспределяющего устройства: оптическое, диффузное, матированное;

- 2) поверхность отражателя: параболоидальная, эллипсоидальная, гиперболоидальная, цилиндрическая, параболоцилиндрическая, плоская;
- 3) тип источник света: ДРЛ, ЛОН, ЛЛ, ДНаТ;
- 4) параметры ИС: мощность, напряжение, световой поток;
- 5) материал отражателя;
- 6) материал защитного стекла;
- 7) габаритные размеры светового прибора и отражателя: высота и диаметр СП, высота отражателя, угол и диаметр горловины отражателя, защитный угол;
- 8) коэффициент усиления СП.

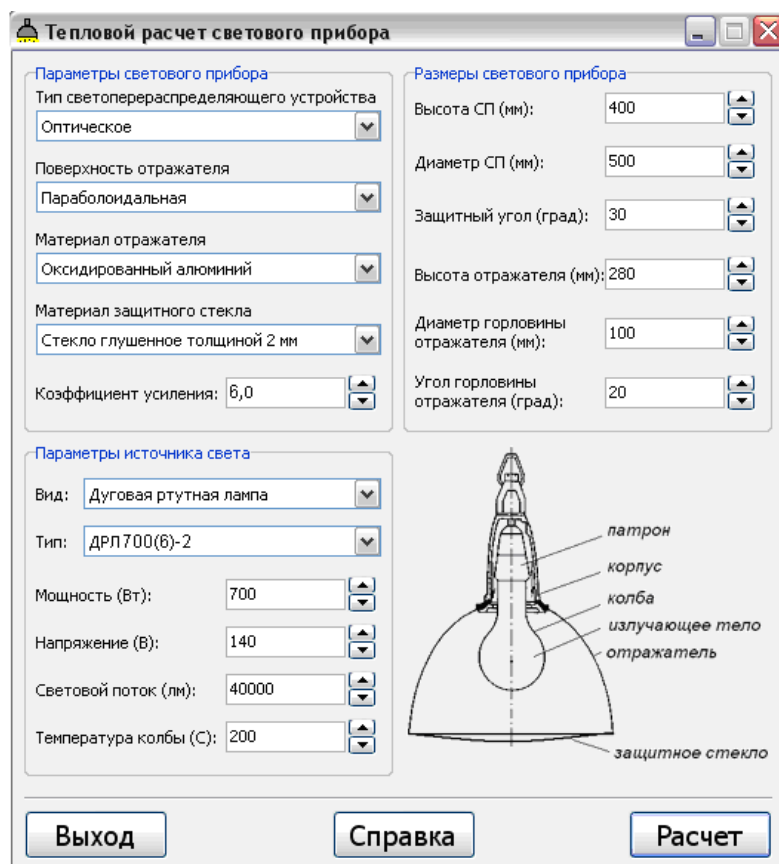


Рисунок 5 – Интерфейс программы «Тепловой расчет светового прибора»

При выборе поверхности и размеров отражателя, габаритных размеров светового прибора определяются площади поверхностей, участвующих в расчете: отражатель, защитное стекло (если оно есть), корпус, колба.

При выборе типа источника света и его параметров определяются составляющие теплового потока источников: лучистые и конвективно-индуктивные потоки.

При выборе типа светоперераспределяющего устройства, материала отражателя и материала защитного стекла из подключаемой библиотеки baseLE.dll определяются оптические коэффициенты материалов различных частей светильника (показатели отражения, пропускания и поглощения); осуществляется расчет коэффициентов использования лучистого и конвективно-кондуктивного тепловых потоков источника, эффективных коэффициентов теплоотдачи с поверхности элементов СП.

После выполнения всех необходимых вспомогательных расчетов методом последовательных приближений определяются эффективный коэффициент теплоотдачи и температура исследуемой части СП. Результатом выполнения расчета на данном этапе являются средние температуры поверхностей, участвующих в расчете.

В последующем планируется доработать программный пакет для определения максимальных температур элементов СП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 704 с.
2. Трембач В. В. Световые приборы. – М.: Высшая школа, 1990. – 463 с.

## SIMULATION OF LIGHTER THERMAL CONDITIONS

**Annotation.** The software for the modeling and research of the heat mode of the light instrument was developed. It is based on decision of the heat balance equation.

**Keywords:** light instrument, modeling, heat mode, reliability, balance, light technical features, temperature, source of the light, stream, factor, program

Авторы работы «Компьютерное моделирование теплового режима световых приборов»:

1) доцент кафедры светотехники светотехнического факультета, к.т.н., Байнева Ирина Ивановна, e-mail: [BaynevaII@rambler.ru](mailto:BaynevaII@rambler.ru); тел.раб.290661, сот.89026666045

2) студент 1 курса специальности АСОИиУ факультета электронной техники Байнев Виталий Валерьевич, e-mail: [bw14@mail.ru](mailto:bw14@mail.ru)