

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАСЧЕТА СВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗАДАННОЙ КСС

В. В. Афонин, И. В. Афонин

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева

Тел.: (8–342) 290–602, e-mail: [afoninvv@fet.mrsu.ru](mailto:afoninvv@fet.mrsu.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты работы по решению задачи расчета светодиодного модуля для заданной кривой силы света (КСС). Программное решение задачи выполнено в системе MATLAB. Разработан графический интерфейс пользователя, который в автоматизированном режиме рассчитывает габаритные размеры светового прибора и его КСС, определяет приведенную погрешность расчета КСС относительно заданной КСС. Он также позволяет изменять параметры светодиода, выбирать желаемую КСС светового прибора из базы данных, оформленной в виде текстовых файлов, устанавливать габариты светового прибора на основе сферической поверхности.

**Ключевые понятия:** светодиодный модуль, параметры светодиода, кривая силы света, световой поток, программный комплекс, приведенная погрешность.

По мнению специалистов в недалеком будущем световые приборы с лампами накаливания могут быть сняты с производства. На их место претендуют светильники на основе светодиодов. Номенклатура световых приборов на базе светодиодов в последнее время постоянно расширяется. В связи с этим возникают задачи улучшения световых характеристик светильников на основе светодиодов. Одной из задач является конструирование светового прибора по заданной КСС – кривой силы света. Эта задача не имеет однозначного решения и для ее решения требуется учитывать противоречивые требования. Она, конечно, не имеет законченного аналитического решения. Поэтому для решения подобной задачи следует использовать автоматизированные средства с привлечением компьютерной математики. Одной из лучших систем разработки инженерных приложений и математических расчетов является система MATLAB (Matrix Laboratory), на основе которой авторами была сделана попытка программного расчета светодиодного модуля.

В данной работе рассматриваются результаты разработки программного комплекса (графического интерфейса пользователя) для интерактивного использования разработчиками световых приборов на основе светодиодов. Этот комплекс позволяет с определенной степенью приближения синтезировать в интерактивном режиме светодиодные модули, которые обеспечивают желаемую кривую силу света. Кривая сила света – это графическое изображение рас-

пределения света в пространстве. Сила света в заданном направлении – это световой поток от источника, заключенный в малом телесном угле. Кривая силы света представляется как в декартовой, так и в полярной системе координат.

В светотехнике используются следующие типовые кривые силы света: «глубокая», «концентрированная», «косинусная», «равномерная», «синусная», «широкая», «полуширокая». В разработанном программном комплексе были использованы практически все перечисленные КСС. Конструктивно светодиодный модуль представляет полусферическую поверхность (или ее часть), на которой располагаются рядами – по зонам светодиоды. Причем поверхность разделена на сектора с целью обеспечения симметричности расположения светодиодов. Перечислим основные этапы программного решения задачи расчета светодиодного модуля:

- программный расчет максимально допустимого числа светодиодов по зонам, кратных числу секторов;
- приведение углов заданной КСС к максимальному углу сферической части модуля;
- определение максимального светового потока и номера зоны, в которой число светодиодов соответствует максимальной силе света заданной КСС;
- программный расчет количества светодиодов, соответствующих заданной КСС;
- приведение числа светодиодов, кратных числу секторов;
- программное формирование симметричной КСС светодиода;
- программный расчет искомой КСС светодиодного модуля.

Создание моделирующего алгоритма базируется на источниках [1 – 6]. Одна из первых задач программного расчета заключается в определении торoidalных зон, в которых располагаются светодиоды в количестве, кратном числу секторов. Пример распределения светодиодов по зонам показан на рис. 1.

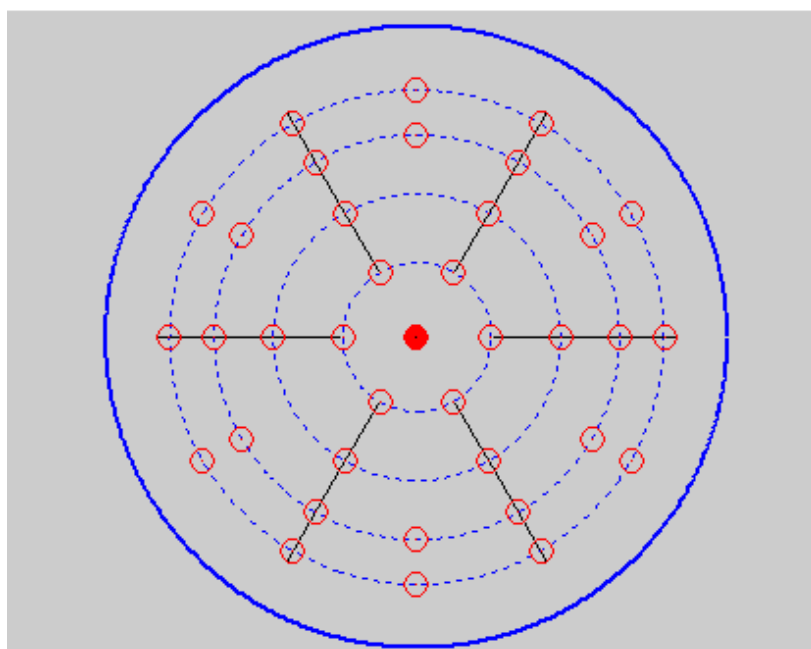


Рис. 1. Пример распределения светодиодов по зонам и секторам

Пример фронтального сечения светодиодного модуля показан на рис. 2.

