

Крымский федеральный университет  
имени В.И. Вернадского  
Физико-технический институт  
Кафедра Энергоснабжения и физики

e-mail: [napks\\_eif@mail.ru](mailto:napks_eif@mail.ru)

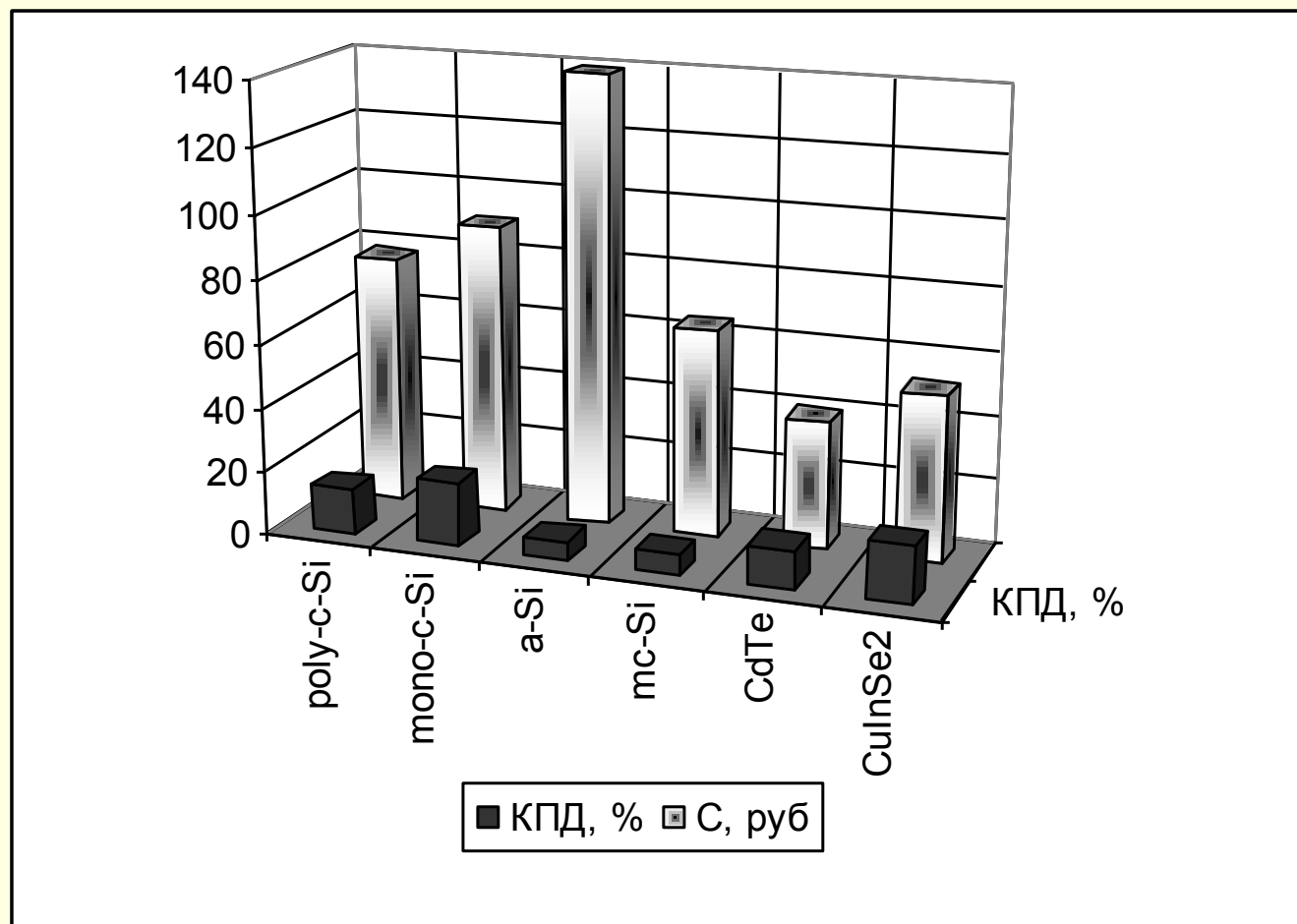
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕНТРАТОРОВ  
СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
УСТАНОВОК**

