

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

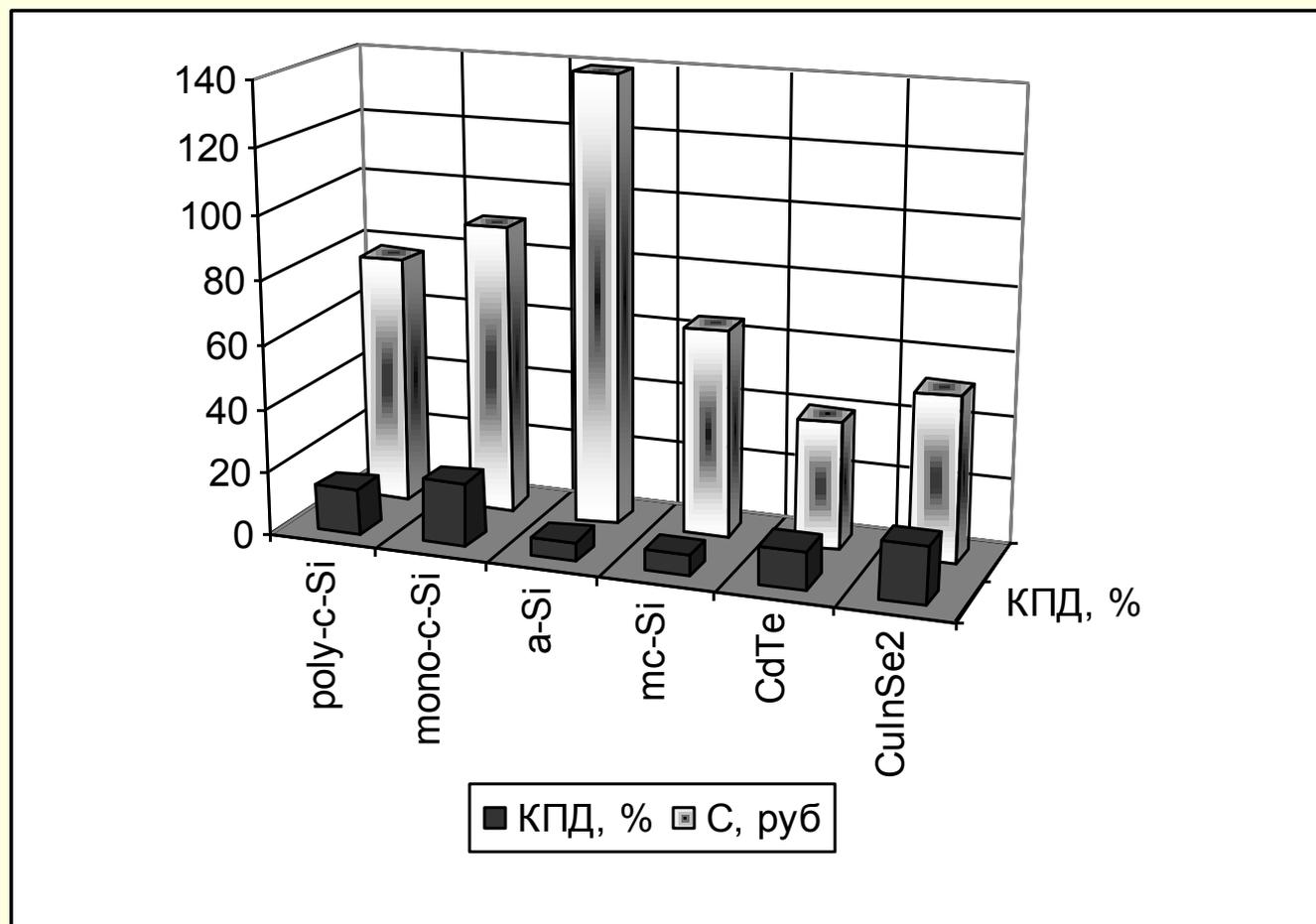
e-mail: napks_eif@mail.ru

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

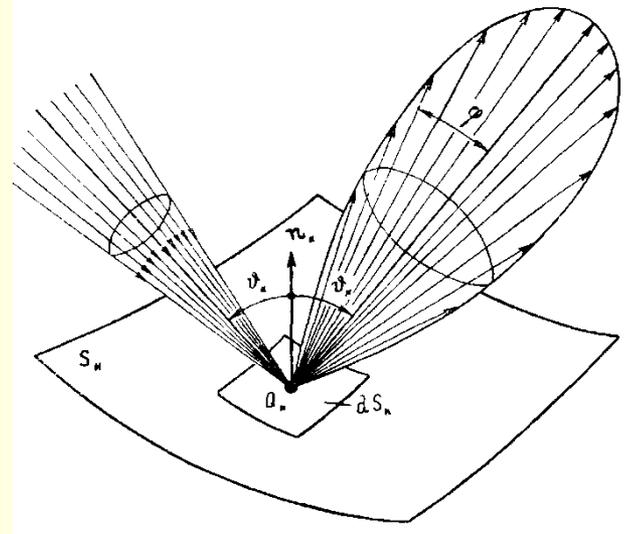
Использование солнечного излучения для получения электрической и тепловой энергии



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.