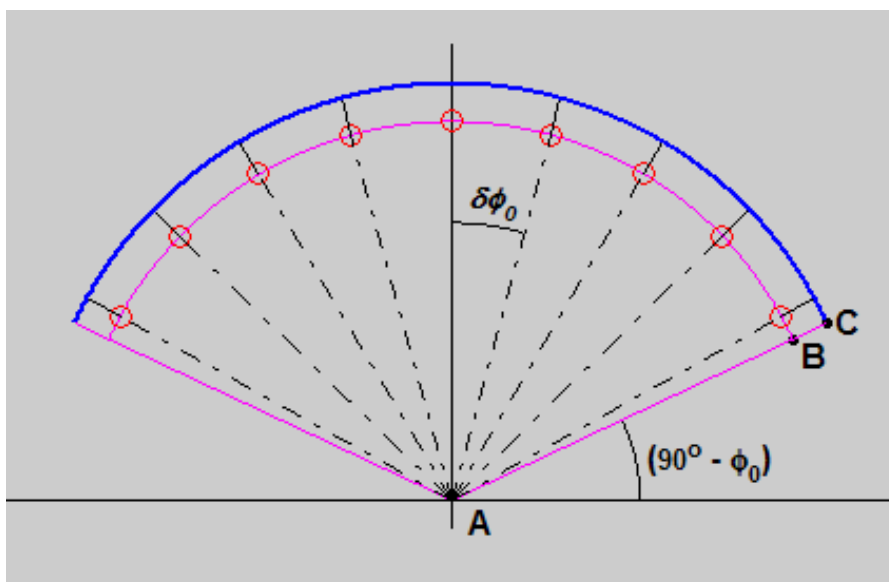


Рис. 2. Пример фронтального сечения светодиодного модуля

На рис. 2  $\phi_0$  – угол светодиодного модуля в градусах угловых, устанавливается до  $90^\circ$ ,  $\delta\phi_0$  – угол зон, **AC** – радиус  $R$  сферической части модуля, **AB** – внутренний радиус  $R_0$  сферической части модуля для установления светящейся части светодиодов. Разница **AC** – **AB** определяет собой габаритные размеры светодиода.

Каждая зона модуля вносит свой вклад в кривую силы света всего светового прибора – модуля. Каждый отдельно взятый светодиод имеет, как правило, концентрированную КСС. Необходимо предусмотреть программное сложение КСС всех светодиодов модуля, чтобы получить КСС модуля. Для этого заданную КСС светодиодов предлагается симметрично преобразовать относительно начала массива значений силы света. Получим симметричную КСС светодиода. В декартовой системе координат такая КСС будет четной функцией относительно своих аргументов – градусов угловых.

Далее необходимо произвести расчет переводных коэффициентов, связывающих количество светодиодов в зонах, телесные углы тороидной зоны и световой поток, создаваемый одной тороидной зоной. Для одного светодиода должен быть задан световой поток.

В качестве исходных данных, задаваемых пользователем, служат следующие параметры светодиодов и светодиодного модуля:

**R0** – внутренний радиус сферической части модуля, мм;

**m** – число секторов (натуральное число);

**f0** – угол модуля (градусы угловые);

**df0** – угол зон (градусы угловые);

**h1** – высота главной части светодиода, мм;

**h2** – размер основания светодиода, мм;

**d** – диаметр светодиода, мм;

**a0** – минимальное расстояние между светодиодами, мм.

В задачу расчета входит определение следующих значений:

**nmax0** – максимальное количество светодиодов в зонах модуля, кратных числу секторов;

**Rzonax0** – радиус зон, мм;

**Hzona0** – высота (ордината) зон модуля, мм;

**fzon** – пересчитанный угол зон, градусы угловые.

Расстояние между светодиодами определим как секущую, соединяющую две точки крепления светодиодов. Сделаем допущение: расстояние от центра модуля до центра секущей приближенно равно радиусу **R0**. Очевидно, что с уменьшением угла зон сделанное допущение становится все более точным. Тогда расстояние между светодиодами (**A\_B**) можно вычислить по формуле

$$\mathbf{A\_B} = 2 * \mathbf{R0} * \sin(\mathbf{df0} / 2) . \quad (1)$$

Если  $\mathbf{A\_B} > (\mathbf{d} + \mathbf{a0})$ , то расчет заканчивается, иначе потребуется увеличение аргумента функции синуса – угла зон ( $\mathbf{df0} / 2 - \mathbf{fzon}$ ) в формуле (1).

Если условие  $\mathbf{A\_B} > (\mathbf{d} + \mathbf{a0})$  не выполняется, то это будет означать, что для данного угла модуля и угла зон слишком мал радиус модуля **R0**.

Радиус **Rzonax0** и длину окружности **Lcp0** одной зоны вычислим по формулам

$$\mathbf{Rzonax0} = \mathbf{R0} * \sin(\mathbf{fzon} * \mathbf{ka}) ; \quad (2)$$

$$\mathbf{Lcp0} = 2 * \pi * \mathbf{Rzonax0} . \quad (3)$$

Ординату зоны относительно центра модуля вычислим по формуле

$$\mathbf{Hzona0} = \mathbf{R0} * \cos(\mathbf{fzon} * \mathbf{ka}) . \quad (4)$$

С учетом нескольких зональных углов можно программно сформировать массив значений, вычисляемых по формулам (2), (3), (4).

Применим формулу Гюйгенса для расчета длины дуги *pn* между двумя смежными светодиодами:

$$\begin{aligned} L &= d + a0; \\ AM &= \sqrt{(d/4)^2 + (L/2)^2} ; \\ pn &= 2 * AM + 1/3 * (2 * AM - L); \end{aligned}$$

Если обозначить дугу как *AMB*, то *AM* – это хорда, соединяющая край дуги с ее центром. *L* – это расстояние от центра дуги до хорды *AB*, соединяющая края дуги. Величина *AM* определяется по теореме Пифагора.