# Использование солнечного излучения для получения электрической и тепловой энергии

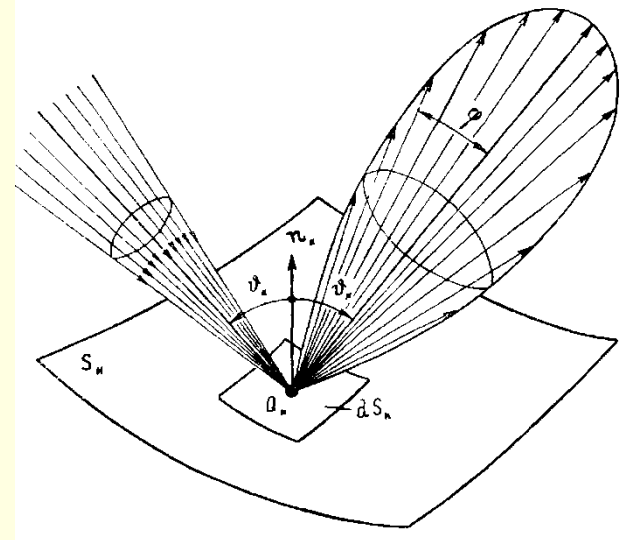
---



# Стоимость 1 Вт энергии и КПД для солнечных батарей из различных материалов



# Концентраторы солнечного излучения



**Коэффициент концентрации:**

$$K = \frac{A_a}{A_r}$$

$A_a$  – апертура концентратора;  
 $A_r$  – площадь поверхности приемника.

# Концентрирующие системы классифицируются:

---

- 1). По уровню повышения плотности излучения или степени его концентрации системы – слабоконцентрирующие ( $K_c < 100$ ) и сильноконцентрирующие ( $K_c \geq 100$ ).
- 2). По характеру взаимодействия излучения с оптическими элементами концентрирующих систем – отражающие (зеркальные) и преломляющие (линзовые) системы.
- 3). По воздействию на спектральные характеристики сконцентрированного излучения – селективные и неселективные системы.
- 4). По числу оптических элементов, последовательно участвующих в процессе концентрирования излучения – одно- и многоэлементные системы.
- 5). По схеме слежения за солнцем – азимутально-зенитальная система, экваториальная, без слежения.
- 6). По способу отвода тепла – с воздушно-конвективным и жидкостным отводом тепла.
- 7). По способу слежения за солнцем – со следящим отражателем, со следящим приемником.