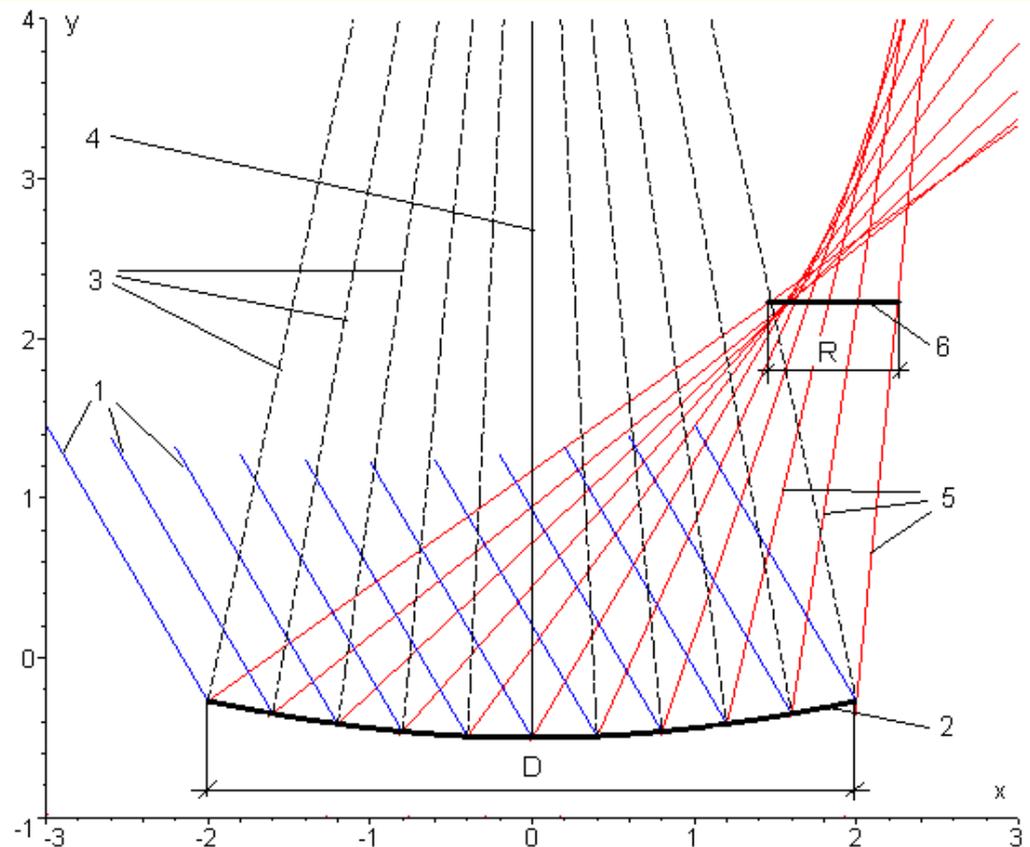
Цель работы

- 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

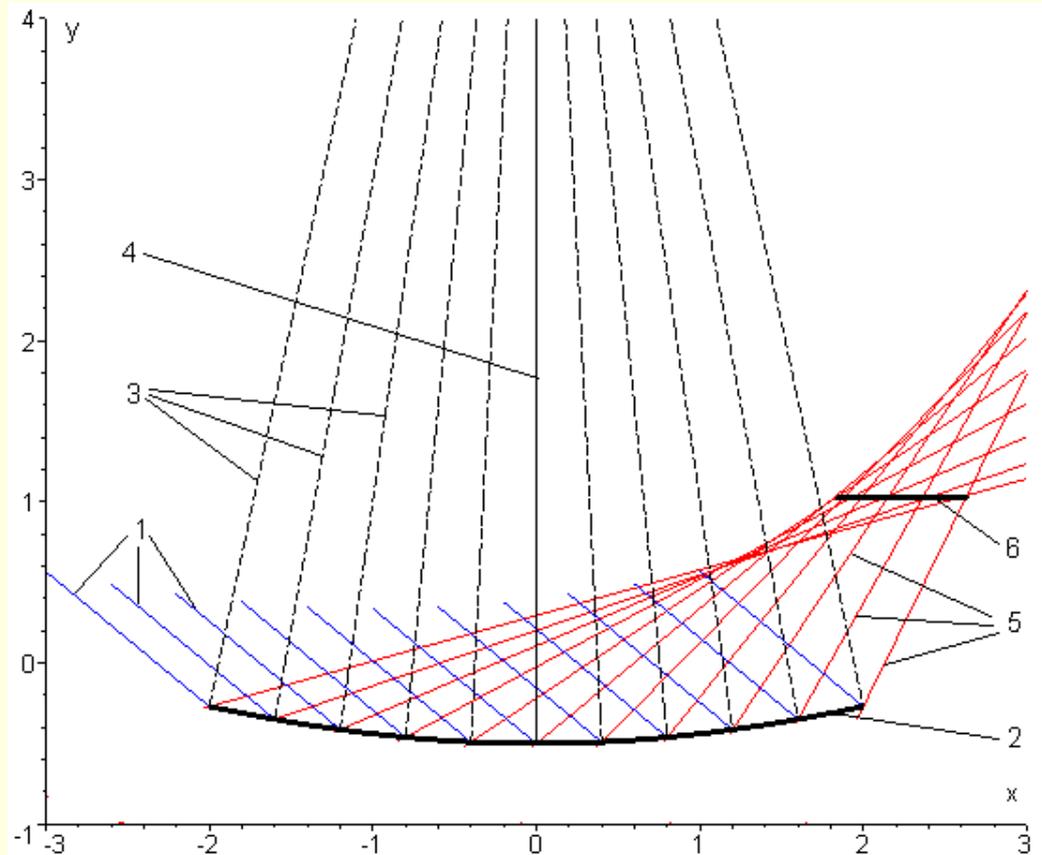
$$\alpha = 50^{\circ}$$

```
> 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

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

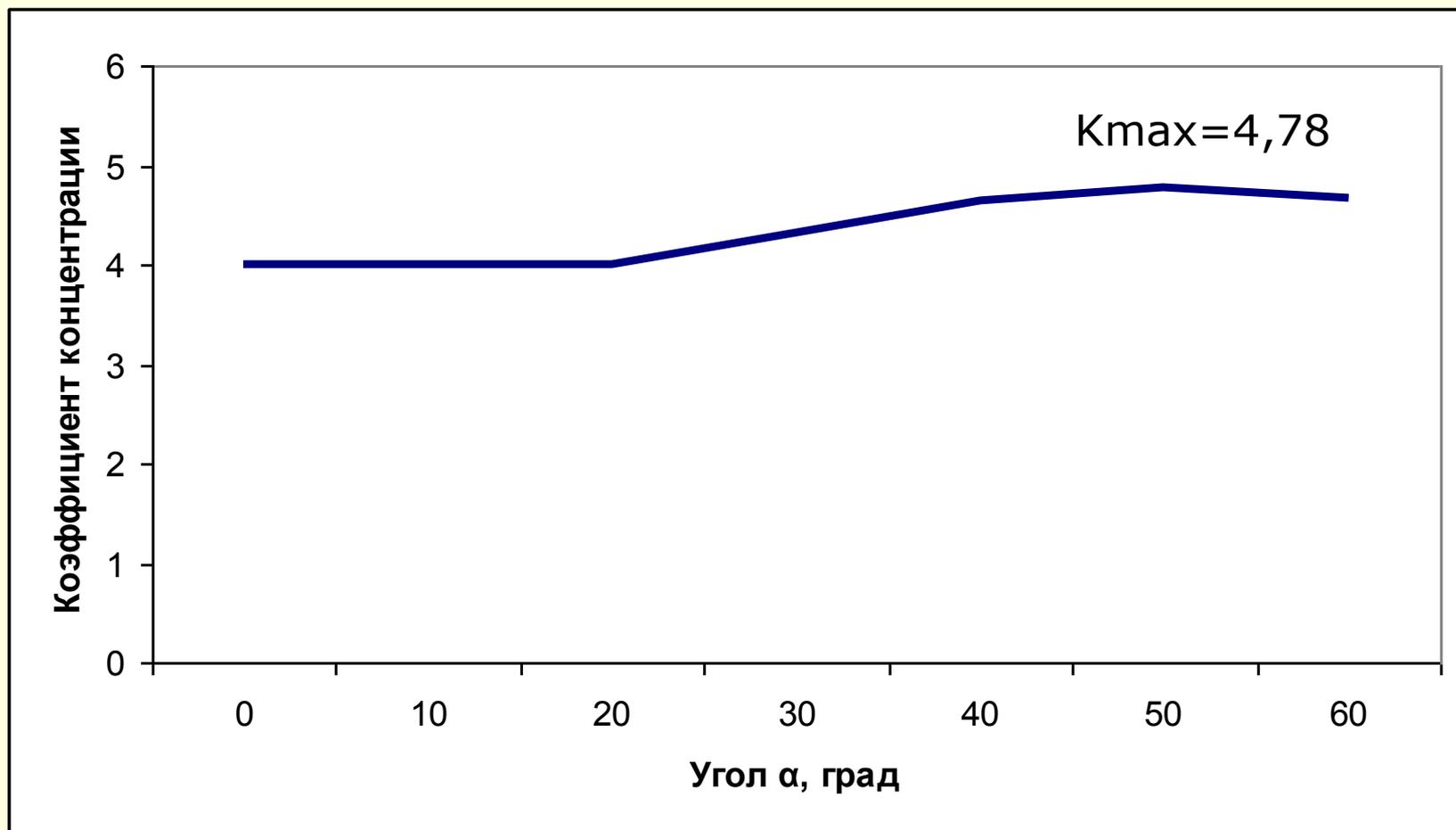
где $k_{start} = \operatorname{ctg}(2 \cdot (90^\circ - \arctan(\frac{z_{start} - z_{p_{start}}}{x_{p_{start}}})) + \alpha)$

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

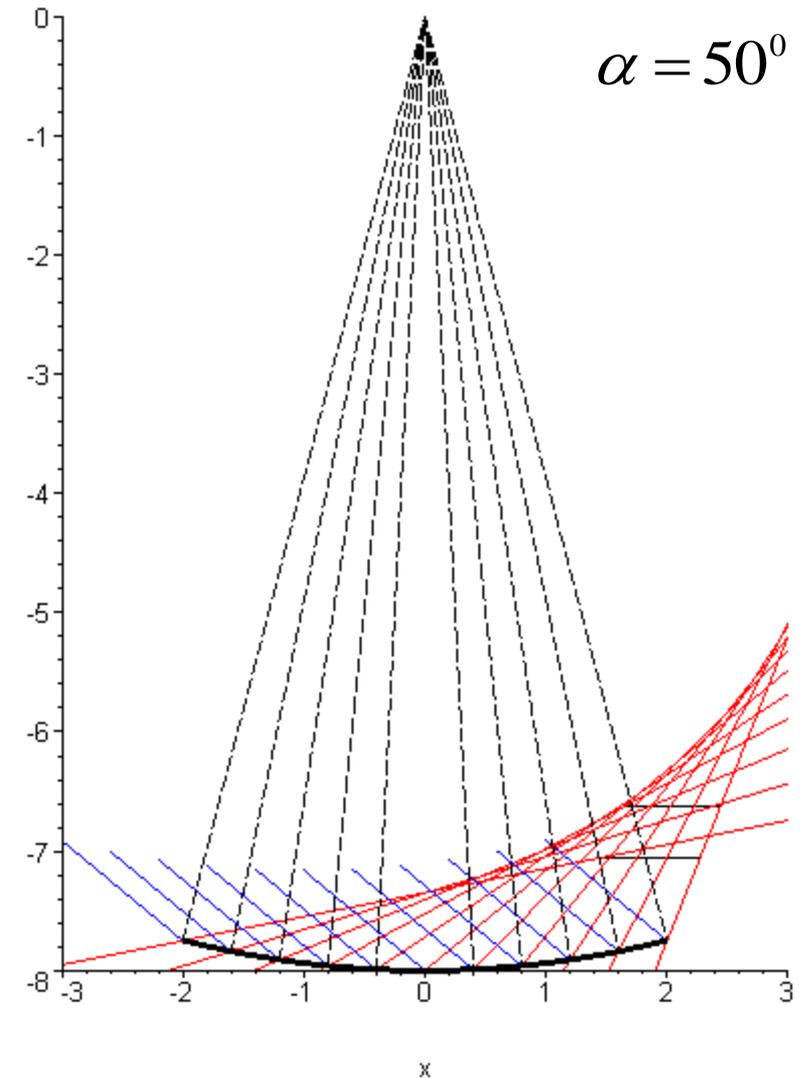
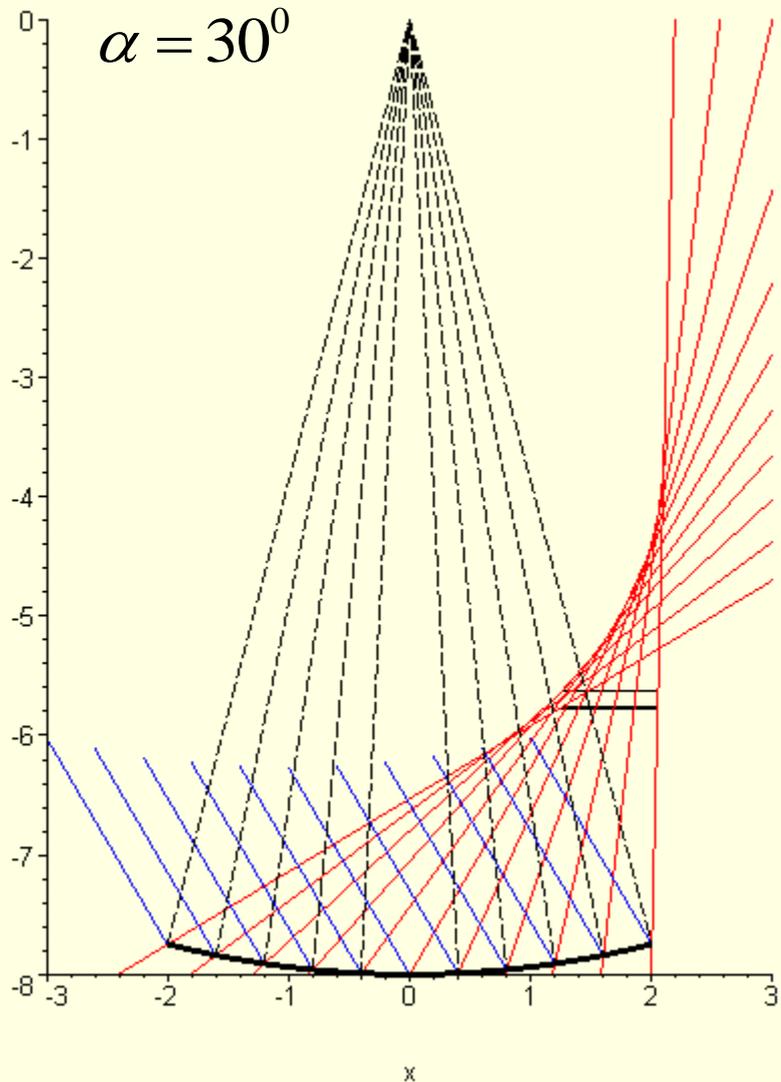
Абсциссы крайних точек приемника определяются с помощью выражения (3).

```
> 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});
```

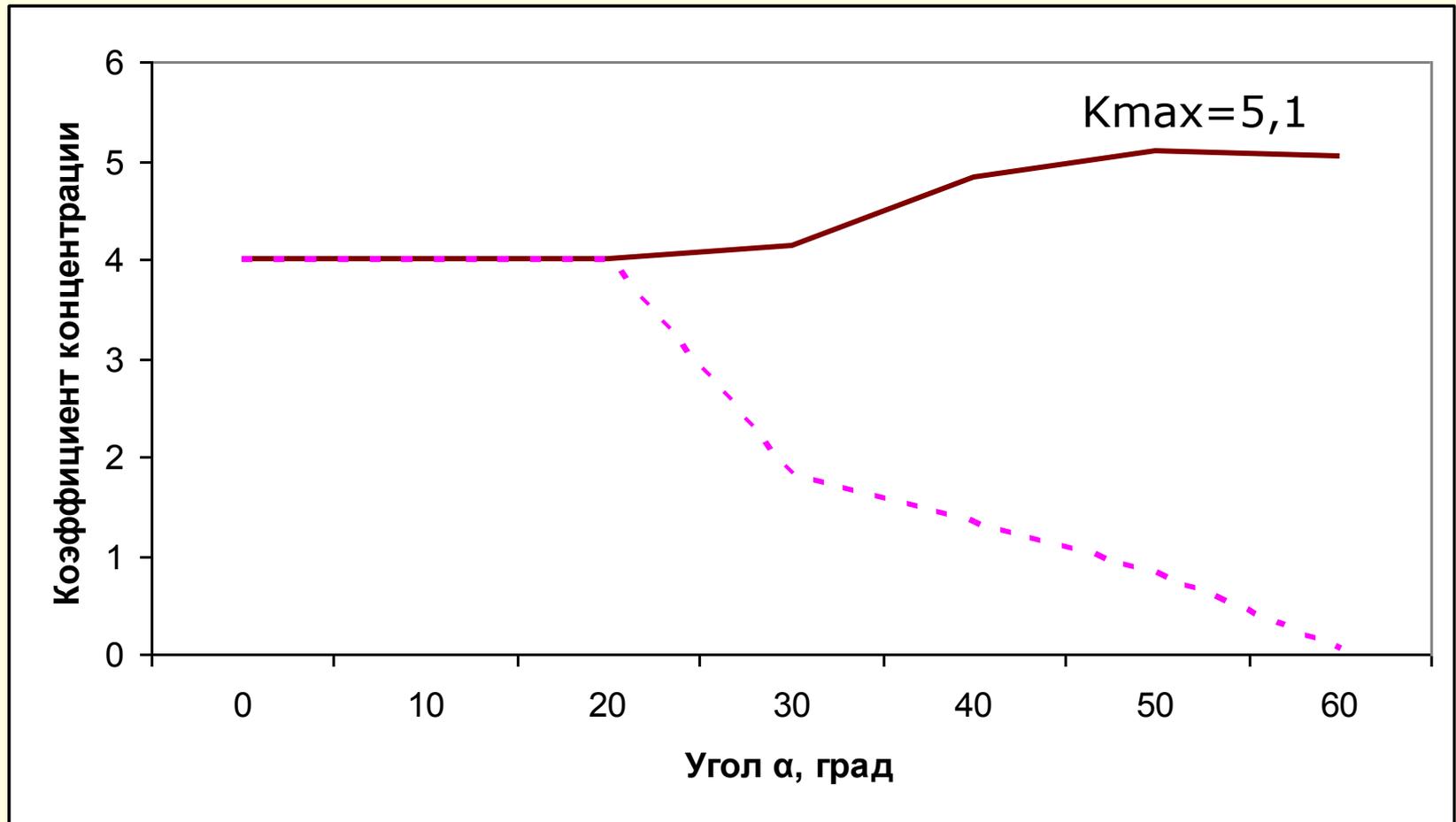
Зависимость коэффициента концентрации от угла между оптической осью и падающими лучами



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!