Теперь можно рассчитать максимально допустимое число светодиодов **nmax0** в каждой зоне модуля по следующей программе (системы MATLAB):

```

k = 0;
for J = 1 : length(Rzonax0)
    k = k + 1;
    nma(k,1) = fix(Lcp0(J)/(pn));
    if nma(k) > m & mod(nma(k),m)
        nmax0(k,1) = nma(k) - mod(nma(k),m);
    elseif nma(k) < m & mod(nma(k),m)
        nmax0(k,1) = m;
    else
        nmax0(k,1) = nma(k);
    end
end
end

```

В программе использована встроенная функция **mod** для определения остатка от деления – от деления числа светодиодов в зоне на число секторов **m**, а также функция округления в меньшую сторону **fix**.

Приведенные расчеты оформлены в виде пользовательской функции.

Для расчета количества светодиодов в зонах модуля, кратных числу секторов и пропорциональных задаваемой КСС модуля используются следующие данные:

**a\_a2** – массив углов в градусах угловых;

**F2** – заданная КСС светодиодного модуля;

**nmax0** – массив допустимого числа светодиодов по зонам;

**m** – количество секторов;

**df0** – угол зон в градусах угловых;

**f0** – угол модуля в градусах угловых.

В результате расчетов должны быть получены следующие значения:

**n\_new2** – массив светодиодов, приведенных к кратному числу секторов **m**;

**n\_new3** – расчетное количество светодиодов;

**n\_max** – число светодиодов в зоне, где КСС модуля имеет максимум;

**FLOW\_max** – максимальный световой поток;

**wj** – массив телесных углов.

Проведем интерполяцию заданной КСС модуля, приведенной к заданному углу модуля. Для этого используем встроенную в систему MATLAB функцию **interp1**, затем определим массив углов **fii** между светодиодами каждой зоны и массив телесных углов **wj** для каждой зоны модуля:

```

a_af = [0 : df0 : f0]'; % ' - операция транспонирования
Fsid2 = interp1(a_a2, F2, a_af, 'spline');
Ff = abs(Fsid2); % abs() - взятие абсолютного значения
fii = [df0/2:df0:f0+df0/2]'*ka;
wj = [2*pi*( cos(fii(1:end-1)) - cos(fii(2:end)) )] ;

```

Определим номер **kmax** зоны, в которой число светодиодов соответствует максимальной силе света и количество светодиодов **n\_max** в зоне, где заданная КСС модуля имеет максимум:

```

zonaN = length(nmax0); % размер одномерного массива
kmax = find(Ff(1:zonaN) == max(Ff(1:zonaN)));
a_a2 = a_af(1:zonaN);
a_max = a_a2(kmax);
n_max = nmax0(kmax(1));

```

Определим телесный угол **w\_max**, в котором КСС модуля имеет максимум, силу света **Io\_max** для зоны с максимальным значением заданной КСС и максимальный световой поток **FLOW\_max**:

```

if wj(kmax(1)) %% если не равно нулю
w_max = wj(kmax(1));
else
w_max = wj(kmax(1)+1);
end
Io_max = Ff(kmax(1)+1); FLOW_max = Io_max*w_max;

```

Рассчитаем число светодиодов **n\_new3**, которые должны обеспечить КСС, соответствующей заданной:

```

Fi = Ff(2:zonaN+1);
if FLOW_max %%% если не нуль
    if length(Fi) < length(wj)
        n_new3 = fix(Fi.*wj(1:length(Fi))*n_max/FLOW_max);
    else
        n_new3 = fix(Fi(1:length(wj)).*wj*n_max/FLOW_max);
    end

```

Распределение **n\_new3** используется в дальнейшем для сравнения.

Выполним приведение числа светодиодов **n\_new2** в зонах, кратных числу секторов, с проверкой не превышения максимально допустимого числа светодиодов в каждой зоне. Для этого разработана следующая программа:

```

for J = 1 : length(n_new3)
    if n_new3(J) < nmax0(J)
        k = ceil(n_new3(J)/m); %ceil - округление в большую сторону
        r = k + 1;
        if (n_new3(J) < m)
n_new4(J,1) = m;
        else
            if (mod(n_new3(J), m) == 0)
n_new4(J,1) = n_new3(J);
            elseif (abs(n_new3(J) - k*m) < abs(n_new3(J) - r*m))
n_new4(J,1) = k*m;
            else
n_new4(J,1) = r*m;
            end
        end
    else
        n_new4(J,1) = nmax0(J);
    end
end
for J = 1 : length(n_new4)
    if n_new4(J) < nmax0(J)

```

```

n_new2(J,1) = n_new4(J);
    else
n_new2(J,1) = nmax0(J);
    end
end

```

Приведенные расчеты оформлены в виде пользовательской функции.