# Цель работы

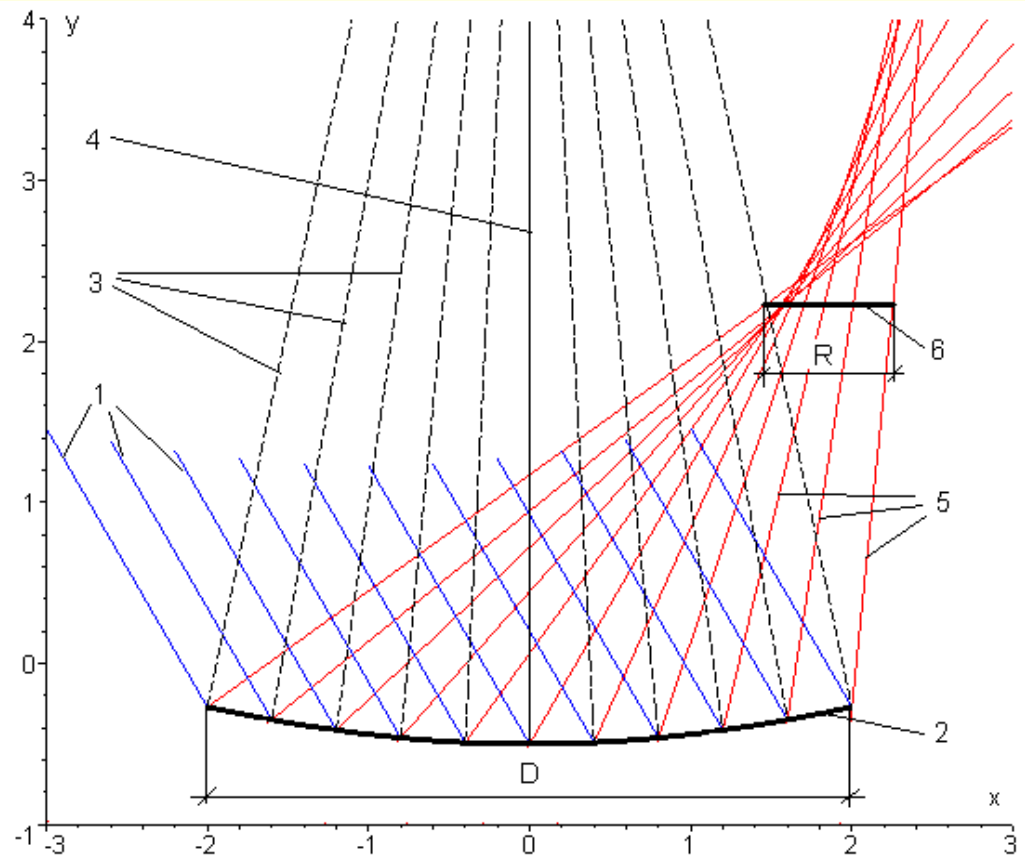
---

- Целью данной работы является математическое описание положения приемника в пространстве при неподвижном отражателе.
- Задачей является обеспечение такого расположения приемника, при котором на него попадут все отраженные лучи.

# Параболоцилиндрический отражатель

- 1 – падающие солнечные лучи;
- 2 – параболоцилиндрический отражатель;
- 3 – нормали к поверхности отражателя;
- 4 – оптическая ось;
- 5 – отраженные лучи;
- 6 – приемник солнечного излучения

$$\alpha = 30^{\circ}$$



# Параболоцилиндрический отражатель

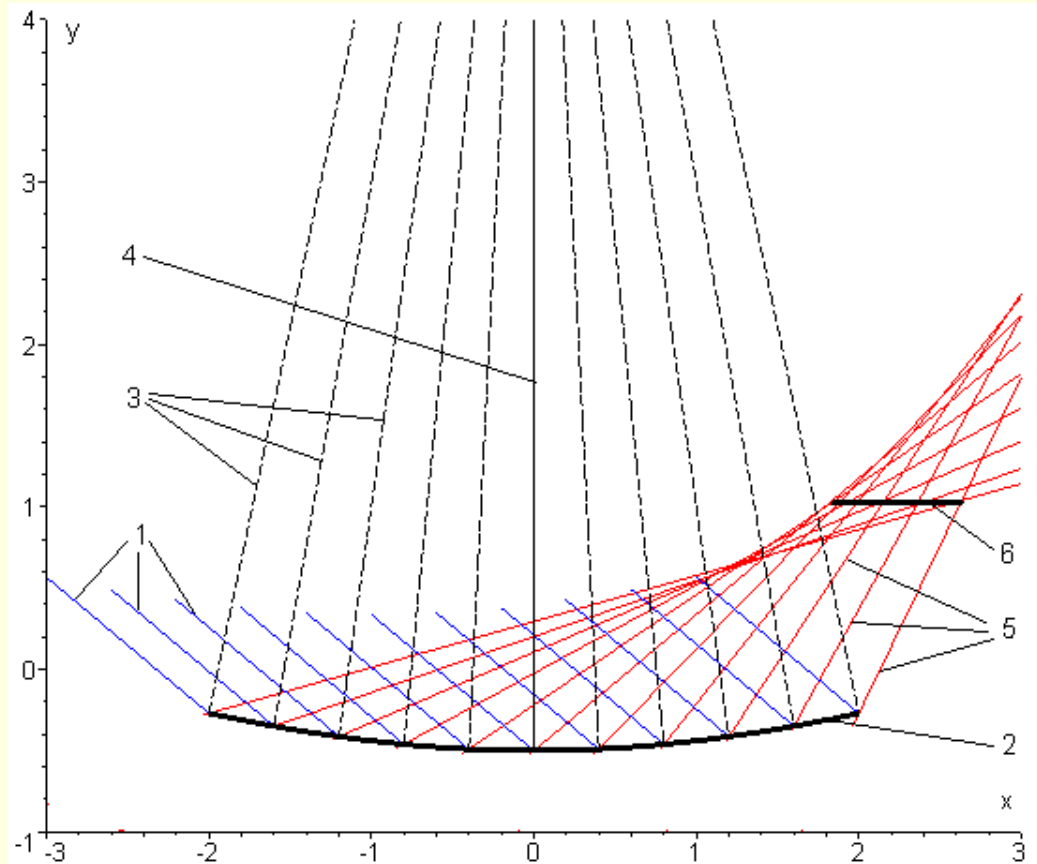
$$\alpha = 50^\circ$$

```
> x0:=-2; x1:=-1.6;  
x2:=-1.2; x3:=-0.8;  
x4:=-0.4; x5:=0;  
x6:=0.4; x7:=0.8;  
x8:=1.2; x9:=1.6;  
x10:=2;
```

```
> yotr0:=tan(Pi/2-  
2*k0*Pi/180-i0)*xn+zp0-  
x0*tan(Pi/2-2*k0*Pi/180-  
i0),tan(Pi/2-2*k1*Pi/180-  
i0)*xn+zp1-x1*tan(Pi/2-  
2*k1*Pi/180-i0)
```