На заключительном этапе синтеза КСС светодиодного модуля используются следующие данные:

**n** – число зон модуля;

**df0** – угол зон;

**n\_new5** – приведенное число светодиодов в зонах модуля;

**n\_max** – число светодиодов в зоне с максимальной КСС модуля;

**wj** – массив телесных углов зон модуля;

**fsid** – световой поток одного светодиода;

**FLOW\_max** – максимальный световой поток;

**FLOW\_new** – массив светового потока зон модуля;

**Fa, a\_a** – заданная КСС модуля (массивы действительных чисел);

**Fsd, asd** – КСС светодиода (массивы действительных чисел);

**F3** – симметричная КСС светодиода.

Сначала определяется сила света **Fsid1** светодиода в зоне, где КСС модуля имеет максимум. Для этого используется следующий программный код:

```

if n_max & FLOW_max      % условие неравенства нулю
Fsid1 = fsid*FLOW_max/n_max;
else
Fsid1 = fsid; % для исключительного случая
end

```

Следующий шаг расчета заключается в определении светового потока **FLOW\_new** для каждой зоны модуля и определение светового потока **AN**, приходящийся на единицу телесного угла каждой зоны:

```

if mean(Fsid1) % если не равно нулю
FLOW_new = mean(Fsid1)*n_new5;
else
FLOW_new = fsid * n_new5; % для исключительного случая
end

for J = 1 : length(FLOW_new)
% условие не превышения размерности wj,
% отличия от нуля wj и от бесконечности
    if J <= length(wj) & wj(J) & wj(J) ~= inf
AN(J,1) = FLOW_new(J)/wj(J);
    elseif J <= length(wj) & mean(wj) & mean(wj) ~= inf
AN(J,1) = FLOW_new(J)/mean(wj);
    end
end

% выбор значений AN, отличных от нуля
an0 = find(AN == 0);

```

```

an2 = find(AN);
if ~isempty(an0)
AN(an0) = AN(an2(1));
end

```

Вычислим массив значений **AP**, равный отношению максимума силы света светодиода к **AN**: и осуществим интерполяцию КСС светодиода для шага угловых значений, равных 0.5 градусов угловых:

```

AP = max(Fsd)./AN; % точка(.) для поэлементного деления
mn0 = 0;
for J = 1 : length(Fsd)
    if Fsd(J) > 0 % выделение положительных значений
        mn0 = mn0 + 1;
Fsd22(mn0,1) = Fsd(J);
asd22(mn0,1) = asd(J);
    else
        break;
    end
end
end
st05 = 0.5; % шаг угла в градусах для интерполяции
asd2 = asd22(1) : st05 : asd22(end);
Fsd2 = interp1(asd22, Fsd22, asd2,'spline');
F3 = хух(Fsd2); % Симметричная КСС светодиода

```

Симметричную КСС светодиода **F3** определяем с помощью разработанной функции **хух()**, которая имеет следующий программный код:

```

function f = хух(P);
% определение размерности аргумента функции
[mn,mv] = size(P);
% Приведение к вектору-столбцу
if mn == 1 | mv == 1
    if mn < mv
        M = P';
    else
        M = P;
    end
else
    fprintf('\Ошибка! Массив не может быть матрицей.\n ');
    return
end
% Приведение к симметричному виду для 1-го элемента массива
tem0 = zeros(2*length(M)-1,1);
for J = 1 : length(tem0)
    if J <= length(M)
        tem0(J,1) = M(end-(J-1));
    else
        tem0(J,1) = M(J-(end-1));
    end
end
end
% возвращаемый массив

```



```
f = tem0;
```

Для дальнейшего использования определяем центр массива **n3** для **F3** и формируем двумерный массив **tab** действительных значений с выделением для него памяти и заполнением массива:

```
n3 = round((length(F3)+1)/2);
% n - число зон
if n > 1
shif = n - 1; % общее количество сдвигов
nep = [asd2(end) + 1 : 0.5 : asd2(end) + shif*df0];
ntab = [asd2,nep, nep(end) + 0.5]';
else
shif = 1; % общее количество сдвигов
nep = [asd2(end) + 1 : 0.5 : asd2(end) + shif*df0];
ntab = [asd2,nep, nep(end) + 0.5]';
end
% 1 столбец - градусы угловые
% 2 столбец - 1-й расчетный столбец для искомой КСС модуля
% 3 столбец - 2-й расчетный столбец для искомой КСС модуля
% 4, ... n-2 столбцы - расчетные столбцы для искомой КСС модуля
% Последний столбец (n+3) - искомая КСС светодиодного модуля
tab = zeros(length(ntab), n + 3); % заполнение нулями
% 1-й столбец таблицы tab, градусы угловые
for J = 1 : size(tab,1) % по строкам таблицы
tab(J,1) = (J-1)*0.5;
end
% 2-й и 3-й столбцы - нулевая и первая зоны
kFmax = find(Fa == max(Fa));
kAP = find(AP ~= inf);
AP2 = AP(kAP);
if kFmax(1) > 1
if AP(1) & AP(1) ~= inf
tab(1:length(F3), 2) = (1/m)*F3/AP(1);
tab(1:length(F3), 3) = (1/m)*F3/AP(1);
else
tab(1:length(F3), 2) = (1/m)*F3/mean(AP2);
tab(1:length(F3), 3) = (1/m)*F3/mean(AP2);
end
else %% kFmax(1) == 1
if AP(1) & AP(1) ~= inf
tab(1:length(F3), 2) = F3/AP(1);
tab(1:length(F3), 3) = (1/m)*F3/AP(1);
else
tab(1:length(F3), 2) = F3/mean(AP2);
tab(1:length(F3), 3) = (1/m)*F3/mean(AP2);
end
end
end
% С 4-го столбца таблица заполняется с условием
% расположения максимума КСС модуля - Kfmax:
in_fin = find(n_new5 == 0);
ne_inf = find(n_new5);
```

```

zonz2 = mod(df0, 0.5);
if zonz2
dzona = df0 - zonz2;
else
dzona = df0;
end

nzon = 0:0.5:dzona;
sh = length(nzon);
if kFmax(1) > 1
for J = 1 : length(AP)
    if J <= length(n_new5)
        if n_new5(J) & AP(J) & AP(J) ~= inf
if J == 1
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 0.45*F3/AP(J);
sh = sh + round(df0/0.5);
elseif J == kFmax(1)-1
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 1.6*F3/AP(J);
sh = sh + round(df0/0.5);
else
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 1.2*F3/AP(J);
sh = sh + round(df0/0.5);
end
elseif ~n_new5(J)
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 0*F3;
sh = sh + round(df0/0.5);
elseif n_new5(J) & ~AP(J) & mean(AP2)
if J == 1
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 0.45*F3/mean(AP2);
sh = sh + round(df0/0.5);
elseif J == kFmax(1) - 1
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 1.6*F3/mean(AP2);
sh = sh + round(df0/0.5);
else
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 1.2*F3/mean(AP2);
sh = sh + round(df0/0.5);
end
end
end
end

else %% когда if kFmax(1) == 1
for J = 1 : length(AP)
    if J <= length(n_new5)
        if n_new5(J) & AP(J) & AP(J) ~= inf
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = F3/AP(J);
sh = sh + round(df0/0.5);

elseif ~n_new5(J)
tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = 0*F3;
sh = sh + round(df0/0.5);

elseif n_new5(J) & ~AP(J) & mean(AP2)

```

```

tab(sh:length(F3)+sh-1,J+3) = F3/mean(AP2);
sh = sh + round(df0/0.5);
end
end
end
end

```

Осуществим преобразование последнего столбца таблицы с учетом формы заданной КСС модуля – расположения максимума, и определим расчетную КСС модуля:

```

n33 = length(AP);
P22 = sum(tab(n3:end, 2:end-1),2);
tab(n3:end, end) = P22;
if AP(J) & AP(J) ~= inf & AP(J) ~= NaN & isreal(AP(J))
    if kFmax(1) > 1
P33 = P22(n3:n3+n33-1, end);
Else %%% когда kFmax(1) == 1
for J = 1 : length(AP)
rax = (length(AP) - length(F3(n3:end)));
if rax > 0
P33 = P22(n3:n3+length(F3(n3:n3+length(AP)-rax-1, 1)) - 1, end)+
F3(n3:n3+length(AP)-rax-1, 1)/AP(J); %./(AP(J));
else
P33 = P22(n3:n3+length(F3(n3:n3+length(AP)-1, 1)) - 1, end)+
F3(n3:n3+length(AP)-1, 1)/AP(J); %./(AP(J));
end
end
end
else
if kFmax(1) > 1
P33 = P22(n3:n3+n33-1, end);
else
rax = (length(AP) - length(F3(n3:end)));
if rax > 0
P33 = P22(n3:n3+length(F3(n3:n3+length(AP)-rax-1, 1)) - 1, end)+
F3(n3:n3+length(AP)-rax-1, 1)/mean(AP2);
else
P33 = P22(n3:n3+length(F3(n3:n3+length(AP)-1, 1)) - 1, end)+
F3(n3:n3+length(AP)-1, 1)/mean(AP2);
end
end
end
end
tab(n3:n3+length(P33)-1, end) = P33;
clear global P % очистка памяти от глобальной переменной P
global P % объявление глобальной переменной – расчетной КСС
P3 = tab(n3 : end, end);
k = 0;
for J = 1 : length(P3)
    if P3(J) > 1e-6 %% выбор положительных значений
        k = k + 1;
        P(k, 1) = P3(J);
    else
        break;
    end
end

```

```

end
end
%% Массив углов расчетной КСС
clear global aP % очистка памяти от глобальной переменной aP
global aP % объявление глобальной переменной – углы расчетной КСС
aP = [0:0.5:0.5*length(P)-0.5]';

```

Синтезированную КСС светодиодного модуля можно сохранить в текстовом файле, использовать для построения диаграмм – в декартовой и полярной системах координат, использовать для оценки погрешности по отношению к заданной КСС модуля.

В программном комплексе предусмотрена опция интерактивного изменения расчетного количества светодиодов. Это изменение производится на основе рассмотренных алгоритмов и программ с учетом проверки допустимого количества светодиодов по зонам, кратных числу секторов. Имеются механизмы защиты на случай неправильного ввода данных.

Разработанный интерфейс пользователя для скорректированного расчета концентрированной КСС модуля показан на рис. 3.