D=4 м

R=0,8 м





# Уравнение отраженных лучей для второй и первой координатной четверти:

$$\begin{aligned} y_{II} &= \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_i - z_{P_i}}{x_{P_i}})) - \alpha) \cdot x_{II} + z_{P_i} - \\ &\quad - x_i \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_i - z_{P_i}}{x_{P_i}})) - \alpha) \\ y_I &= \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot (90^\circ + \arctan(\frac{z_i - z_{P_i}}{x_{P_i}})) - \alpha) \cdot x_I + z_{P_i} - \\ &\quad - x_i \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot (90^\circ + \arctan(\frac{z_i - z_{P_i}}{x_{P_i}})) - \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x_i$  и  $z_i$  – абсцисса и ордината  $i$ -той точки отражателя;

$x_{P_i}$  и  $z_{P_i}$  – абсцисса и ордината центра кривизны отражателя для  $i$ -той точки.

# Методика определения координат расположения приемника

Решение было получено, исходя из того, что разность абсцисс двух крайних отраженных лучей концентратора должна быть равна R:

$$x_{end}(y) - x_{start}(y) = R \quad (2)$$

где  $x_{start}(y)$  и  $x_{end}(y)$  зависимости абсциссы от ординаты для крайней правой и левой точек отражателя соответственно (последней и первой).

$$x_{start} = x_{II} = \frac{z_{p_i} + x_i \cdot \operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_i - z_{p_i}}{x_{p_i}})) - \alpha) - y_{II}}{\operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_i - z_{p_i}}{x_{p_i}})) - \alpha)} \quad (3)$$

$$x_{end} = x_{I} = \frac{z_{p_i} + x_i \cdot \operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ + \arctan(\frac{z_i - z_{p_i}}{x_{p_i}})) - \alpha) - y_{I}}{\operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ + \arctan(\frac{z_i - z_{p_i}}{x_{p_i}})) - \alpha)}$$

# Высота расположения приемника

$$y_{pr} = \frac{y_{p_{end}} \cdot k_{start} + (x_{end} + x_{start} - R) \cdot k_{start} k_{end} + y_{p_{start}} \cdot k_{end}}{k_{start} + k_{end}} \quad (4)$$

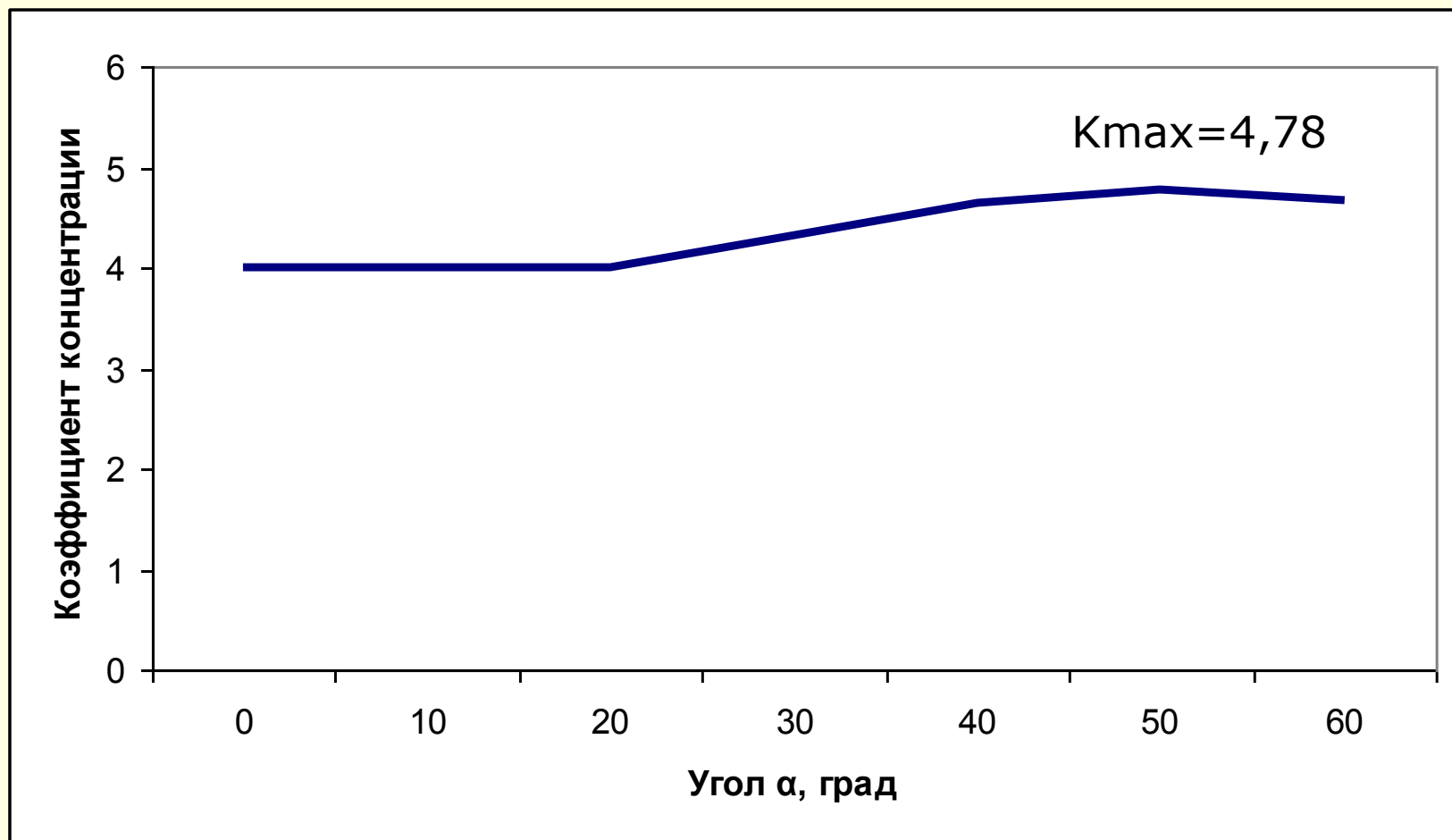
где  $k_{start} = \operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_{start} - z_{p_{start}}}{x_{p_{start}}})) + \alpha)$

$$k_{end} = \operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_{end} - z_{p_{end}}}{x_{p_{end}}})) - \alpha)$$

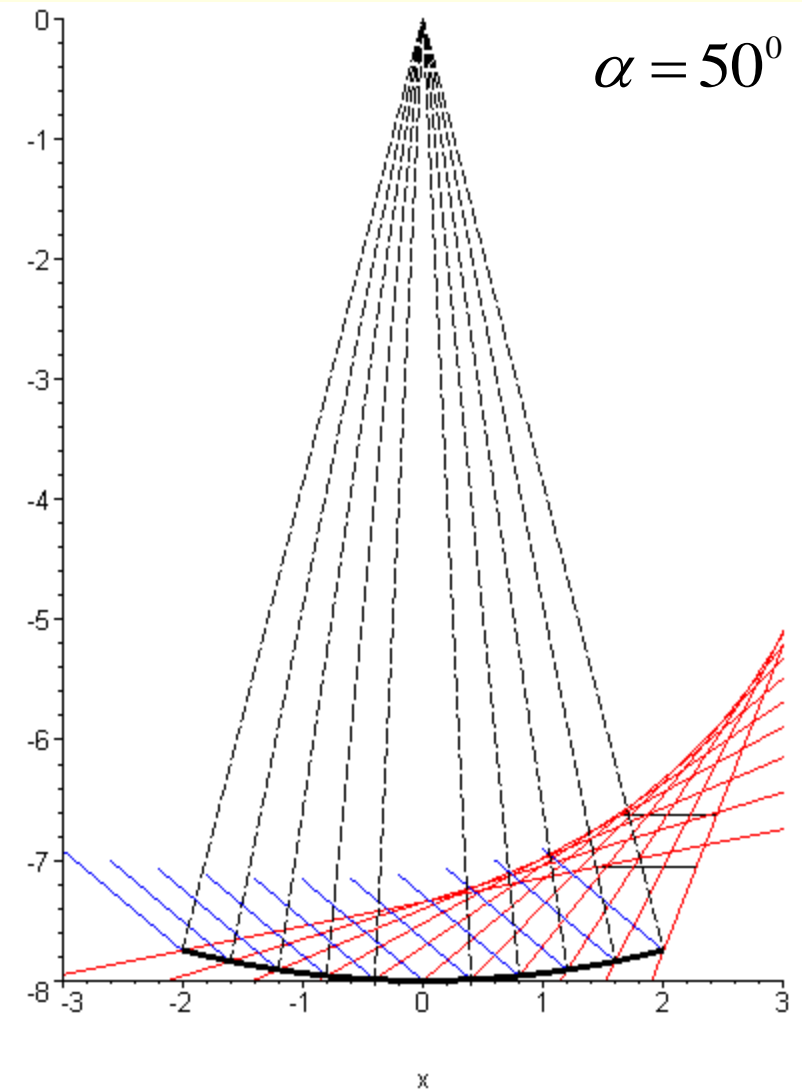
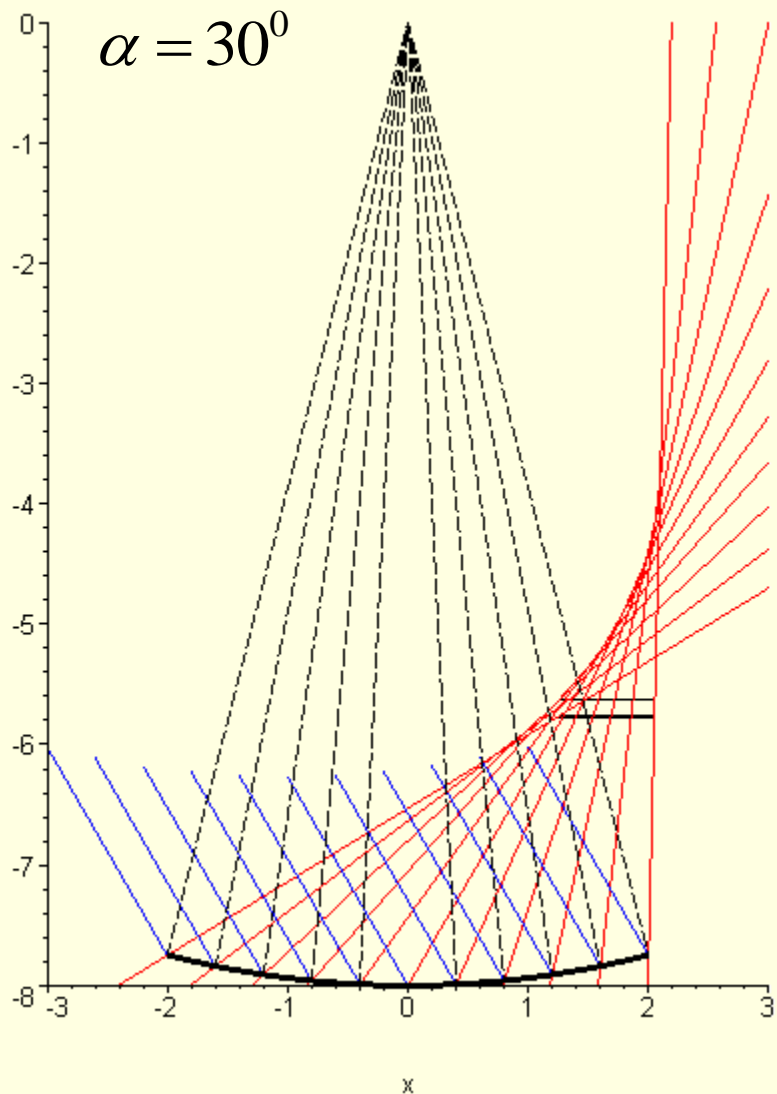
Абсциссы крайних точек приемника определяются с помощью выражения (3).

```
> solve( { (-zp+x*cot(-1/90*k*Pi+ii)+zn)/cot(-1/90*k*Pi+ii)-(-zp+x*cot(1/90*k*Pi+ii)+zn)/cot(1/90*k*Pi+ii)=2*xpri}, {zn});
```

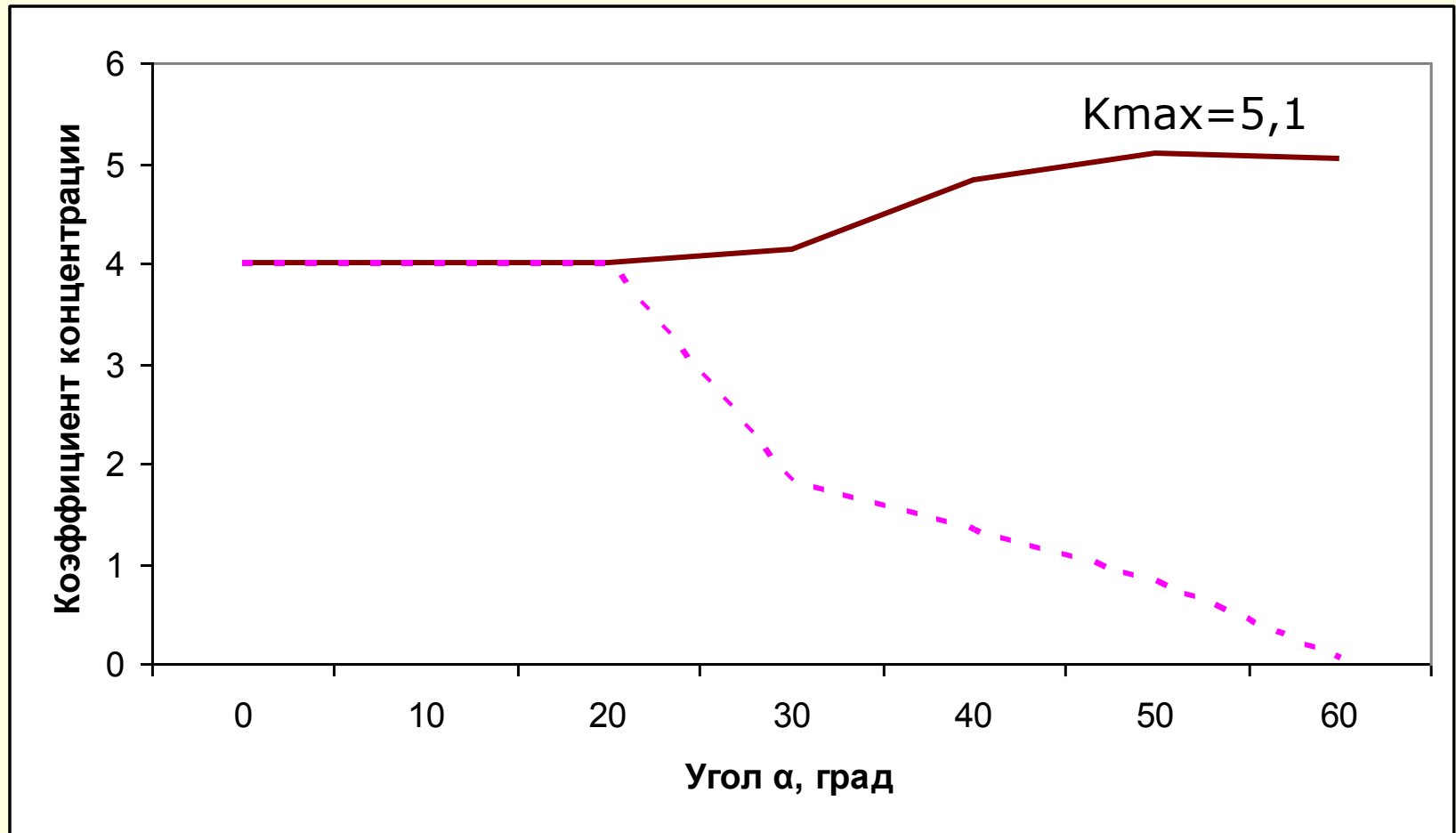
# Зависимость коэффициента концентрации от угла между оптической осью и падающими лучами



# Цилиндрический отражатель



# Зависимость коэффициента концентрации от угла между оптической осью и падающими лучами для цилиндрического отражателя



# Выводы

---

- Было проведено аналитическое описание положения приемника солнечного излучения для параболоцилиндрического и цилиндрического отражателя, когда ширина приемника остается неизменной и на него падают все отраженные лучи. Рассчитано значение коэффициента концентрации при изменении угла между оптической осью и падающими лучами. В то же время известно, что чем больше будет угол падения солнечных лучей на приемную поверхность, тем больше коэффициент отражения. Таким образом, реальное значение коэффициента концентрации может поддерживаться на одинаковом уровне.

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**