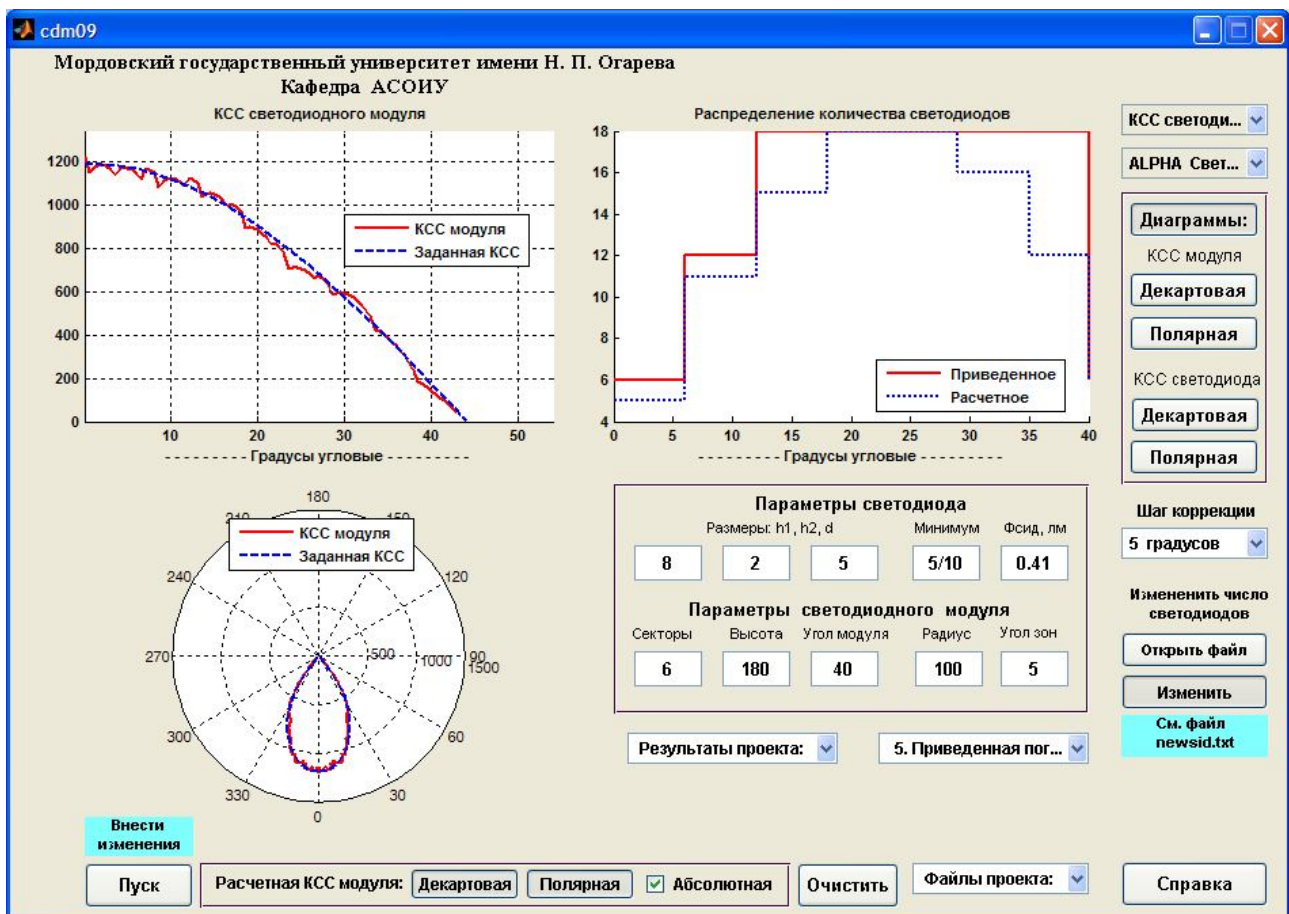


Рис. 3. Интерфейс программного комплекса

На рис. 3 в полях параметров светодиода и светодиодного модуля использованы значения по умолчанию. Но их можно изменять. Расчетное число светодиодов по зонам можно также изменять. На форме рис. 3 для этого имеются кнопки «Открыть файл» и «Изменить». При нажатии кнопки «Изменить» высвечиваются надписи: «См. файл newsid.txt», «Внести изменения». Данные о

выполненном расчете записываются в текстовый файл size.txt. Рассмотрим содержимое этого файла для приведенного примера:

Параметры светодиода:

Длина главной части  $h1 = 8$ , мм

Высота основания  $h2 = 2$ , мм

Диаметр  $d = 5$ , мм

Минимальное расстояние между светодиодами  $a0 = 0.5$ , мм

Поток 1-го светодиода  $fsid = 0.41$ , лм

ГАБАРИТЫ СВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ:

Внешний радиус модуля: 110, мм

Внутренний радиус модуля: 100, мм

Угол полусферы модуля: 40, градусы угловые

Угол светодиодной зоны на поверхности модуля: 5, градусы угл.

Число секторов модуля: 6

Число зон на поверхности модуля: 8

Число светодиодов на поверхности модуля: 115

Распределение светодиодов по зонам:

|    |    |
|----|----|
| 0) | 1  |
| 1) | 6  |
| 2) | 12 |
| 3) | 18 |
| 4) | 18 |
| 5) | 18 |
| 6) | 18 |
| 7) | 18 |
| 8) | 6  |

Для данного расчета диаграмма приведенной погрешности декартовой системы координат показана на рис. 4.

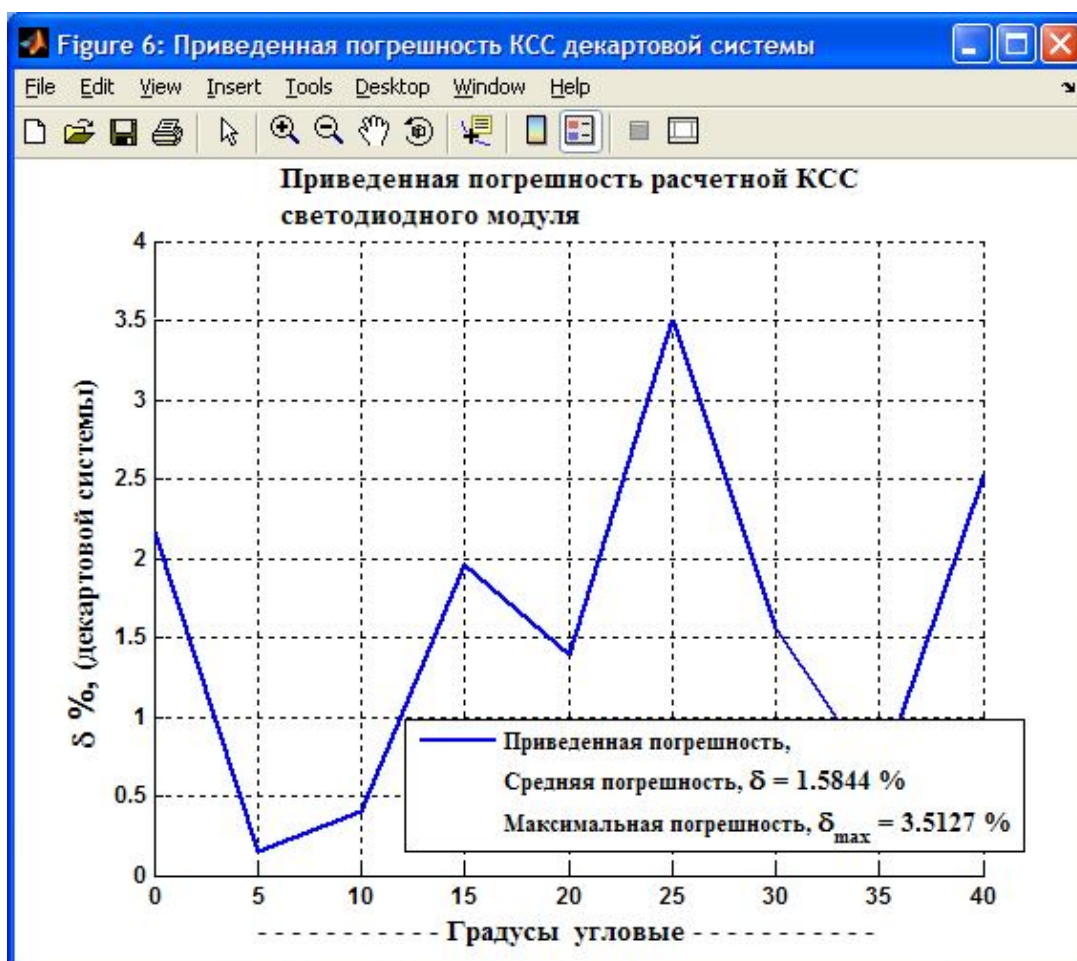


Рис. 4. Диаграмма приведенной погрешности расчета КСС модуля

Как видно из рис. 4, даже максимальная погрешность не превышает 4%, что является вполне приемлемым результатом для инженерных расчетов. Правда, надо признать, что эти погрешности являются оценочными.

На рис. 5. показана диаграмма приведенной погрешность полярной системы координат.



Рис. 5. Диаграмма приведенной погрешности полярной системы

В диаграмме приведенной погрешности рис. 5. видно, что средняя и максимальная погрешности несколько меньше соответствующих погрешностей для декартовой системы (см. рис.4).

В программном комплексе предусмотрен просмотр следующих диаграмм проекта: профиль модуля, расчетная КСС модуля (в декартовой и полярной системах координат), распределение светодиодов по зонам, трехмерная модель модуля, приведенная погрешность КСС декартовой системы, приведенная погрешность КСС полярной системы, относительная погрешность КСС декартовой системы, относительная погрешность КСС полярной системы, распределение светодиодов по углам модуля, заданная декартовая КСС модуля, заданная полярная КСС модуля, заданная декартовая КСС светодиода, заданная полярная КСС светодиода.

С помощью разработанного комплекса можно, оказалось, синтезировать светодиодный модуль для синусоидальной КСС, которая достаточно сложна

для реализации. На рис. 6 и на рис.7 показаны соответственно синтезированные КСС в декартовой и полярной системах координат.

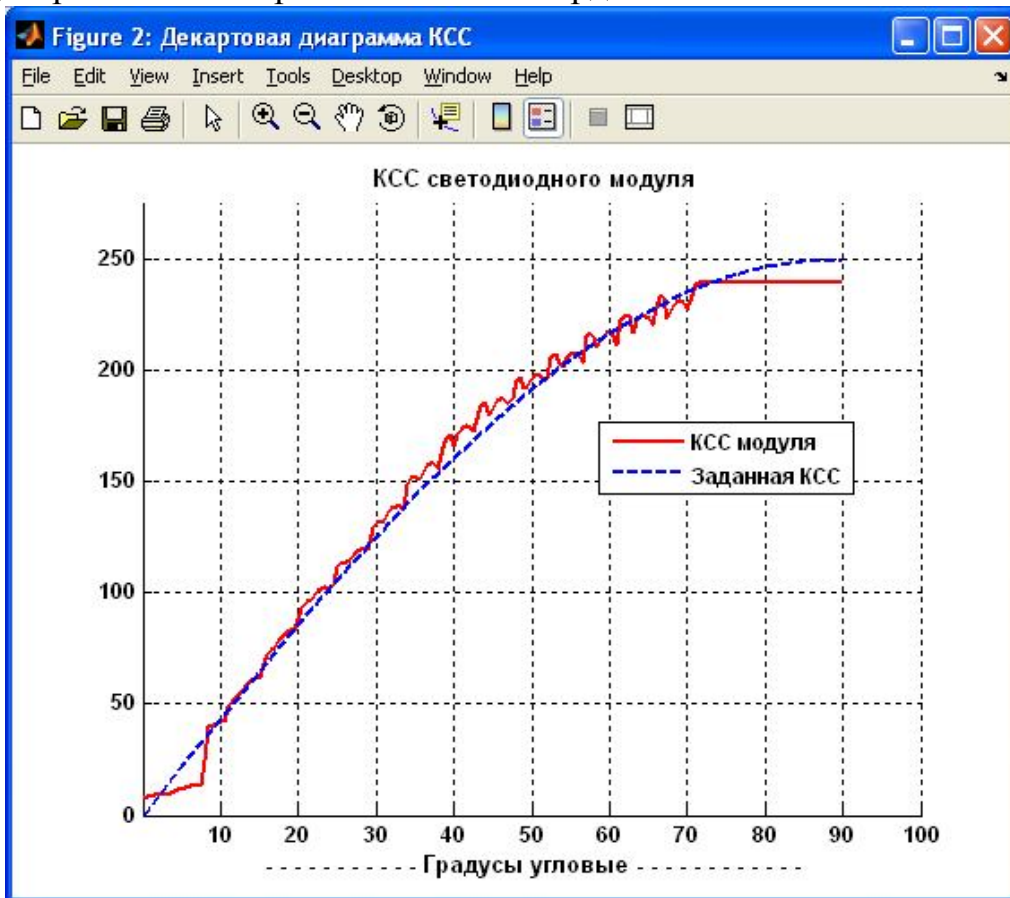


Рис. 6. Диаграмма расчетной КСС в декартовой системе координат

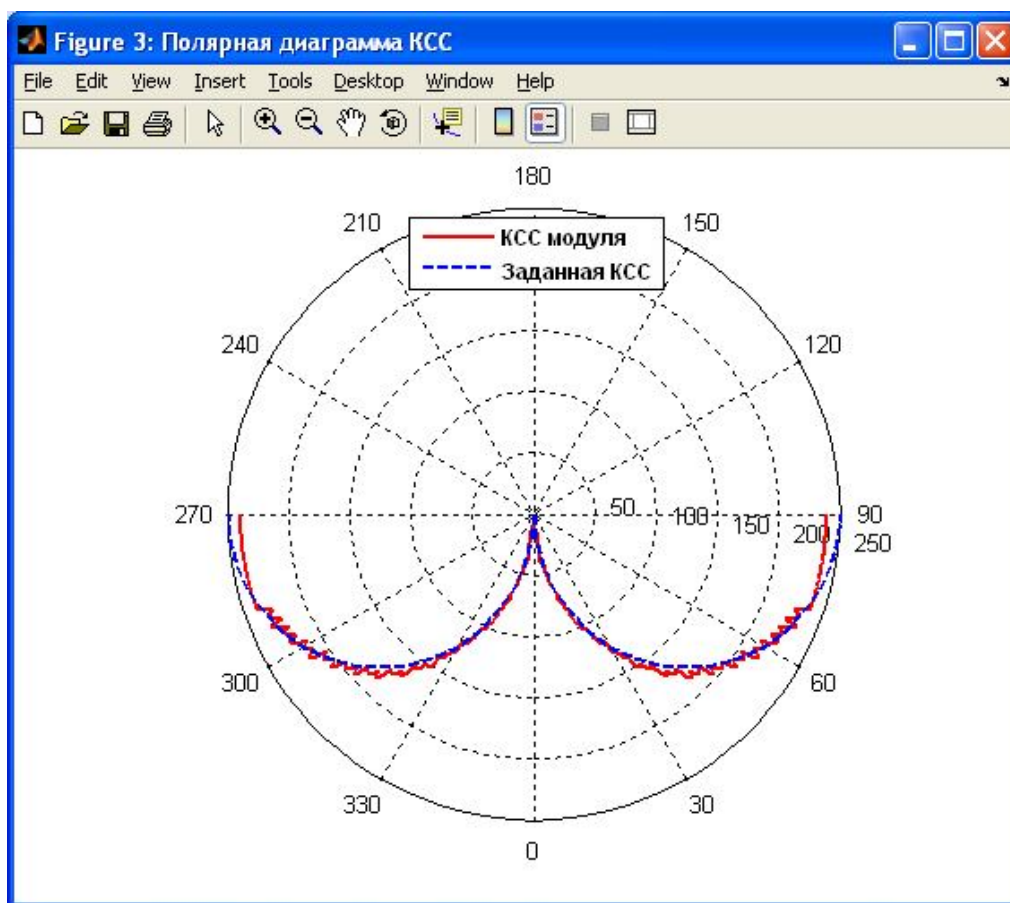


Рис.7. Диаграмма расчетной КСС в полярной системе координат

В целом разработанный программный комплекс позволяет в определенной степени производить автоматизированный расчет светодиодного модуля сферической конструкции для заданной КСС.

### Список использованной литературы

1. Афонин В. В. Синтез профиля отражателя осветительного прибора по задаваемой кривой силы света в ядре системы MATLAB / В. В. Афонин, О. Ю. Коваленко, О. А. Захаржевский // Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB: Тр. III Всероссийск. научн. конф. – СПб., 2007. – С.65-74.
2. Коваленко О. Ю. Моделирование светодиодного модуля по заданной кривой силы света / О. Ю. Коваленко, О. А. Захаржевский, В. В. Афонин // Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM: сб. статей II Междунар. научно-практич. конф. – Пенза : АНОО «Приволжский Дом знаний», 2008. – С.30-33.
3. Коваленко О. Ю. К проблеме синтеза светодиодного модуля / О. Ю. Коваленко, О. А. Захаржевский, В. В. Афонин // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-технич. конф. 23-24 окт. 2008 г. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С.38-41.



4. Коваленко О. Ю. Расчет модуля с ультрафиолетизлучающими диодами / О. Ю. Коваленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С.24-25.
5. Коваленко, О. Ю. Методика проектирования полусферического светодиодного модуля / О. Ю. Коваленко, О. В. Пивкин, С. А. Панфилов // Информация, сигналы, системы: вопросы методологии, анализа и синтеза: матер. междунар. научн. конф.– Ч.5. – Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – С. 20-23.
6. Куш О. К. Оптический расчет световых и облучательных приборов на ЭВМ / О. К. Куш. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 152 с. – (Б-ка светотехника; Вып. 22).

### **Сведения об авторах**

Афонин Виктор Васильевич, канд. тех. наук., доцент кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления», тел.: (8–342) 290–602, e-mail: [afoninvv@fet.mrsu.ru](mailto:afoninvv@fet.mrsu.ru)

Афонин Игорь Викторович, студент 5 курса факультета электронной техники, специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления».