

# Тени в ортогональных проекциях

# ТЕНИ



Леонардо Да Винчи  
(Leonardo Da Vinci)  
(1452-1519)

Рельефность «происходит от теней и светов или, другими словами, от светлого и темного.

Итак, кто избегает теней, избегает славы искусства»



*Форма* предмета воспринимается точнее, когда *предмет освещен* и на его поверхности образуется *светотень*

*Изображение светотени* на проекционных чертежах состоит из двух графических операций:

- «*геометрия теней*»;
- «*изображение светотени*» («отмывка»)

*Характер светотени* зависит от *положения предмета относительно источника света* и *направления лучей к поверхности*



- **«геометрия теней»** - это определение границ (контуров) собственных и падающих теней, основанное на построении линии прикосновения лучевой поверхности с данной поверхностью и определение линии пересечения поверхностей

- **«изображение светотени» («отмывка»)**- графические приемы выявления светотени на изображении так, чтобы ее восприятие наиболее близко подходило к восприятию в натуре. Эта операция основана на физиологии зрительного восприятия, т.е. на «воздушной перспективе»

# ВОЗДУШНАЯ ПЕРСПЕКТИВА

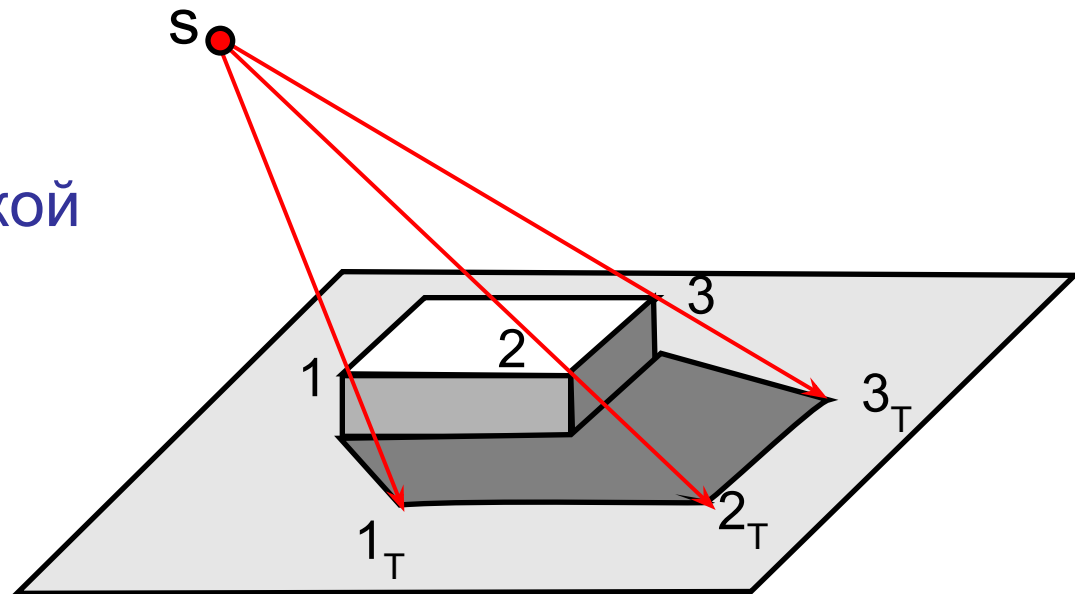
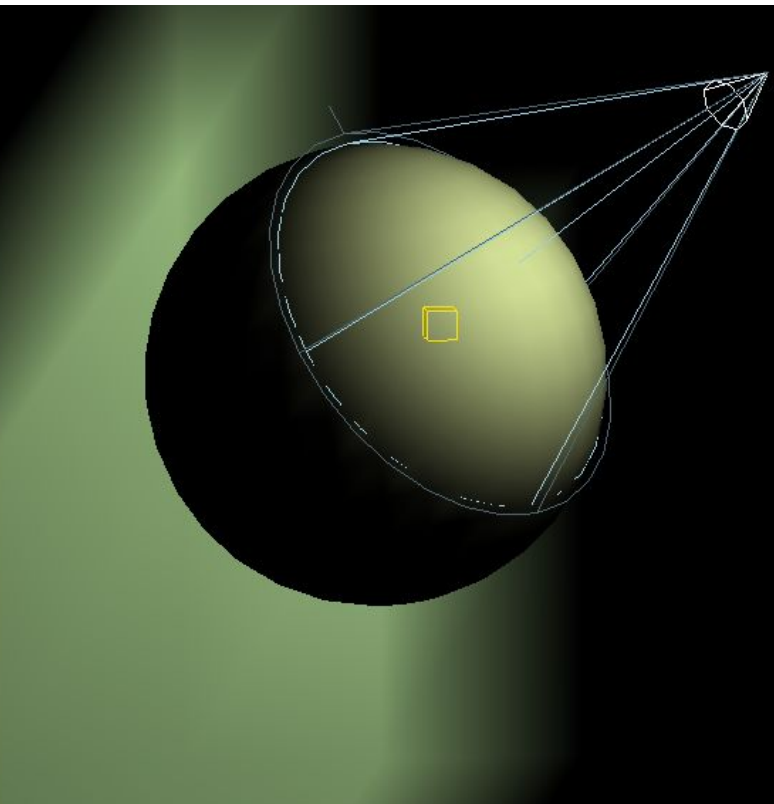


Чем освещенное место *ближе к зрителю*, тем оно кажется *светлее и ярче*, а чем *дальше* – тем *бледнее и мягче*

*Светотеневой контраст* (различие между освещенной и теневой частью предмета) по мере удаления от зрителя *погашается*, делается *менее резким*

# Тени при искусственном освещении

При освещении одной светящейся точкой лучевая поверхность будет конической

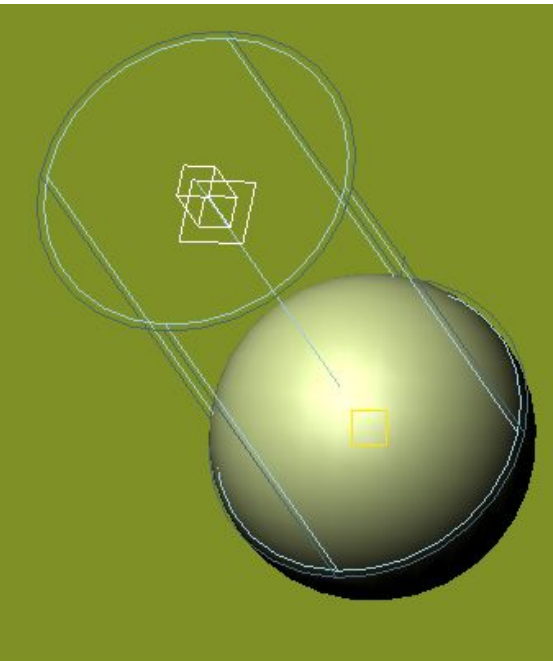
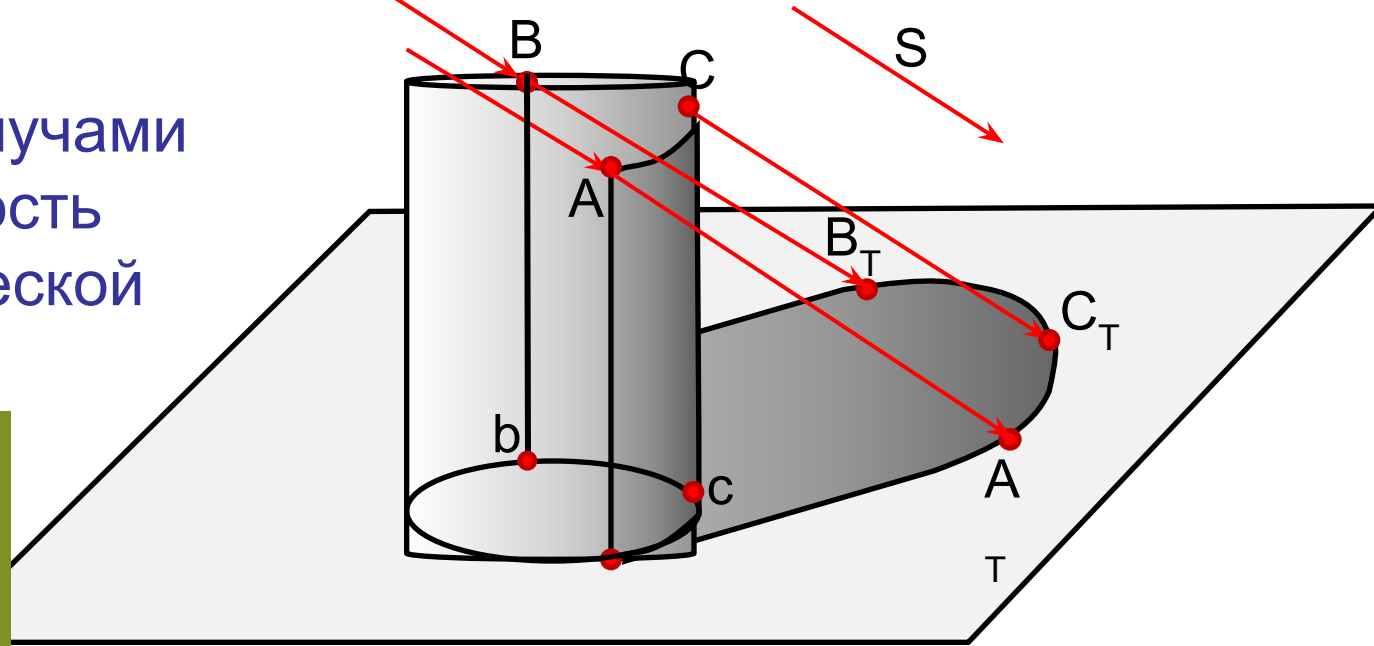


- Тени могут быть построены при **искусственном** освещении объекта
- При **искусственном** освещении источник света расположен на незначительном расстоянии
- Лучи света образуют при этом конический пучок лучей - **связку прямых**, центром которой является источник света S



# Тени при естественном освещении

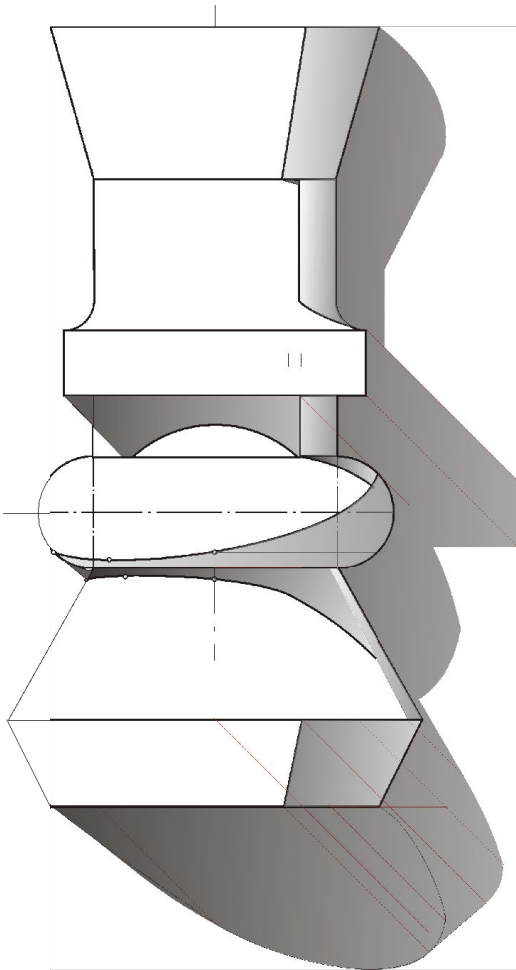
При освещении параллельными лучами лучевая поверхность будет цилиндрической



- При естественном освещении источник света удален в бесконечность и световые лучи параллельны друг другу
- Граница (линия) на поверхности предмета, разделяющая освещенную часть от находящейся в тени, называется **контуром собственной тени**
- Контур собственной тени представляет собой

# Падающие тени

---



**Тень**, полученная от одного предмета на другой или от одной части поверхности на другую ее часть, называется **падающей тенью**

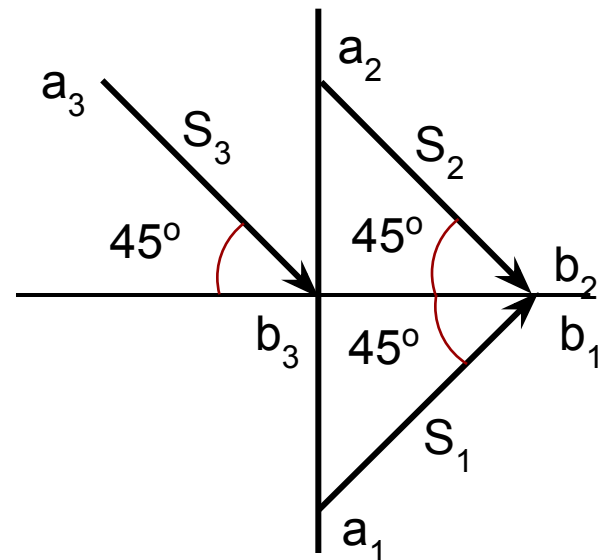
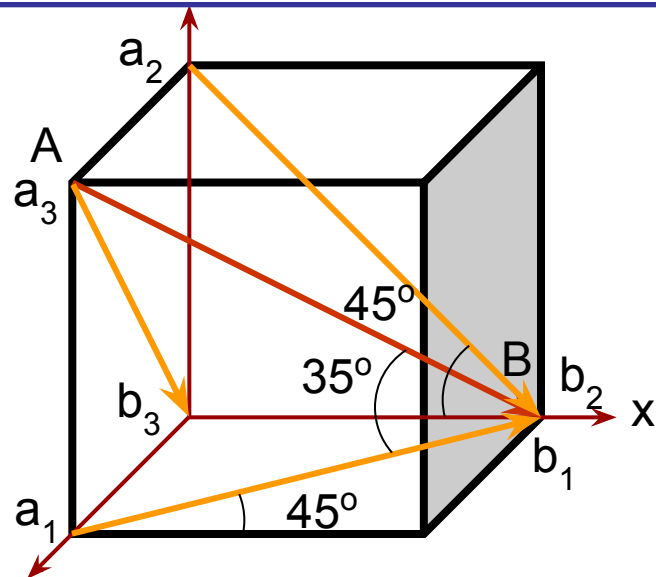
А линия, ее ограничивающая, – **границей** или **контуром падающей тени**

Граница **падающей тени** является тенью от границы **собственной тени**

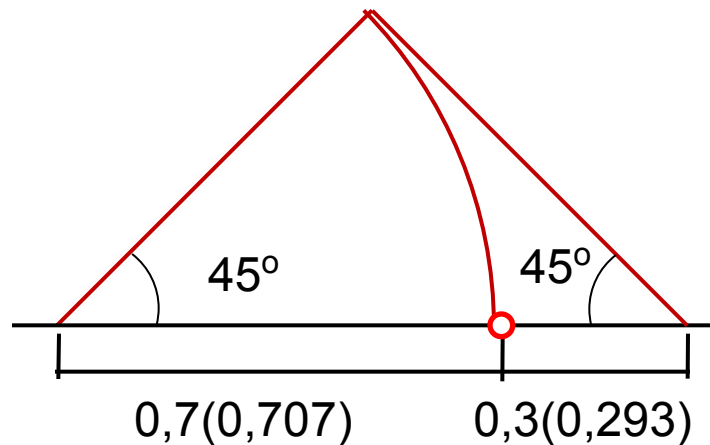
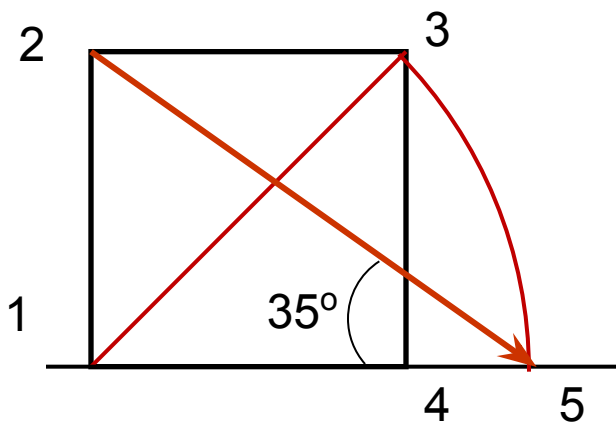
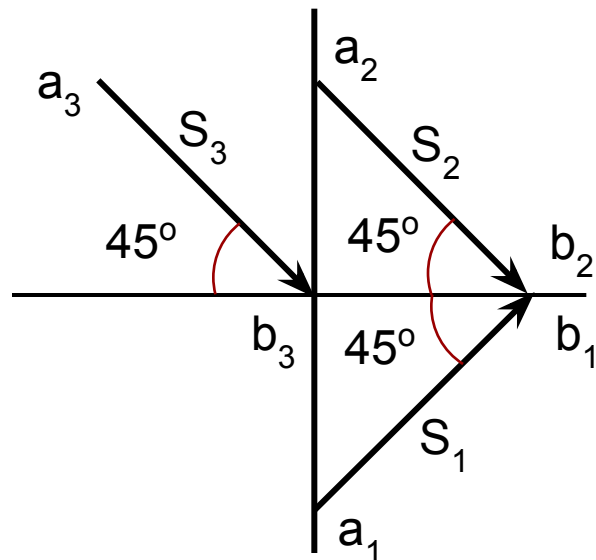
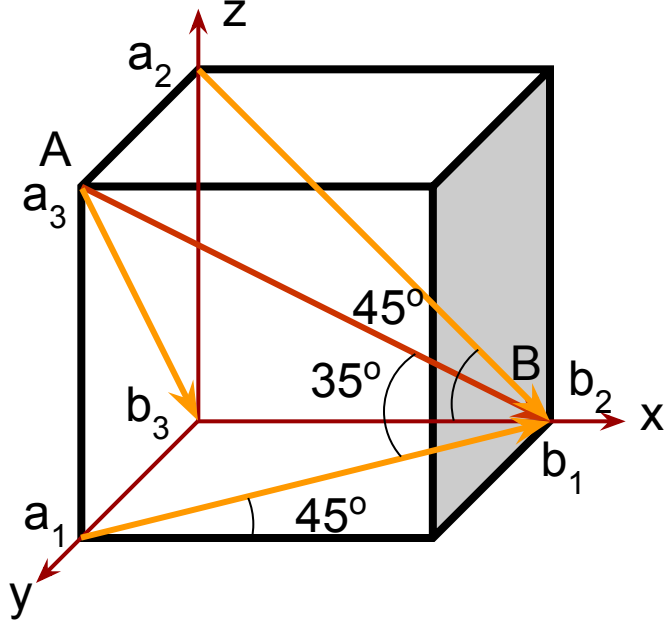
- На проекционных чертежах (эпюрах) действие воздушной среды не учитывается, однако зону собственной тени принято показывать светлее падающей тени, что соответствует действительным условиям



# Направление световых лучей



- При построении теней на комплексных чертежах освещение считают солнечным, с параллельными лучами
- Источник света считают расположенным слева сверху сзади: направление лучей света принимают **параллельным диагонали куба**, грани которого совмещены с плоскостями проекций
- Проекциями диагонали куба являются диагонали квадратов, т. е. горизонтальная и фронтальная проекции светового луча составляют с осью проекции  $x$  угол  $45^\circ$ , истинный угол наклона луча к плоскости проекций  $\sim 35^\circ$
- Такое «стандартное» направление световых лучей создает преимущества при построении теней и выполнении чертежа:
  - 1) достигаются постоянство и простота построения проекций лучей и теней на чертежах фасада и плана объекта;

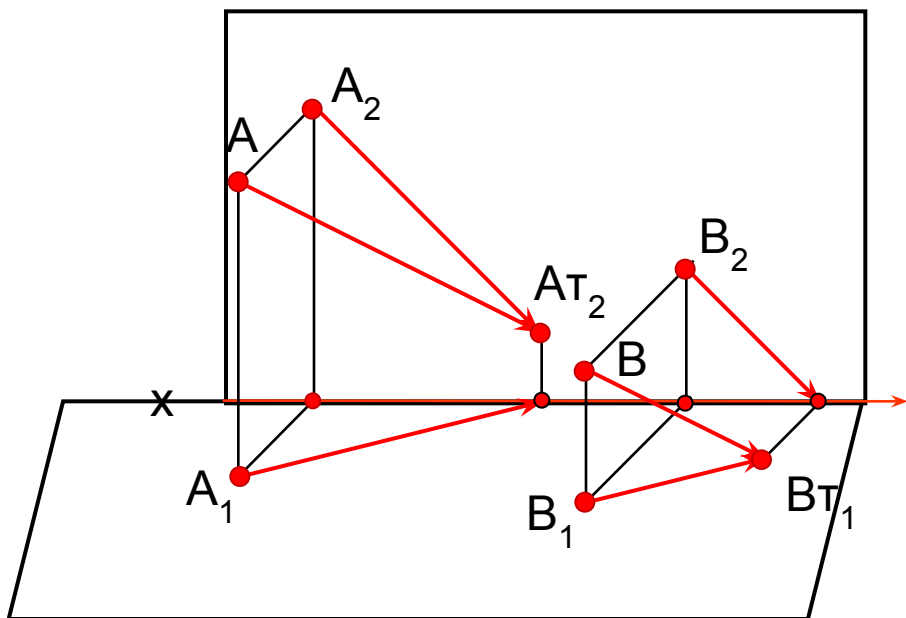


Диагональ квадрата 1-3 совмещается с его стороной 1-4 и полученная точка 5 соединяется с точкой 2.

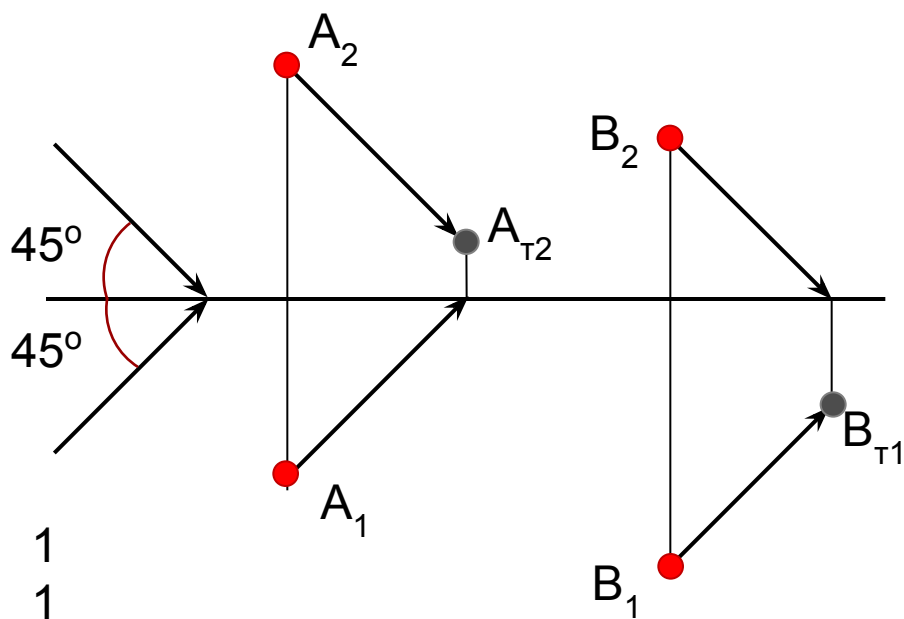
Линия 2-5 дает истинный угол наклона диагонали куба ( $35^{\circ}16'16''$ ).

При построении теней часто приходится делить отрезок прямой в отношении величин стороны квадрата к его диагонали

# Построение падающей тени от точки

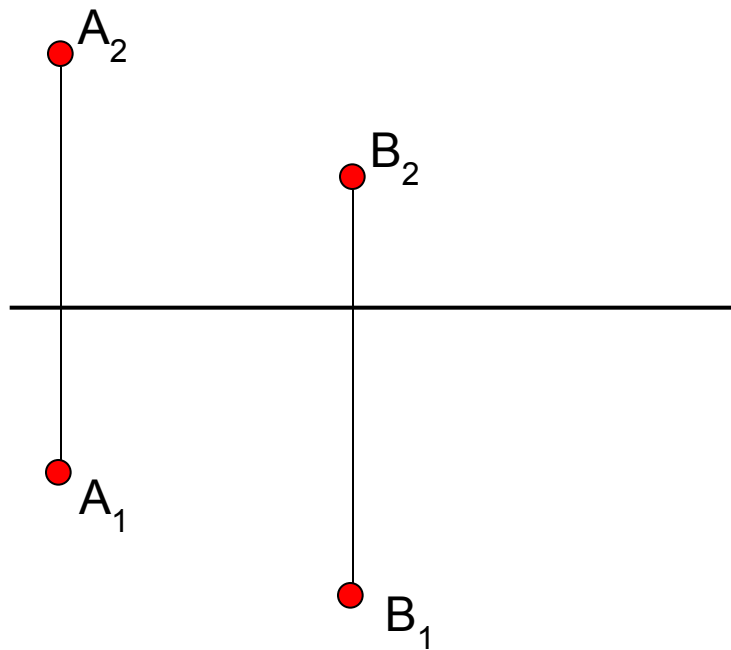


- Позиционная задача на пересечение прямой с плоскостью
- Тенью, падающей от точки на плоскость проекций, является соответствующий след луча света, проходящего через данную точку

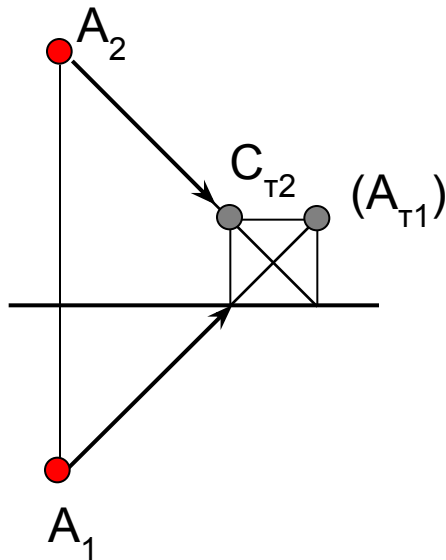
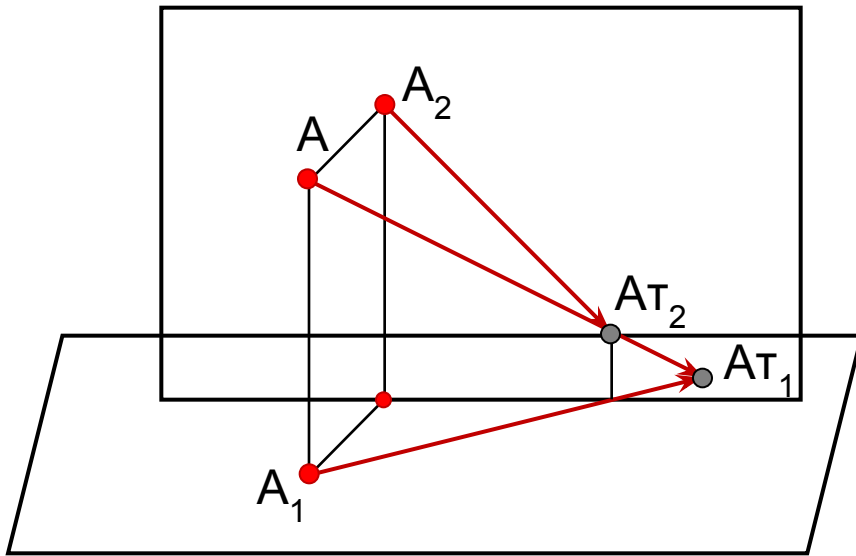


# Задача

Построить тень от точек

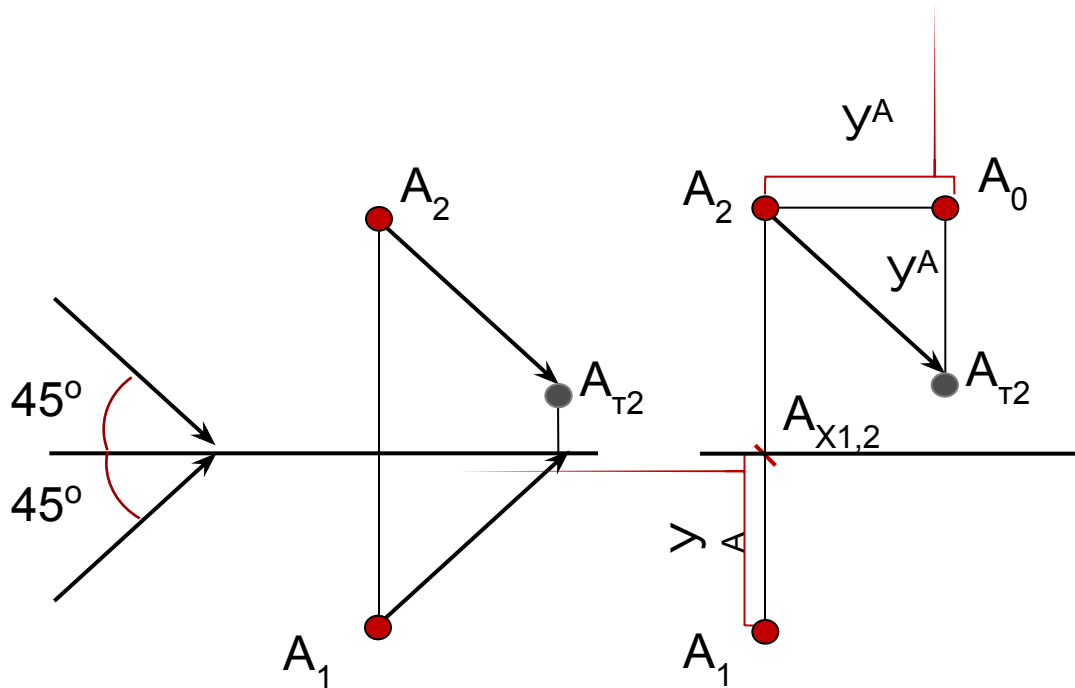


# Построение падающей тени от точки



- Позиционная задача на пересечение прямой с плоскостью
- Тенью, падающей от точки на плоскость проекций, является соответствующий след луча света, проходящего через данную точку

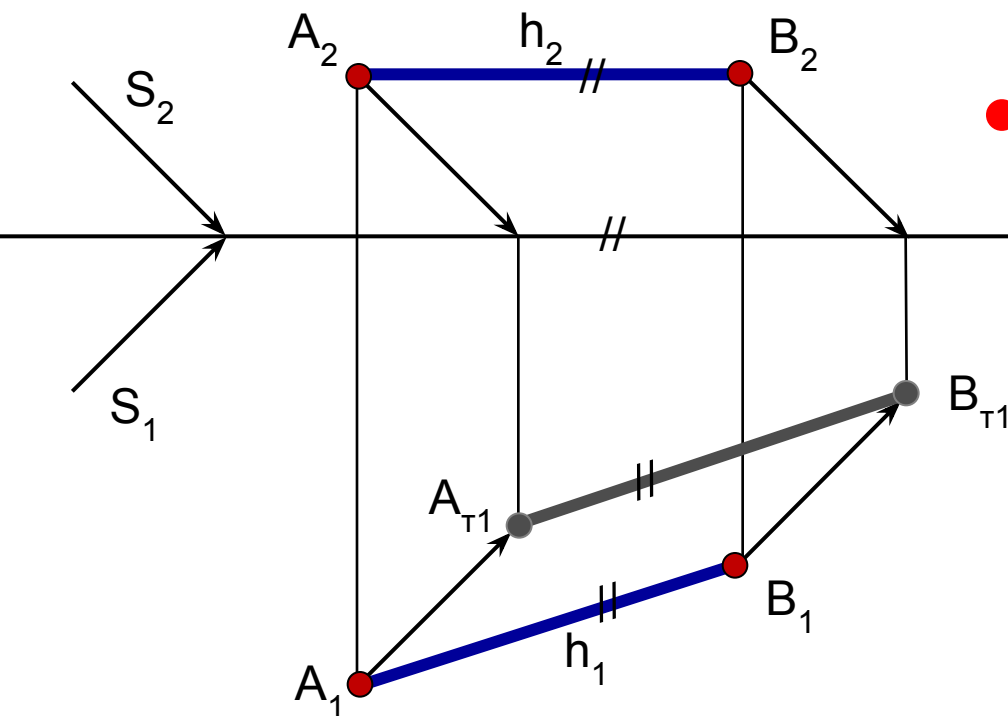
# Способ выноса



•  $A_1 A_{X1,2} = y^A$

$y^A$  – удаление точки  $A$  от фронтальной плоскости проекций

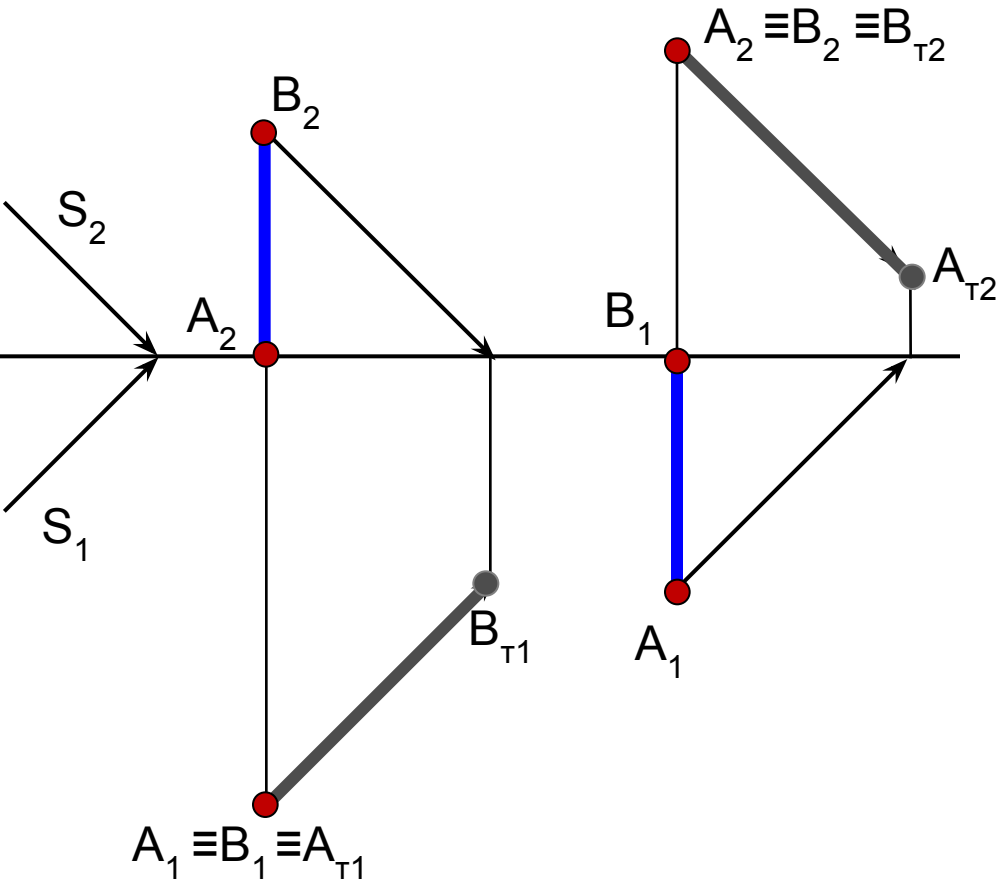
# Тени от прямых частного положения



- Тень, падающая на плоскость проекций от отрезка прямой, параллельного этой плоскости проекций, равна и параллельна этому отрезку

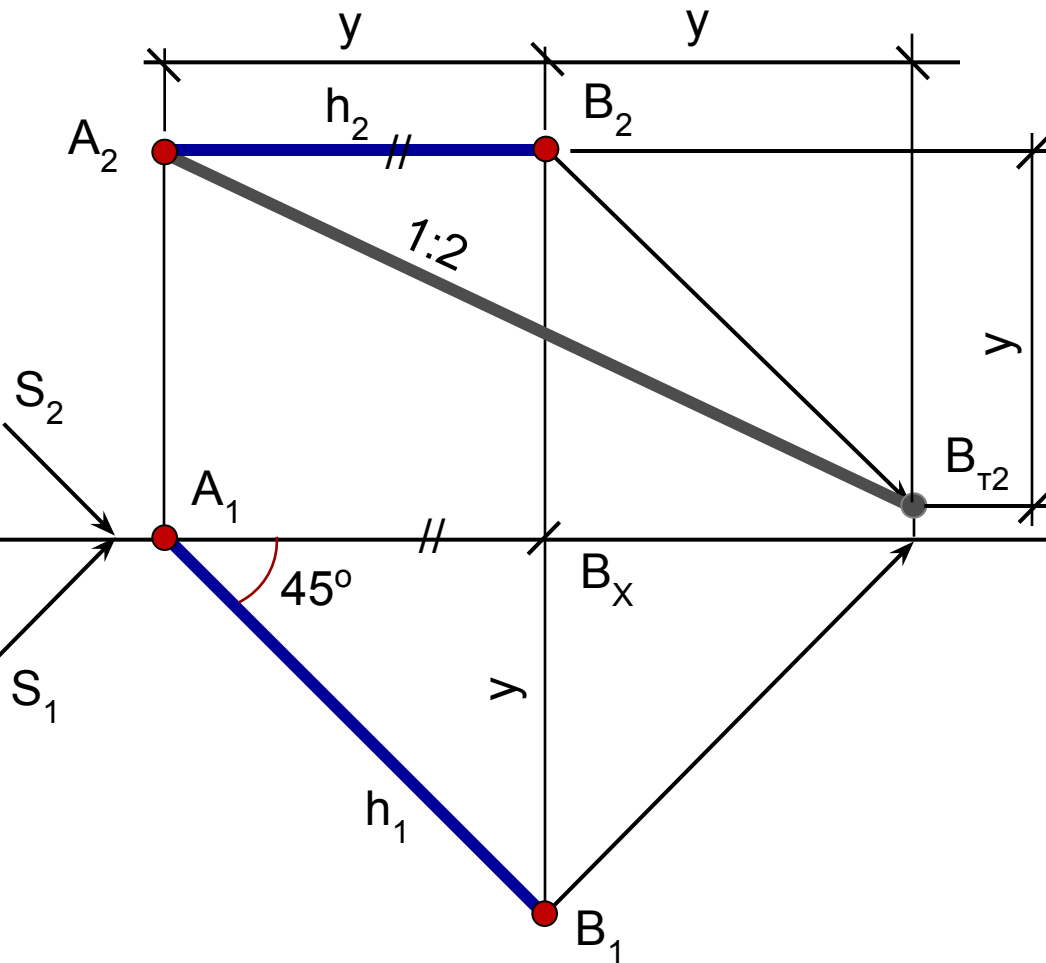


# Тени от прямых частного положения



- Тень, падающая на плоскость проекций от отрезка прямой, перпендикулярного этой плоскости проекций, совпадает с направлением проекции светового луча на эту плоскость проекций.

# Тень от прямой, расположенной под углом $45^\circ$ к плоскости



$$B_1 - B_x = y,$$

$y$  – вынос

Тень, от горизонтальной прямой, расположенной под углом  $45^\circ$  к фронтальной плоскости проекций, на этой плоскости получается с уклоном 1:2

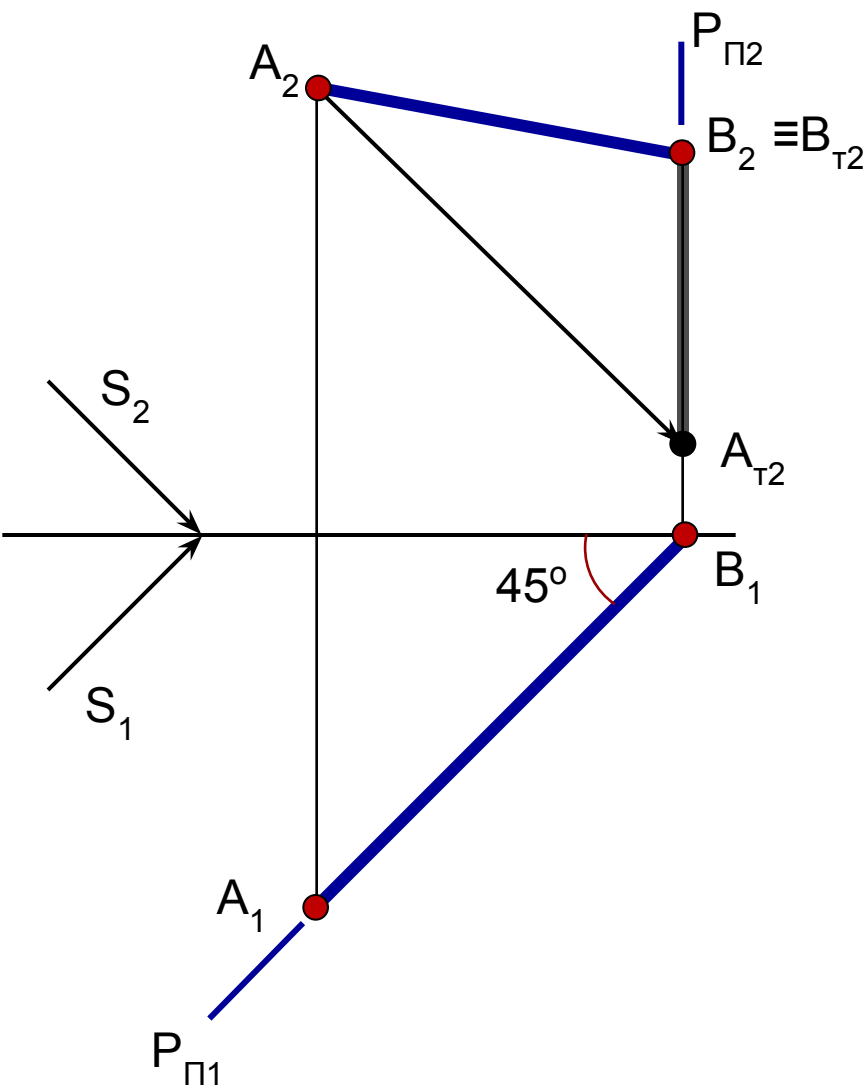
На данном примере дано понятие выноса.

Применяется для построения теней поверхностей вращения с осью, занимающей проецирующее положение и когда можно установить вынос характерных точек границы собственной тени от плоскости, на которую падает тень.

Удаление  $B_1 - B_x = y$ ,  $y$  – вынос точки  $B$  относительно фронтальной плоскости.

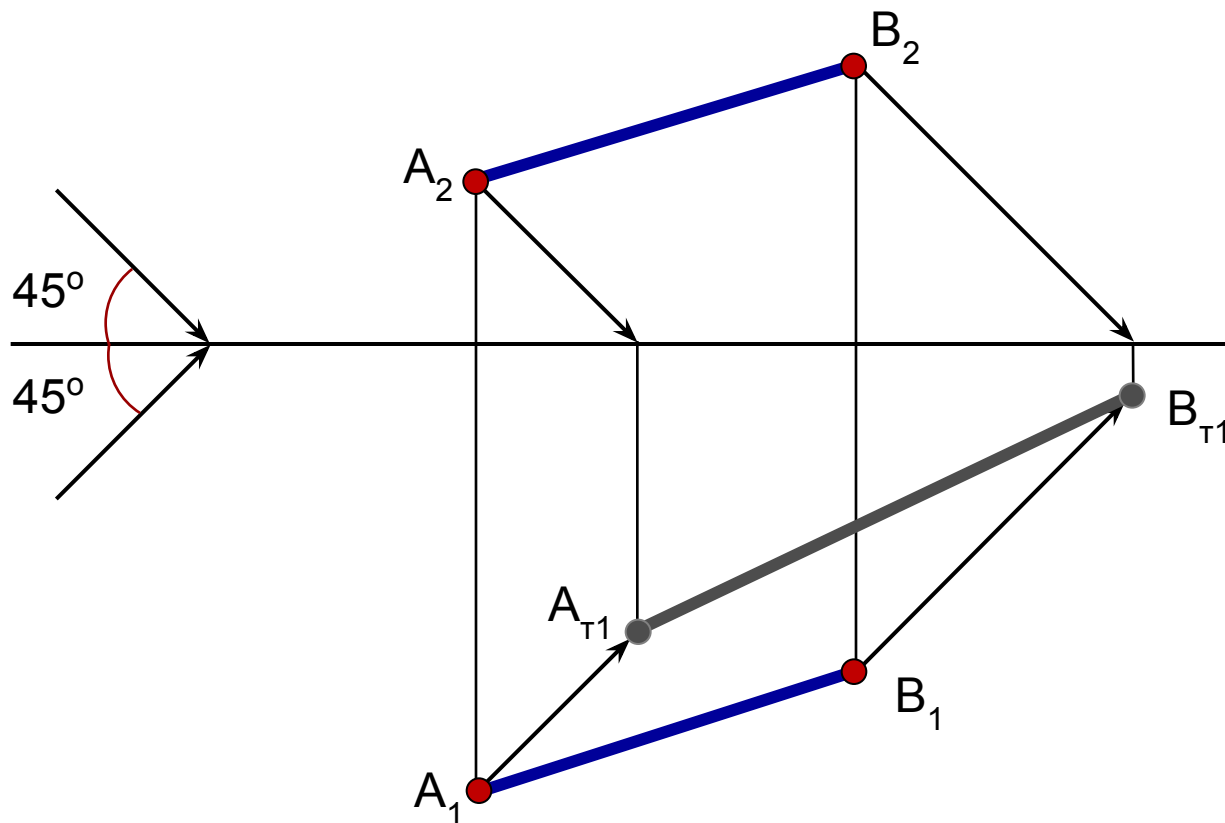
Ширина тени равна «выносу» линии

# Тени от прямых частного положения



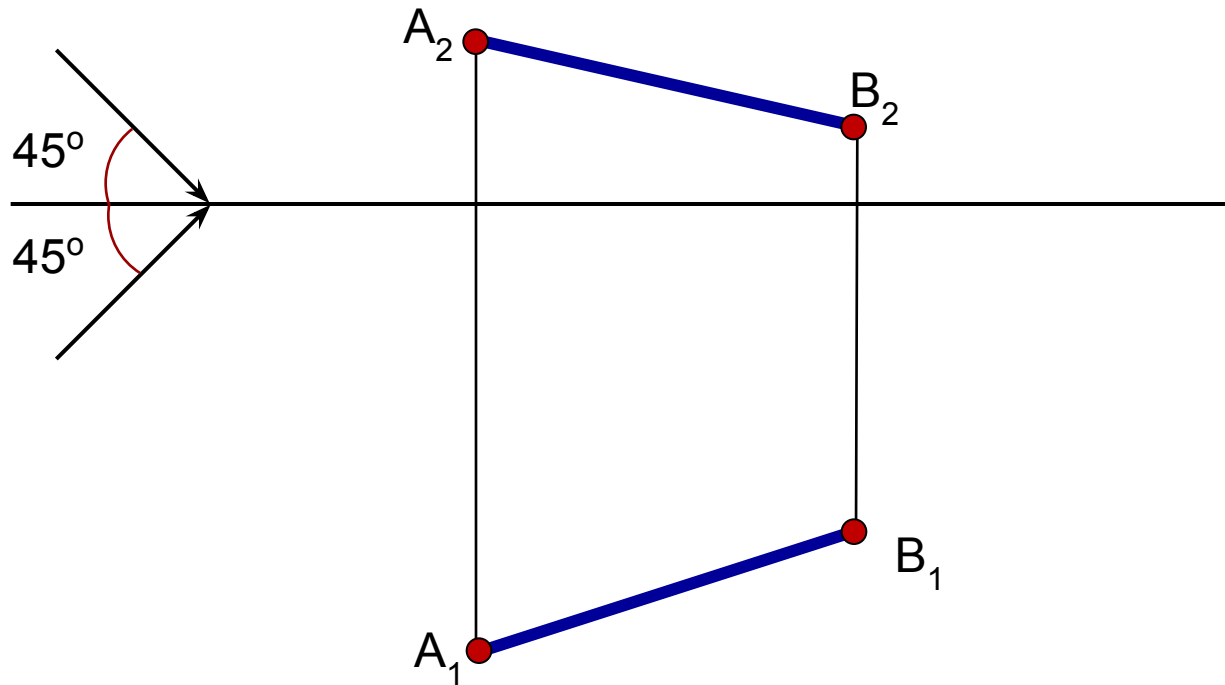
Тень от отрезка (общего положения), лежащего в вертикальной лучевой плоскости, совпадает со следом этой плоскости, следовательно на фасаде будет расположена вертикально.

# Тени от прямых общего положения

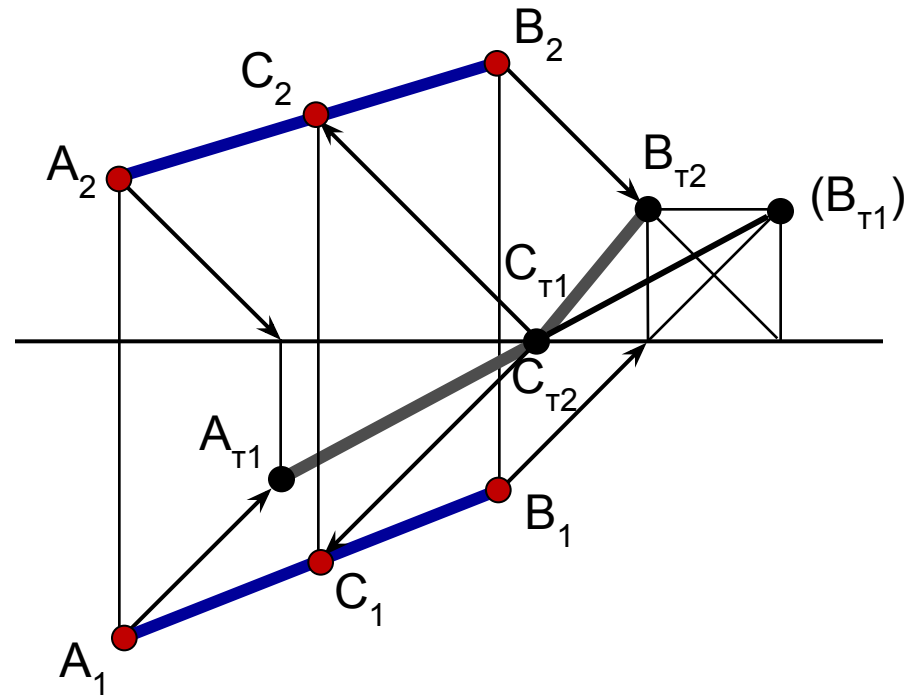
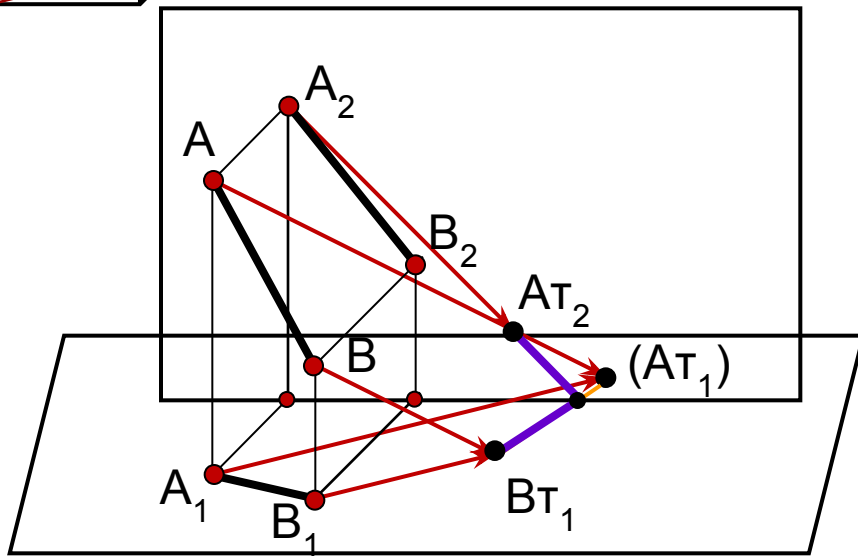
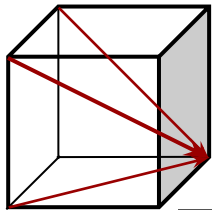


# Задача: Построить тень от отрезка

---

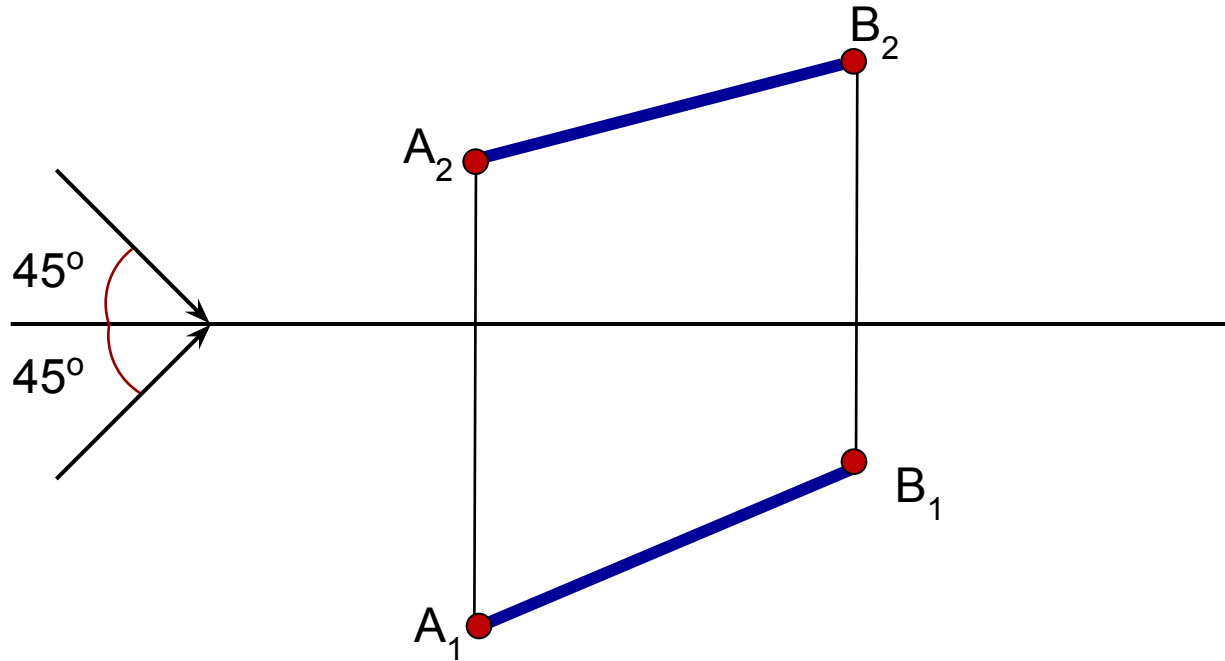


# Тени от прямых общего положения



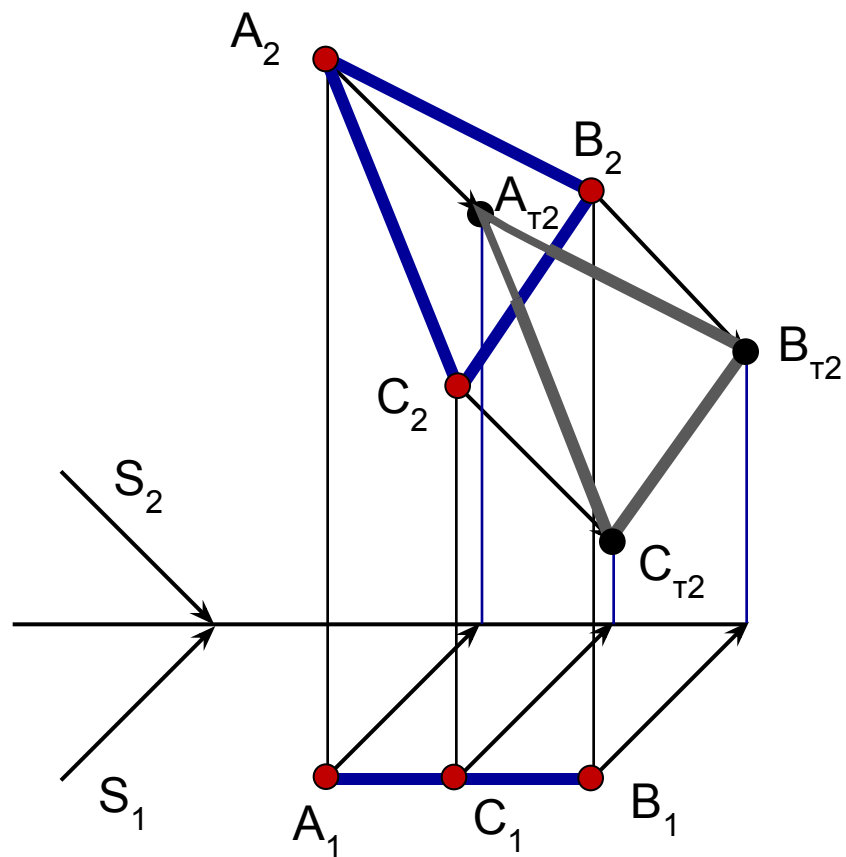
# Задача: Построить тень от отрезка

---



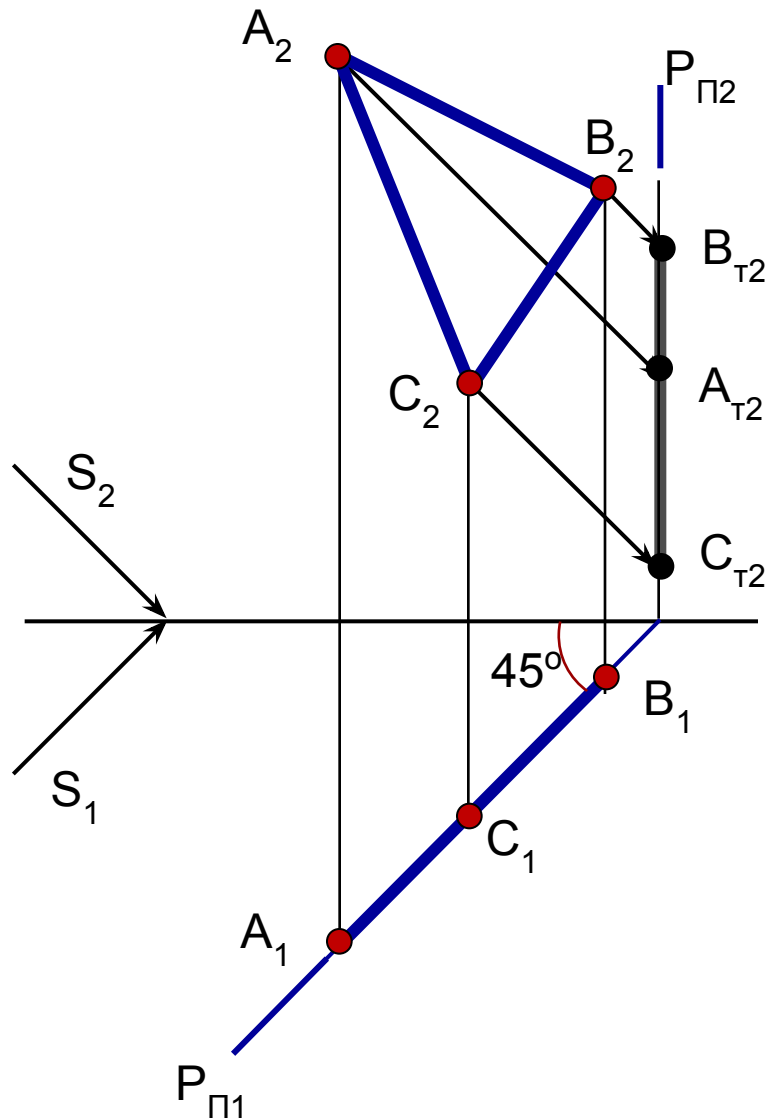


# Тень от плоскости частного положения



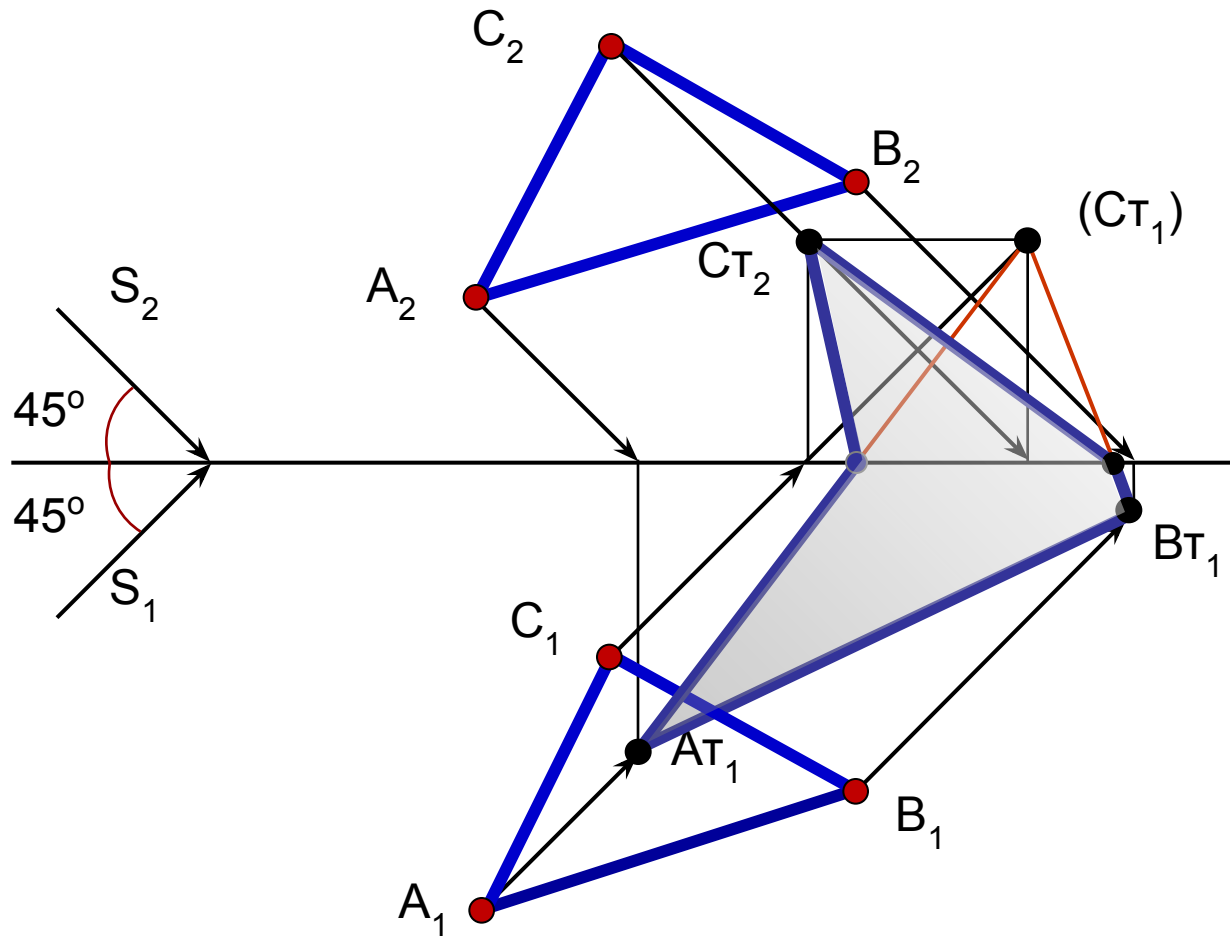
Тень от плоской фигуры на плоскость, ей параллельную, изображается фигурой равной и одинаково расположенной с исходной фигурой

# Тень от плоскости частного положения

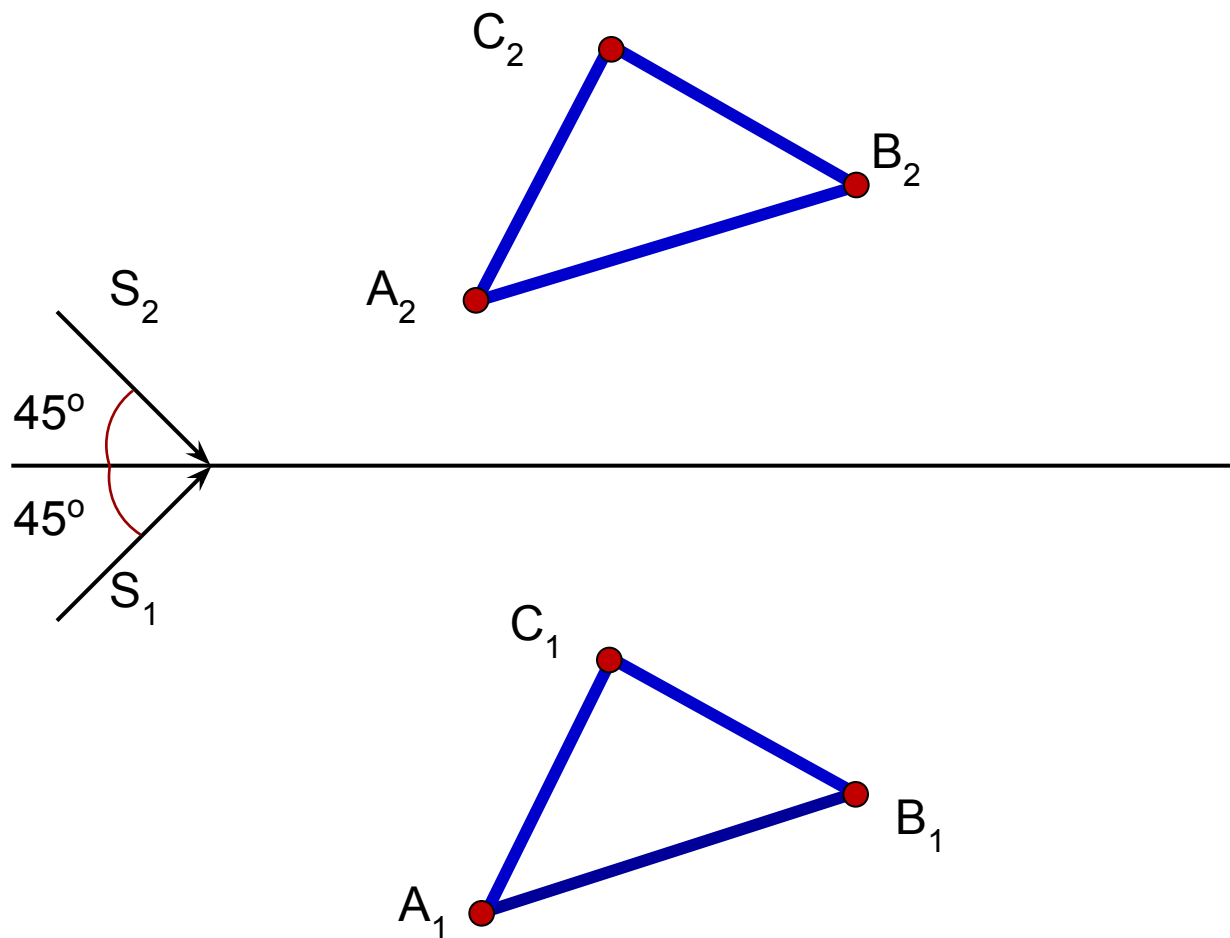


Тень от плоской фигуры (общего положения), лежащей в вертикальной лучевой плоскости, вырождается в отрезок прямой (как совпадающий с проецирующей плоскостью).

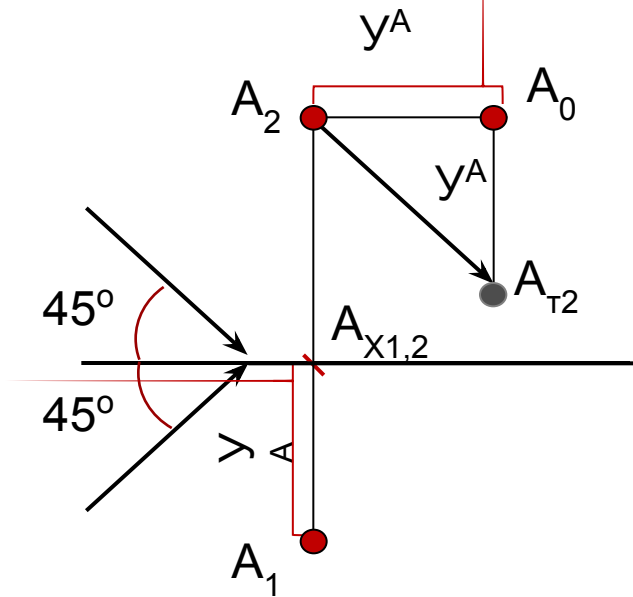
# Тень от плоскости общего положения



# Задача: Построить тень от плоскости

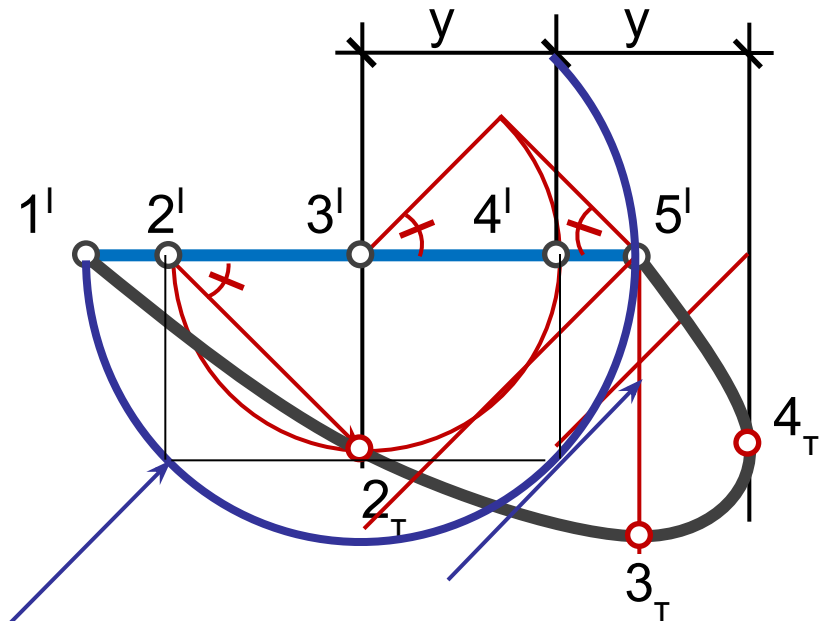


# Способ выноса



- $A_1 A_{X1,2} = y^A$

$y^A$  – удаление точки A от фронтальной плоскости проекций

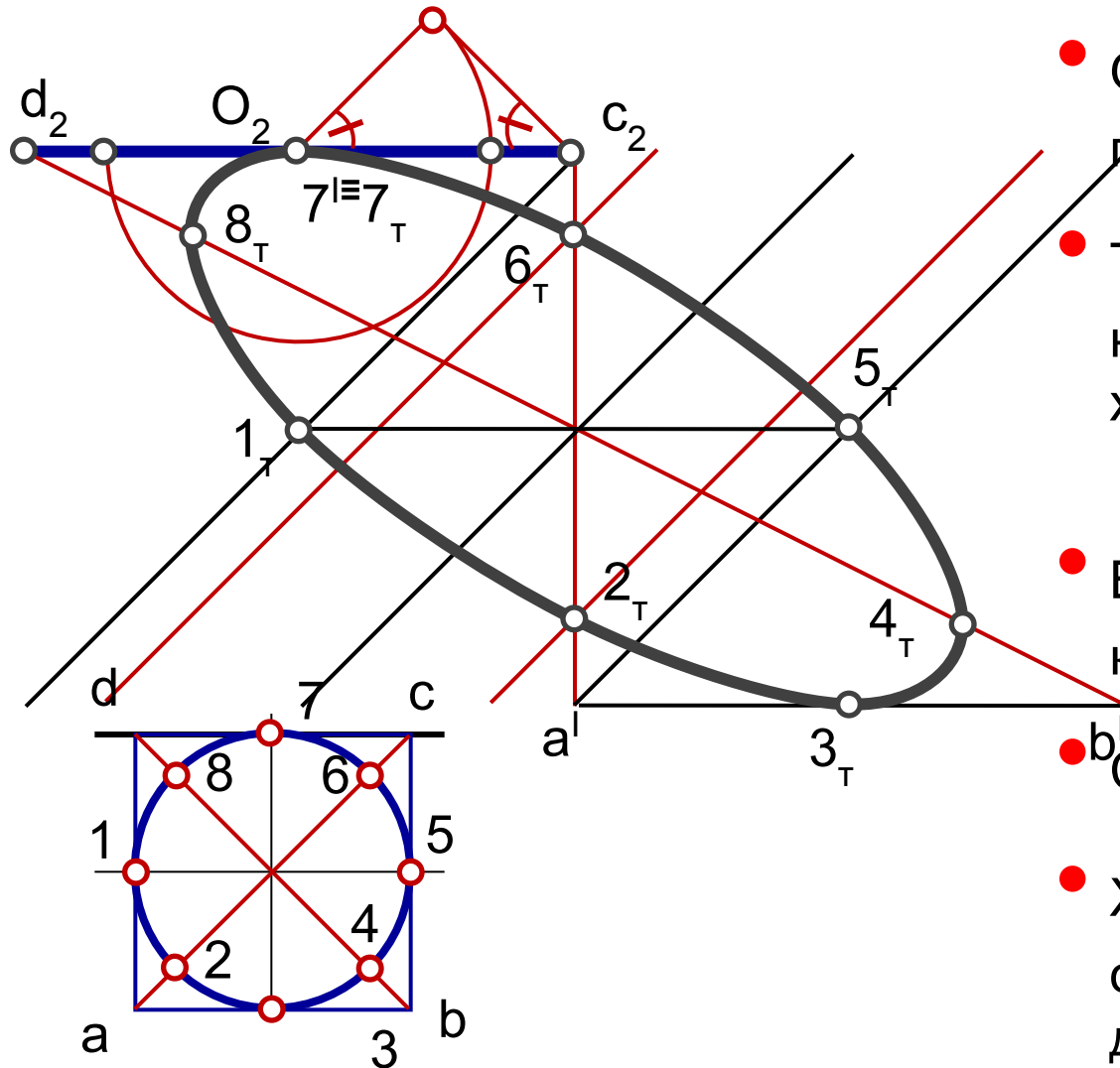


- Тень о горизонтальной полуокружности

- 2 – бликовая точка

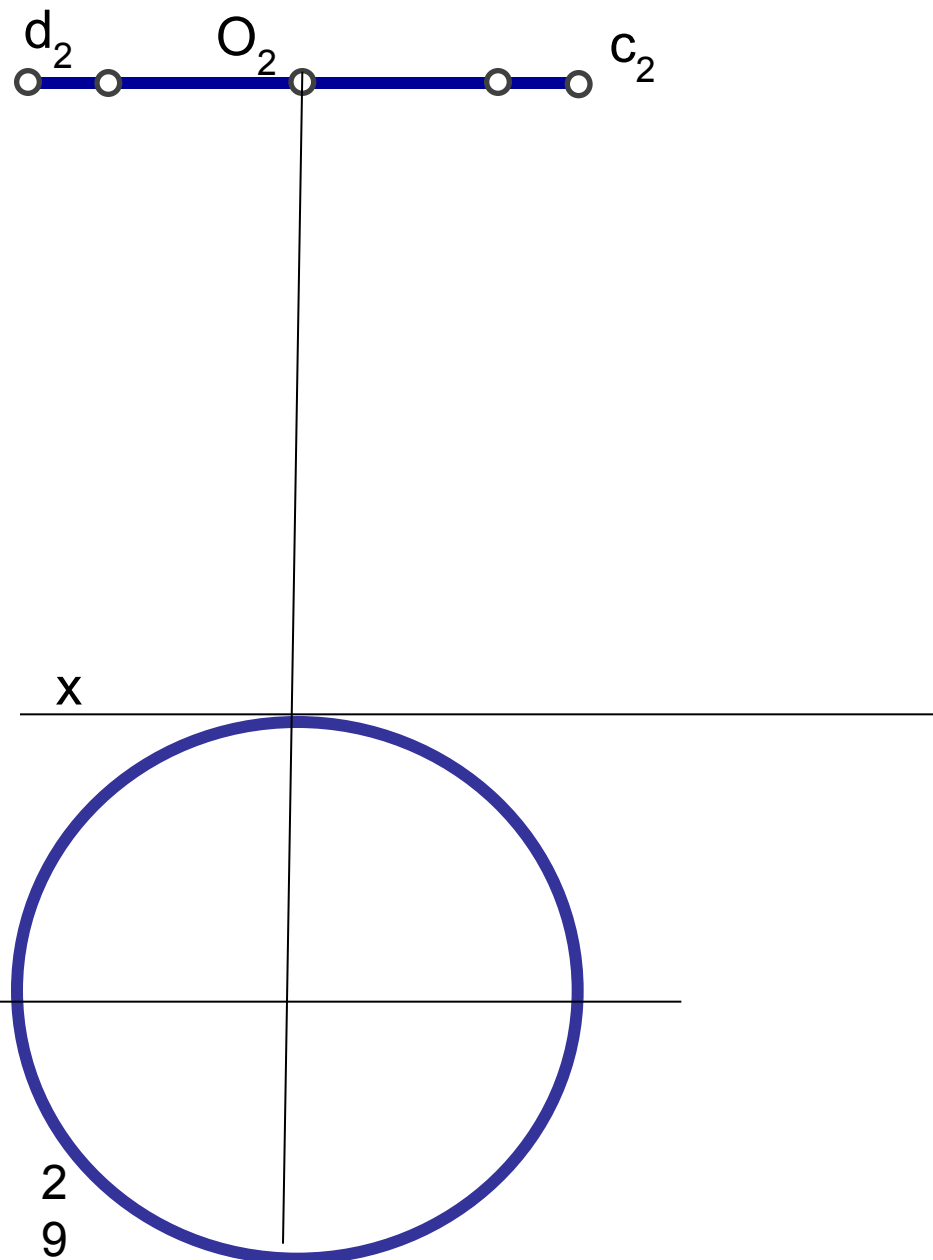
- 3 – имеющая максимальный

# Тень от окружности частного положения



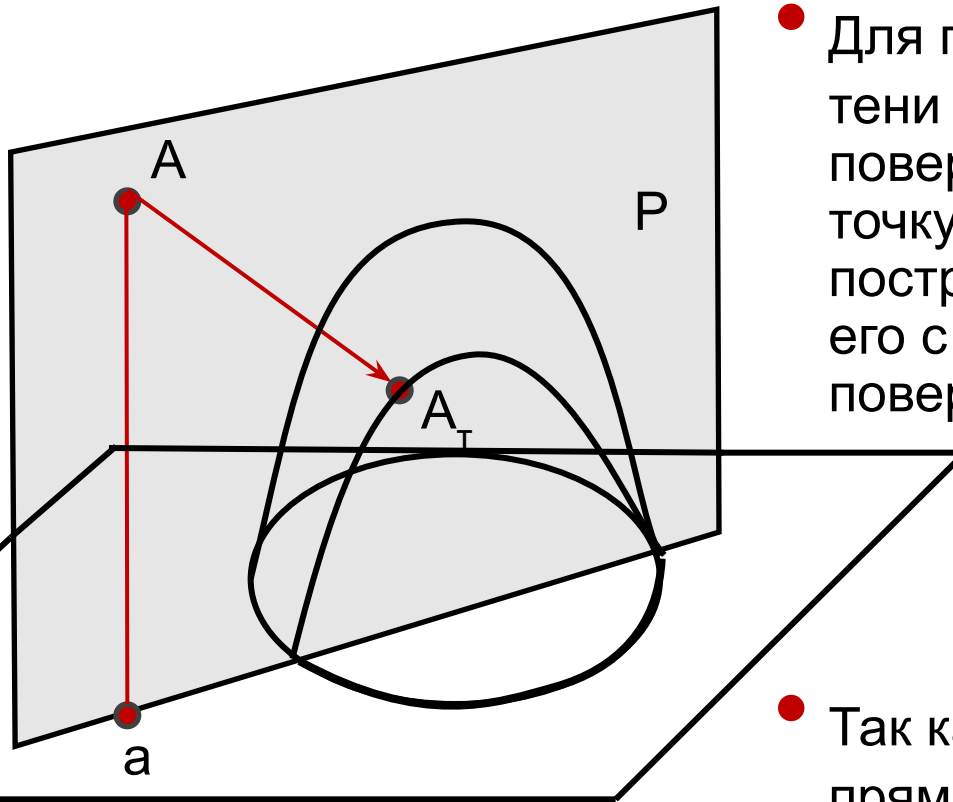
- Окружность занимает горизонтальное положение
- Тень от окружности строится на фронтальную плоскость по характерным точкам
- Вписываем окружность в квадрат
- Строим тень от квадрата.
- Характерные точки окружности: на диаметре и на диагоналях

# Задача: Построить тень от окружности



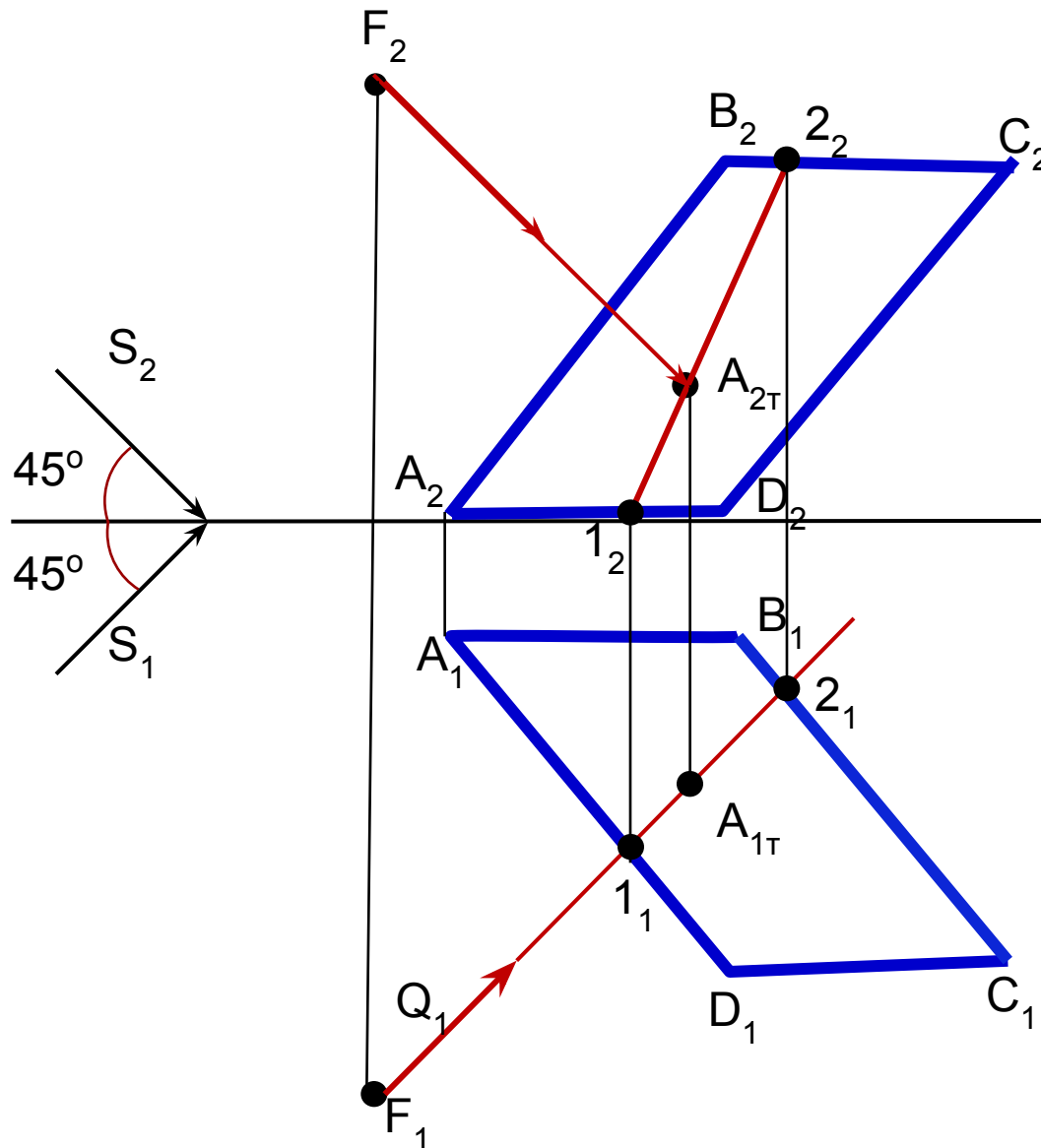


# Тень от точки на поверхность



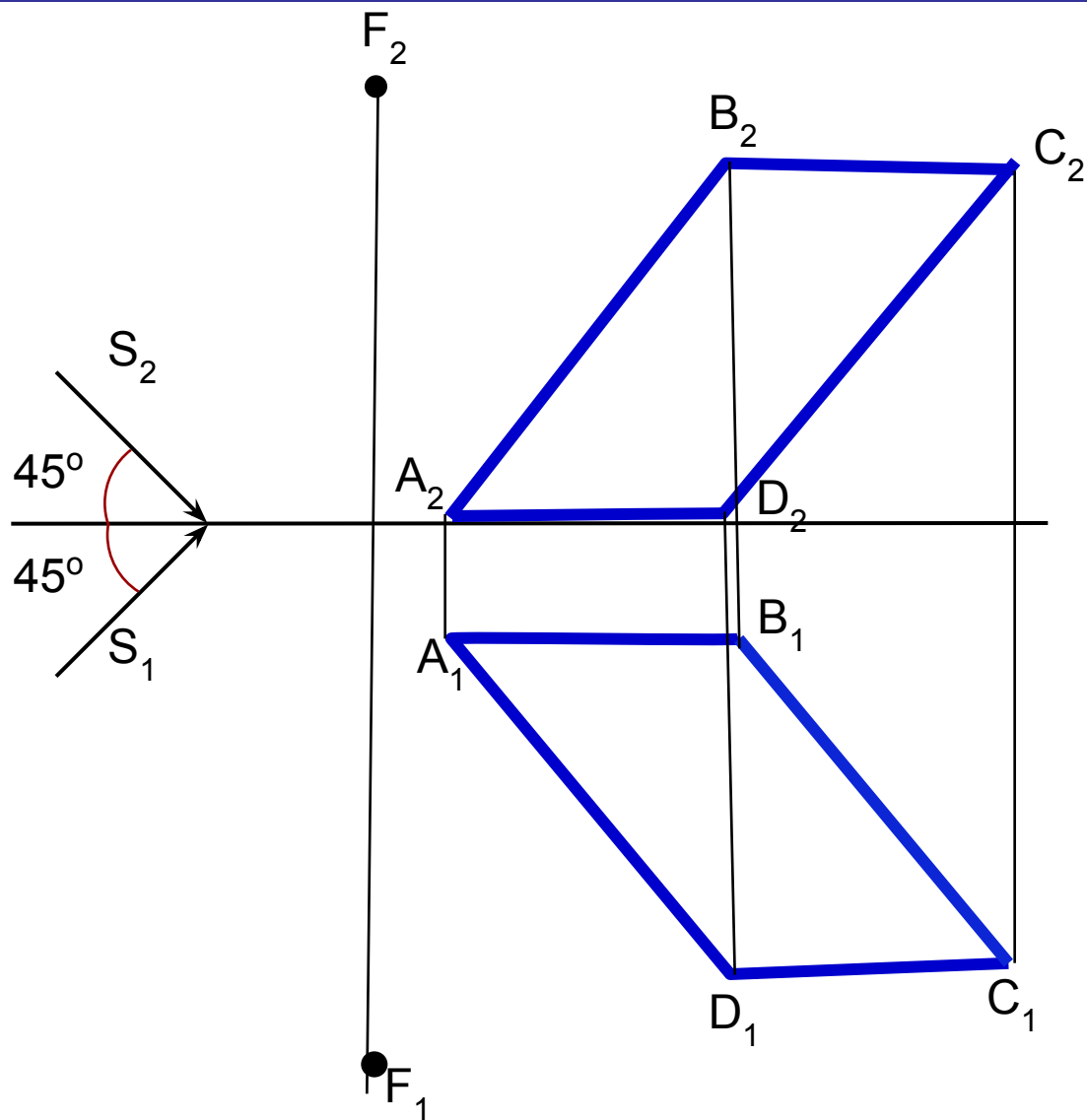
- Для построения падающей тени от точки на плоскость или поверхность следует через точку провести световой луч и построить точку пересечения его с плоскостью или поверхностью.
- Так как световой луч является прямой линией, *то построение тени точки сводится к построению точки пересечения прямой с плоскостью или поверхностью*

# Тень от точки на плоскость общего положения

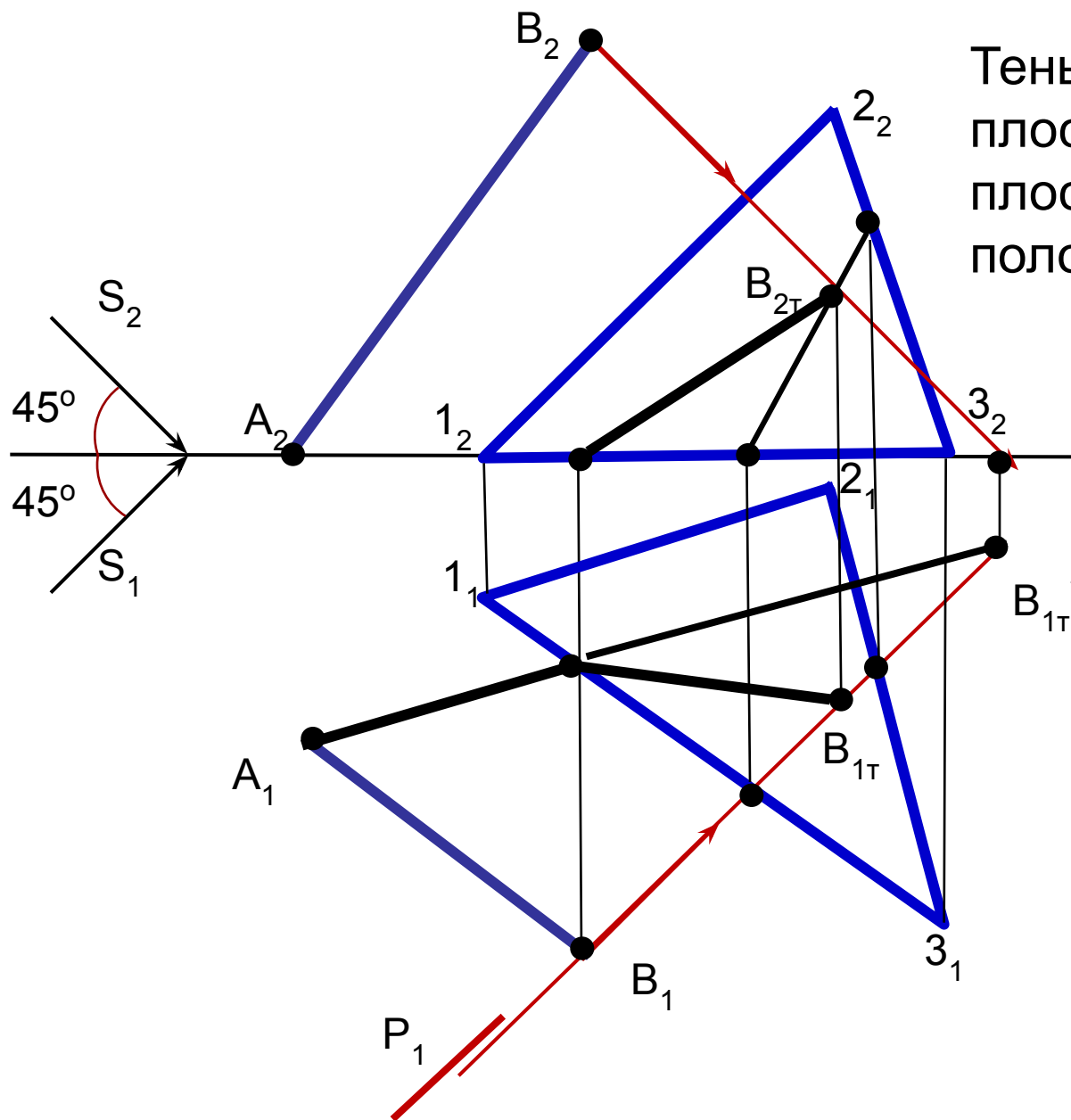


Построение проекций падающей тени от точки **E** на плоскость общего положения, заданную четырехугольником **ABCD**

# Задача: Построить тень от точки на плоскость

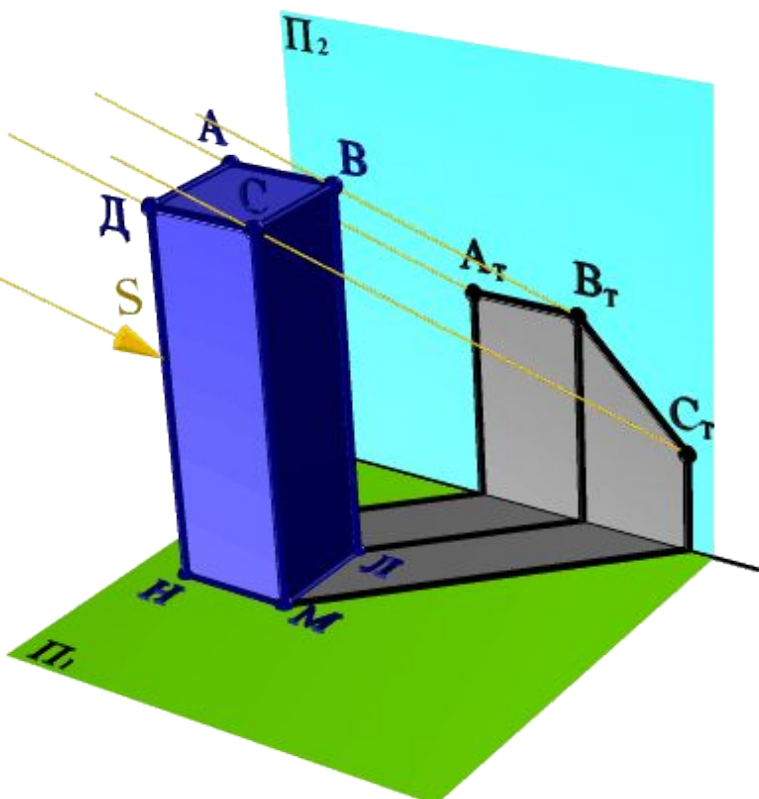


# Тень от прямой на плоскость общего положения



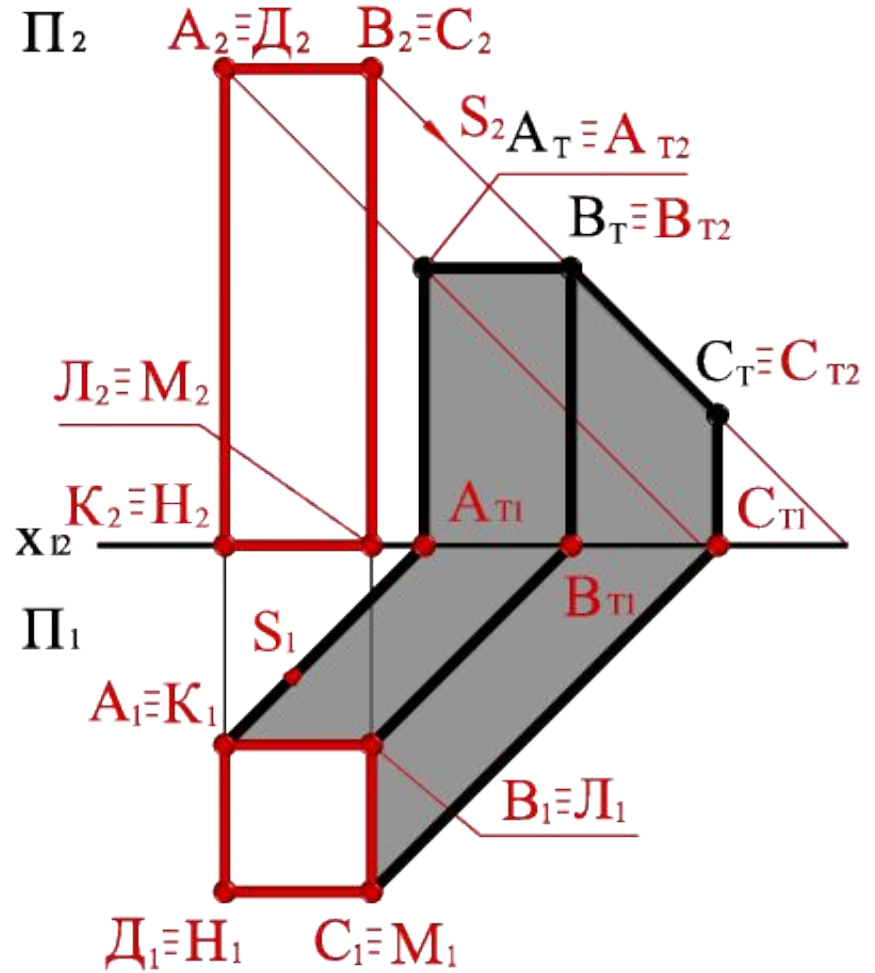
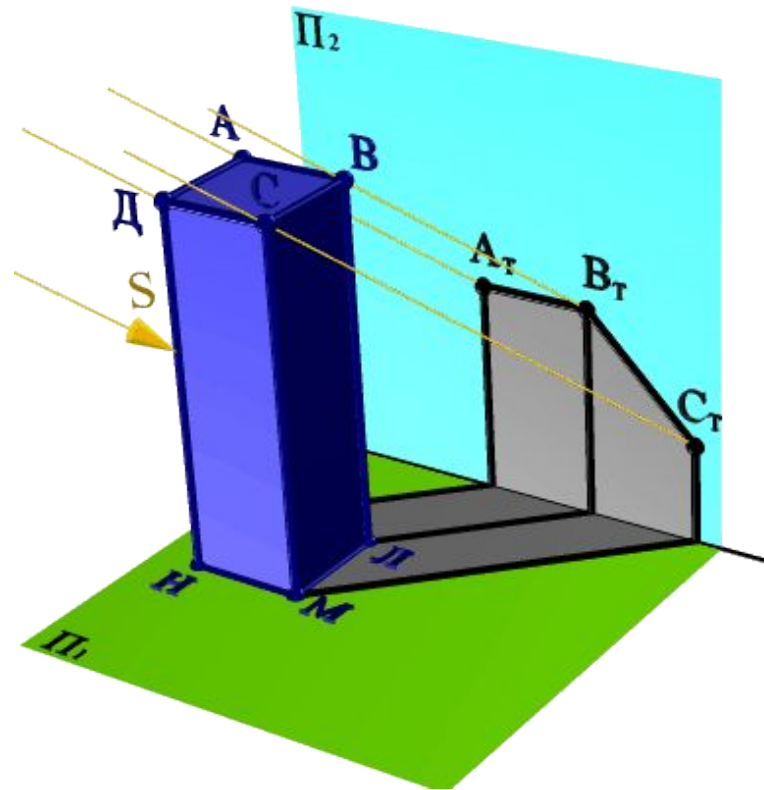
Тень от прямой на  
плоскости  $\Pi_1$  и  
плоскость общего  
положения **1, 2, 3**

# Построение тени параллелепипеда

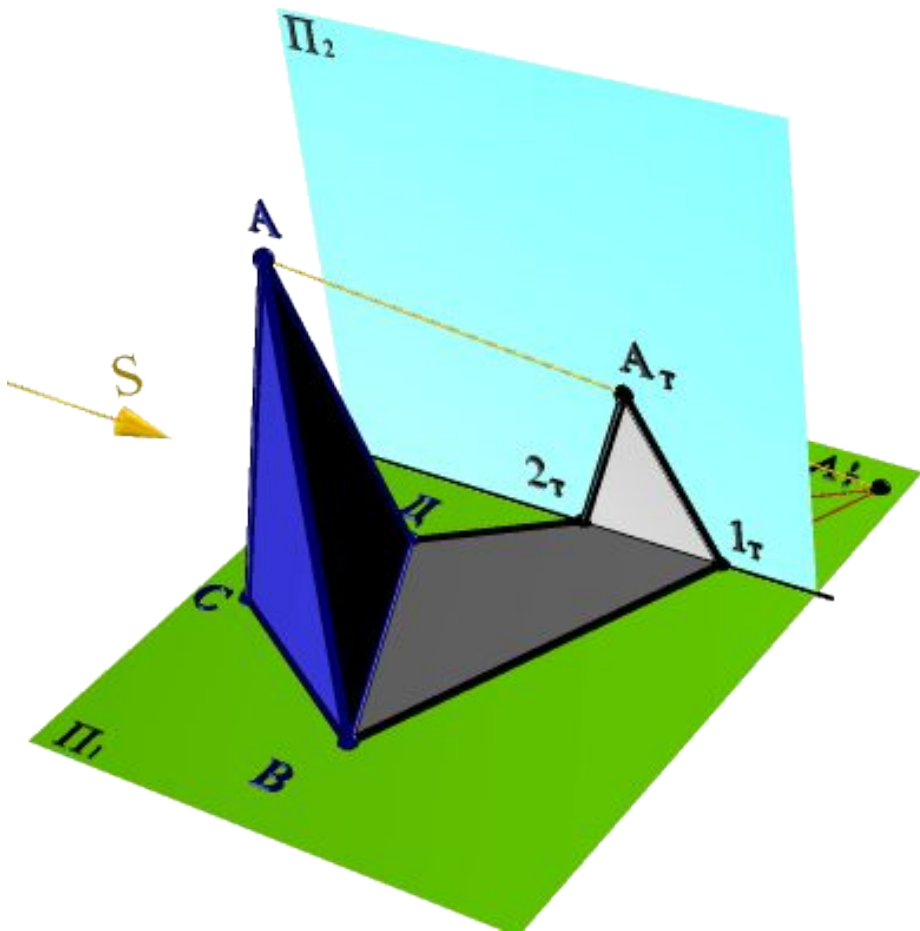


- Построение собственной и падающей теней параллелепипеда сводится к определению собственных и падающих теней граней – плоских геометрических объектов.
- В собственной тени находятся две грани параллелепипеда **ABLK** и **BSLM**. Поэтому падающей тенью параллелепипеда будет совокупность падающих теней этих граней.
- Грани **ABLK** и **BSLM** являются прямоугольниками частного положения относительно плоскостей проекций, поэтому для построения их теней могут быть использованы известные приемы построения теней плоских фигур частного

# Построение тени параллелепипеда на эюре

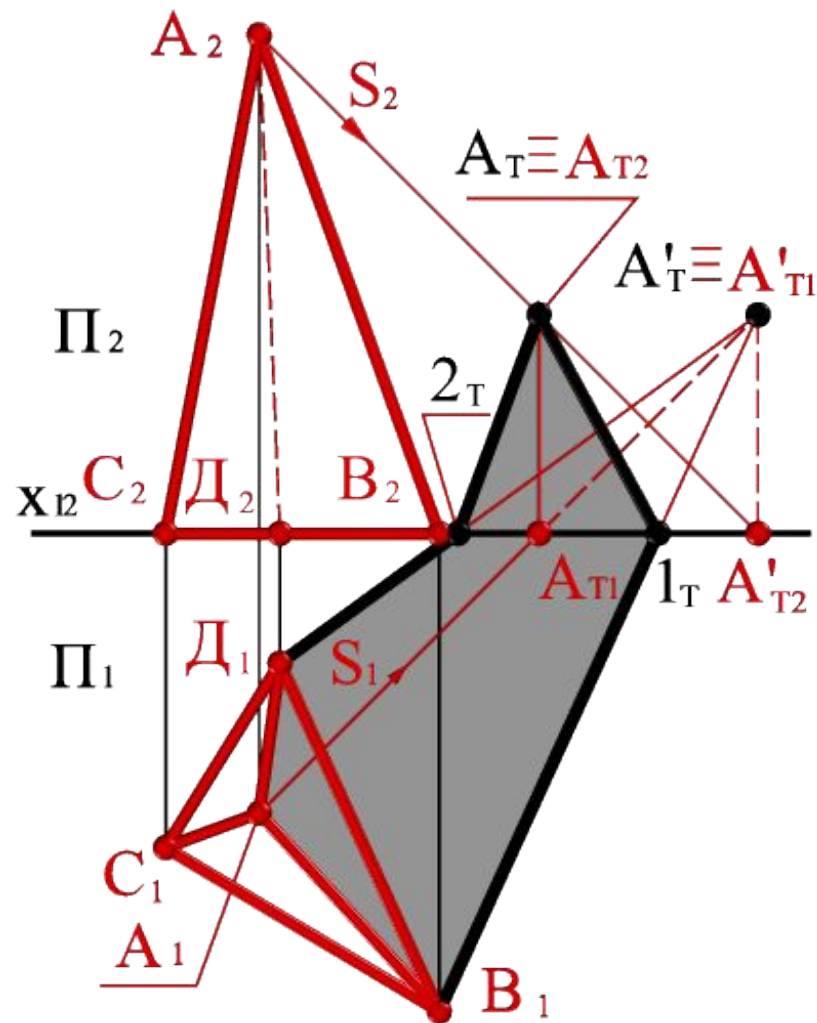
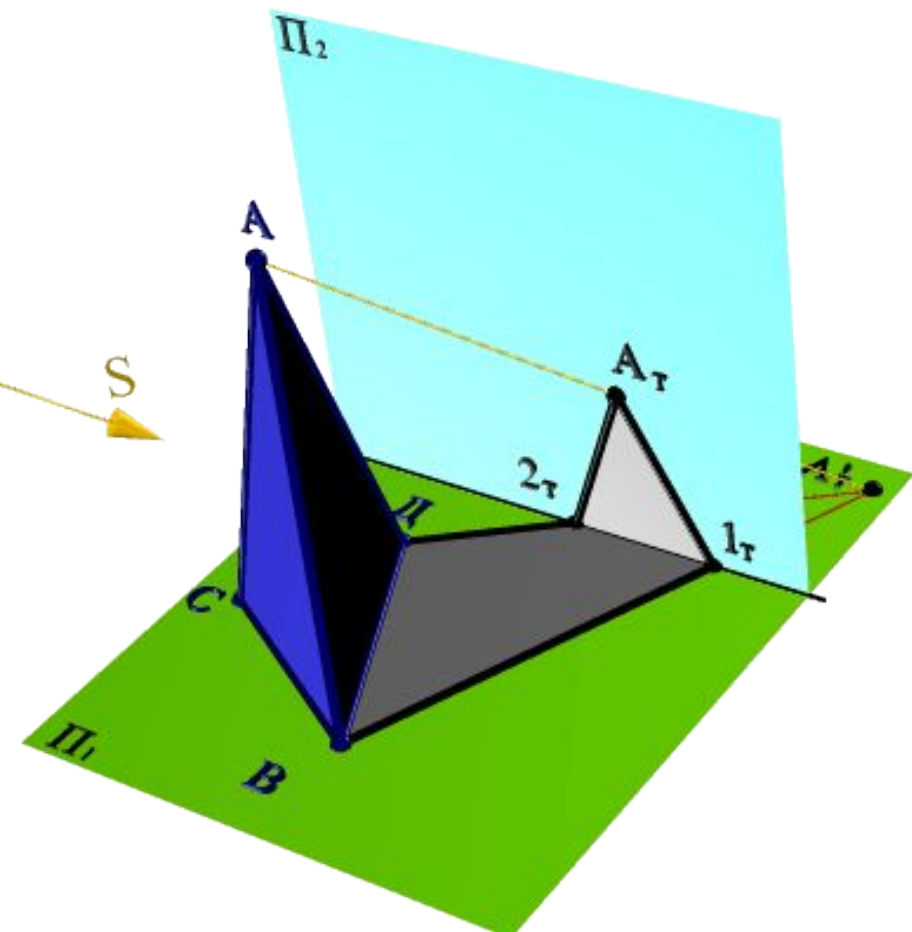


# Построение тени пирамиды



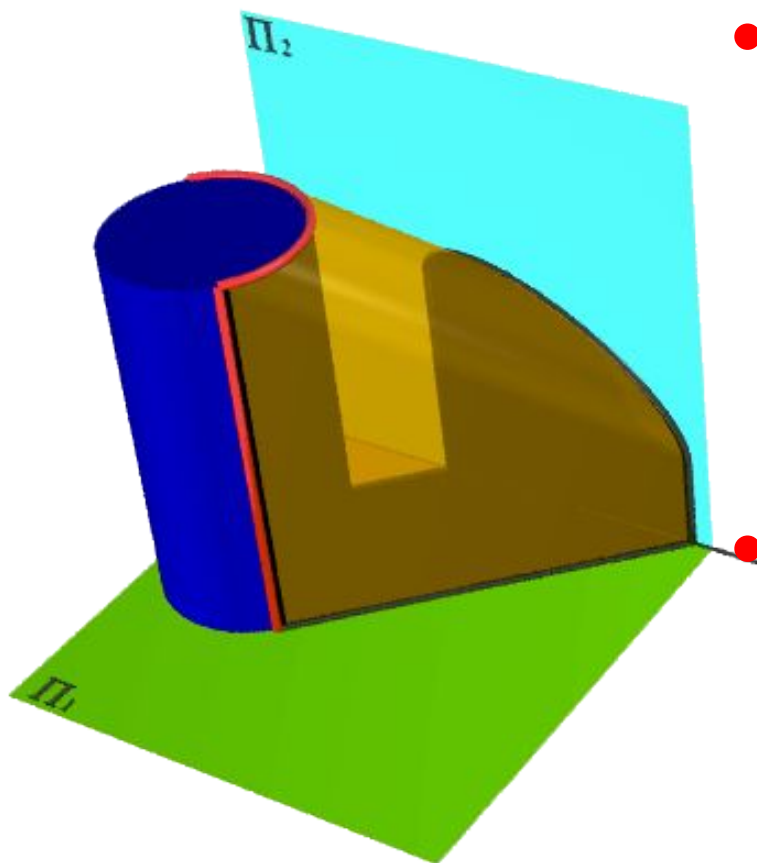
- Построение собственной и падающей теней пирамиды сводится к определению собственных и падающих теней граней – плоских геометрических объектов.
- В собственной тени находится одна грань пирамиды **ABD**. Поэтому падающую тенью параллелепипеда будет падающая тень этой грани. Грань является треугольником общего положения относительно плоскостей проекций.
- Сторона **BD** лежит на горизонтальной плоскости проекций, т.е. совпадает со своей тенью.
- Для нахождения теней отрезков **AB** и **AD** требуется построить

# Построение тени пирамиды на эюре



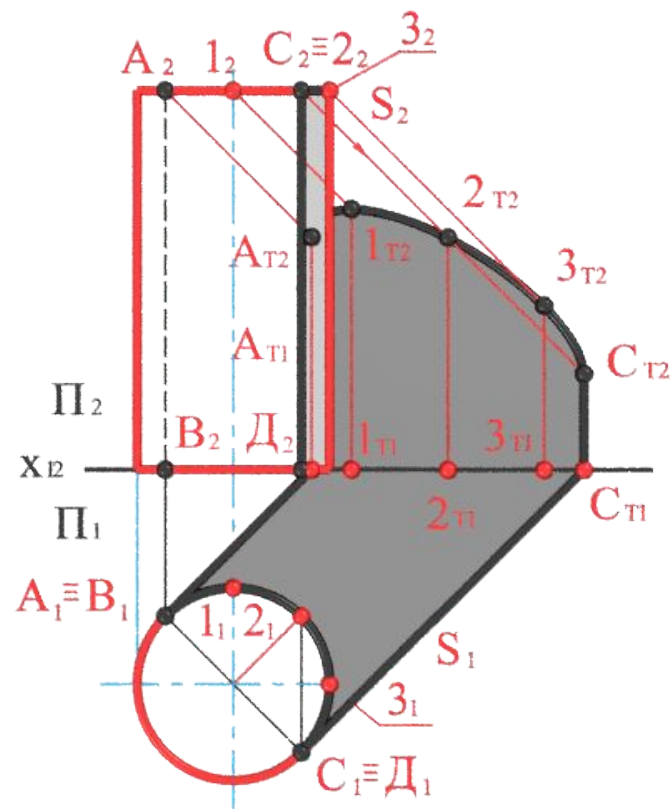
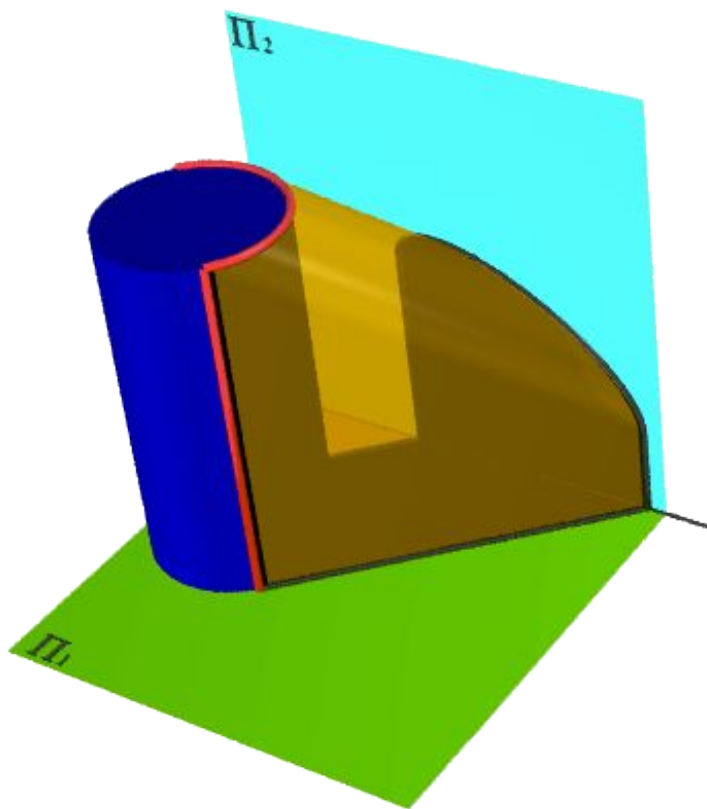


# Построение тени цилиндра

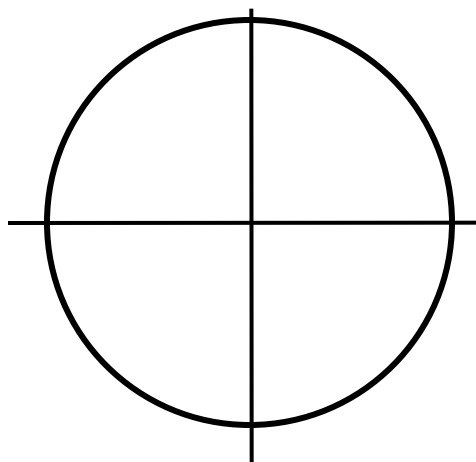
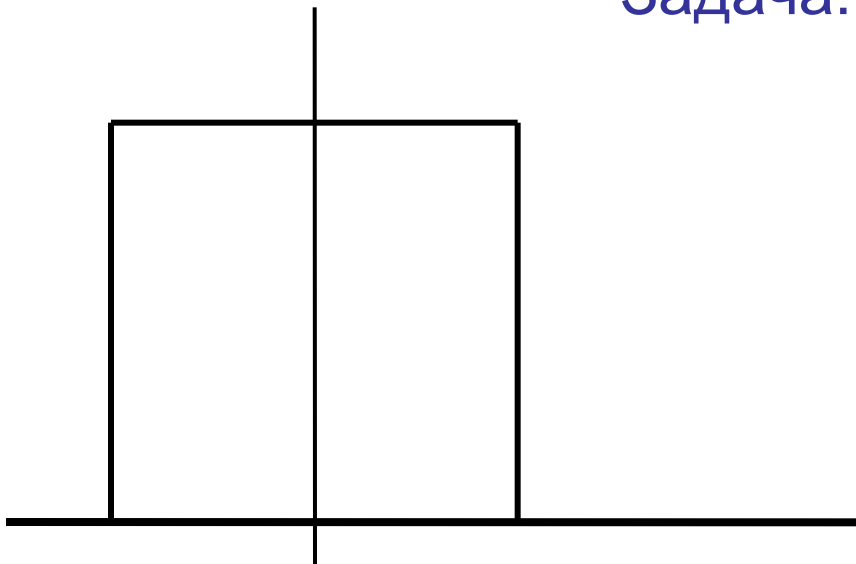


- Для определения контура собственной тени прямого кругового конуса проведем две горизонтально проецирующие лучевые плоскости, касательные к поверхности цилиндра и составляющие с фронтальной плоскостью проекций угол  $45^\circ$ .
- Образующие **AB** и **CD**, по которым плоскости касаются цилиндра, и полуокружности верхнего и нижнего оснований определяют контур собственной тени.
- Падающая тень цилиндра ограничена тенью от контура собственной тени.
- Тени от образующих строятся как тени вертикальных прямых.
- Нижняя полуокружность совпадает с основанием цилиндра и расположена на горизонтальной плоскости.

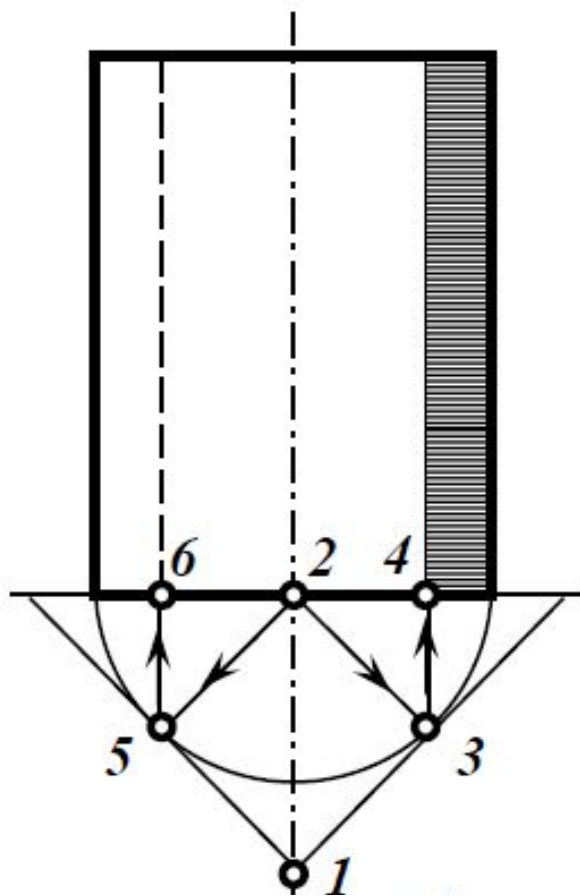
# Построение тени цилиндра на эюре



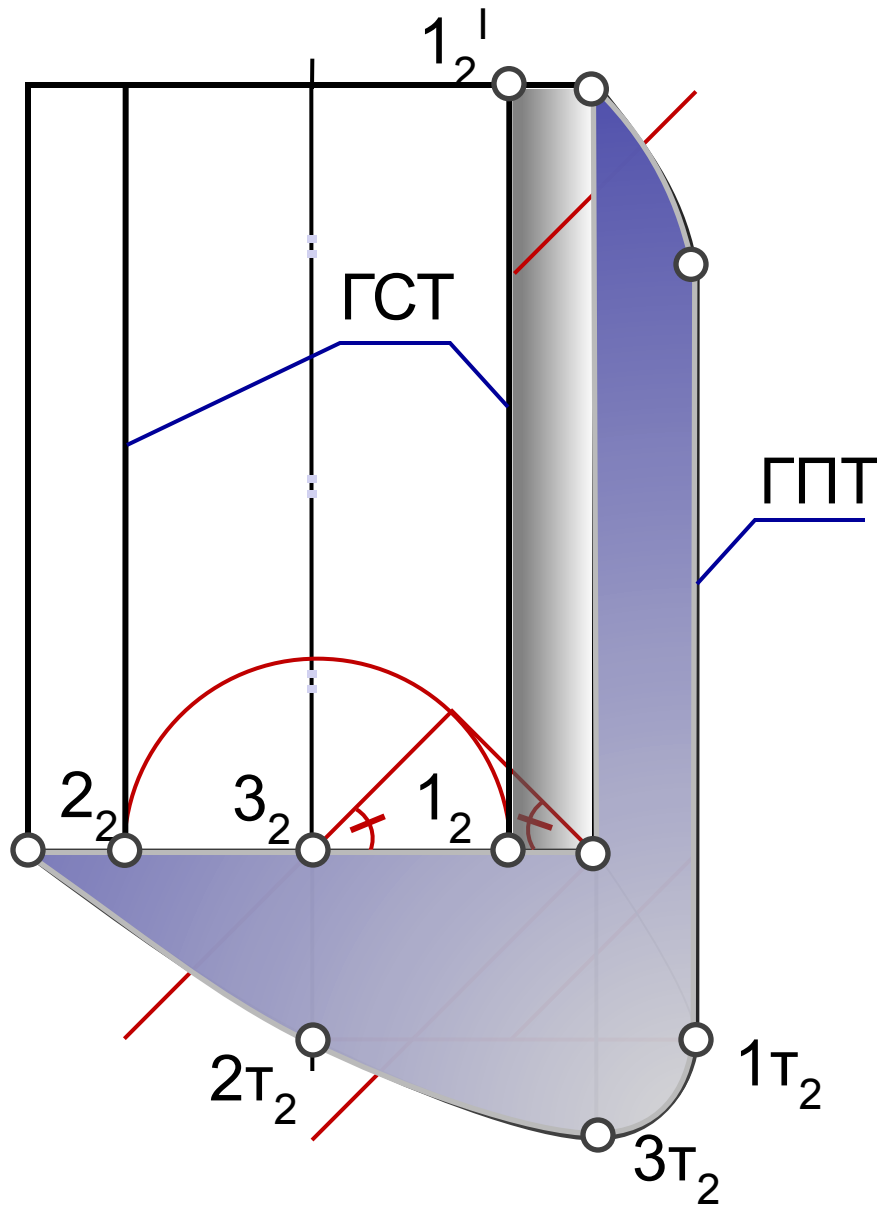
# Задача: Построить тени цилиндра



# Построение тени цилиндра на эюре без второй проекции



# ТЕНИ ЦИЛИНДРА



Тени строятся на фронтальную плоскость, проходящую через ось цилиндра

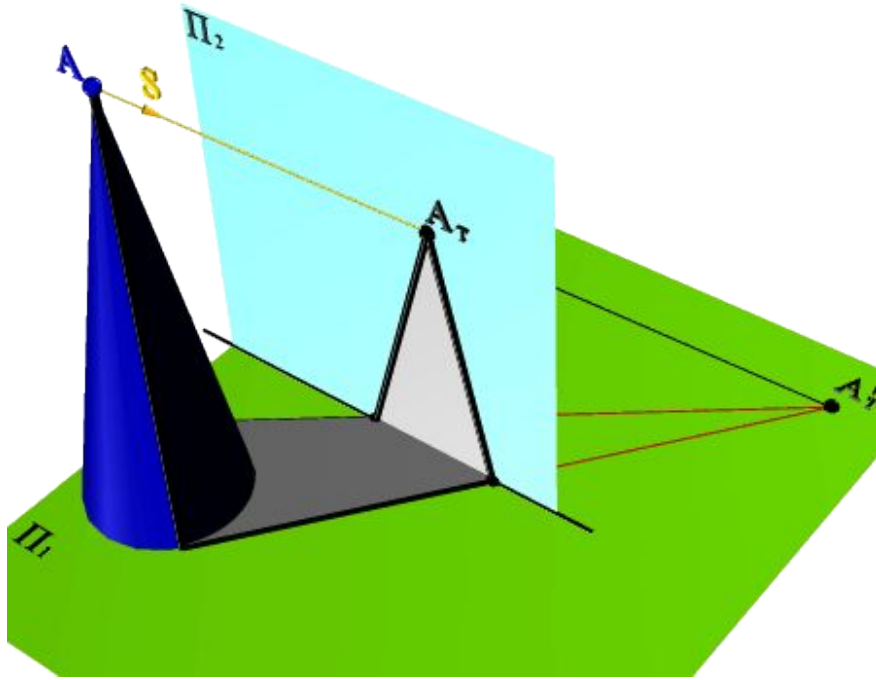
**ГСТ** – граница собственной тени

**ГПТ** – граница падающей тени

Точки 1<sup>1</sup> и 2<sup>1</sup> определяют положение образующих цилиндра. 2<sup>1</sup> – невидимая

# ТЕНИ КОНУСА

# Построение тени конуса



- Построение собственной и падающей теней прямого кругового конуса, основание которого расположено в горизонтальной плоскости, выполняется в следующей последовательности:

- 1. Определяем действительную или мнимую тень от вершины **A** на горизонтальную плоскость проекций.

- 2. Из горизонтальной проекции полученной тени проводим две прямые, касательные к окружности основания конуса. Точки касания этих прямых к окружности основания конуса определяют положение образующих конуса, которые являются контуром собственной тени конуса.

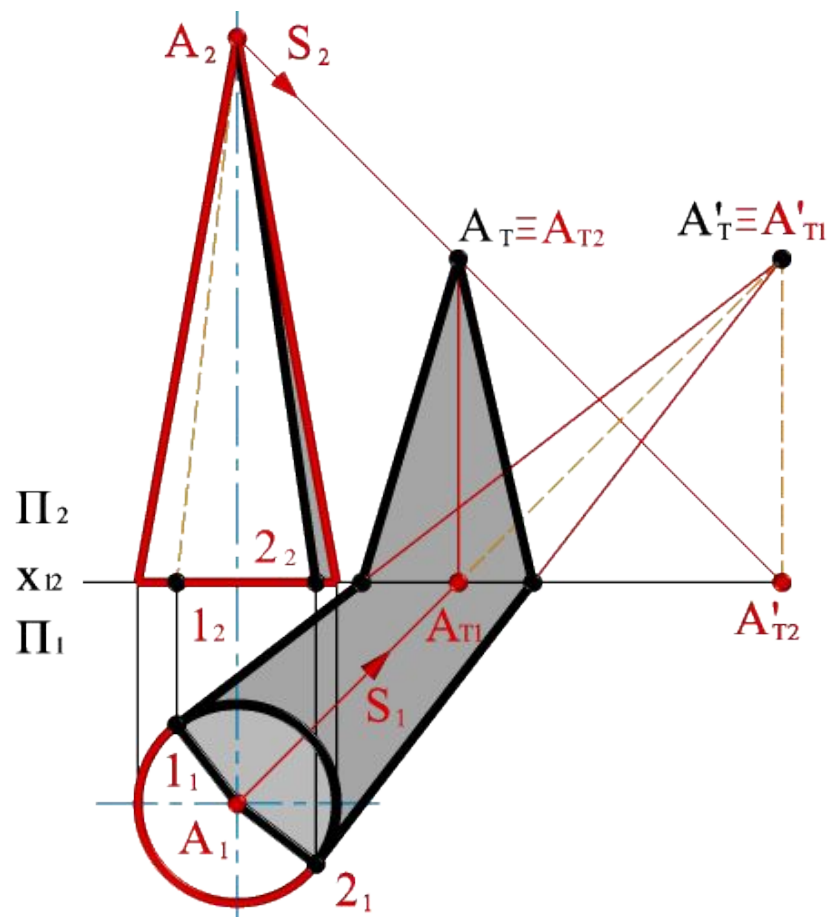
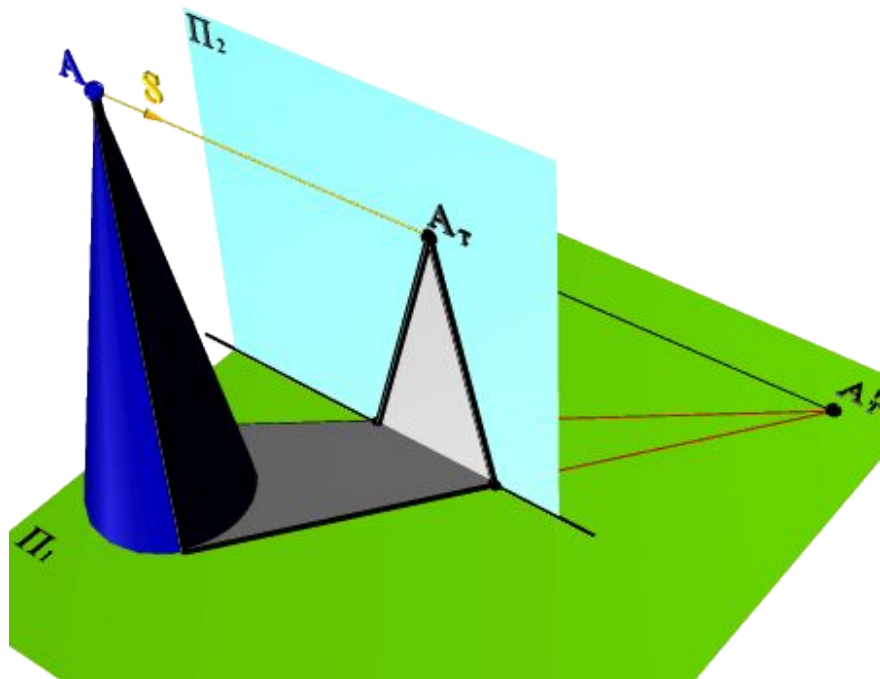
4

4

- 3. Меньшая дуга окружности основания конуса и построенные

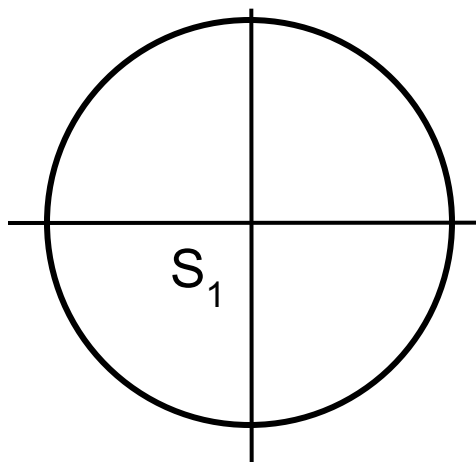
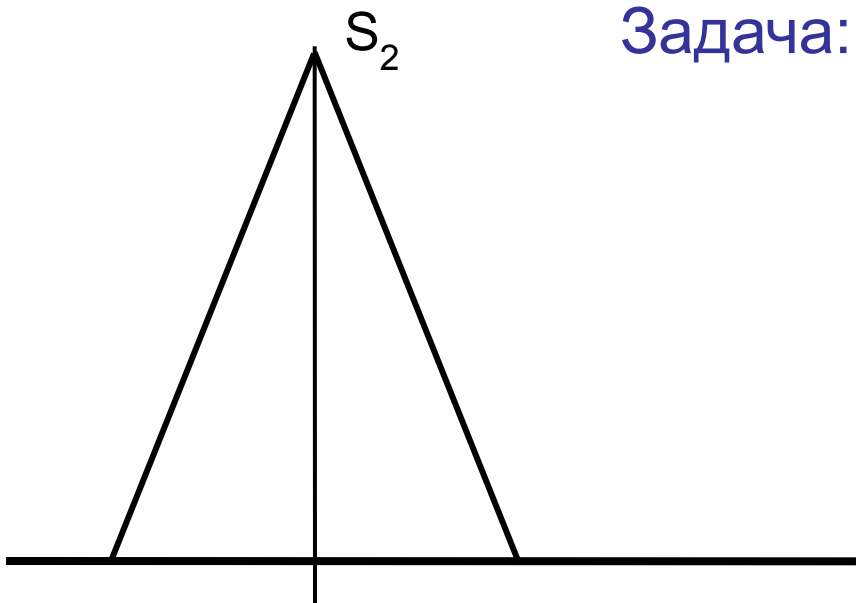


# Построение тени конуса на эюре





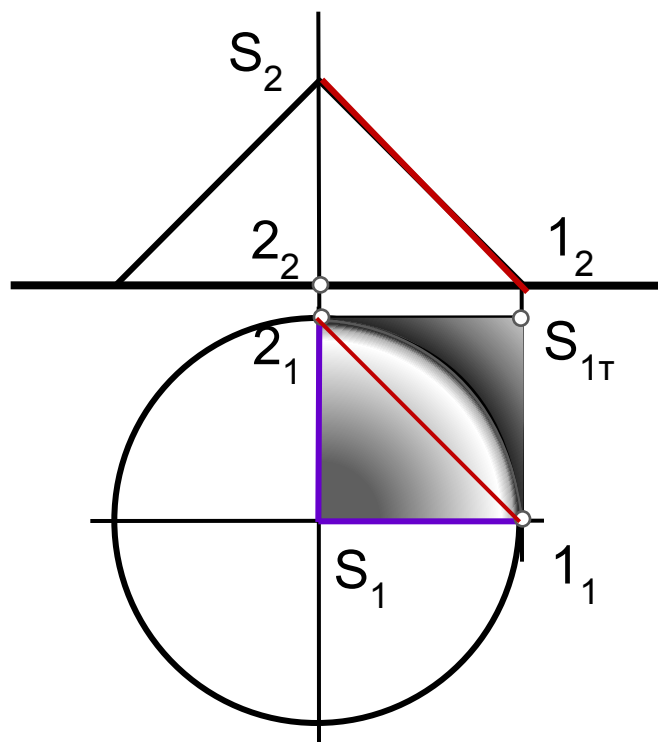
# Задача: Построить тени конуса



## ТЕНЬ КОНУСА

*с углом наклона образующей к основанию равным  
45°*

# Тень конуса с наклоном образующей $45^\circ$



**У конуса с наклоном образующей  $45^\circ$**  фронтальная проекция луча совпадает с очерковой образующей.

Собственная тень занимает одну четверть поверхности нижней половины конуса и три четверти поверхности верхней половины.

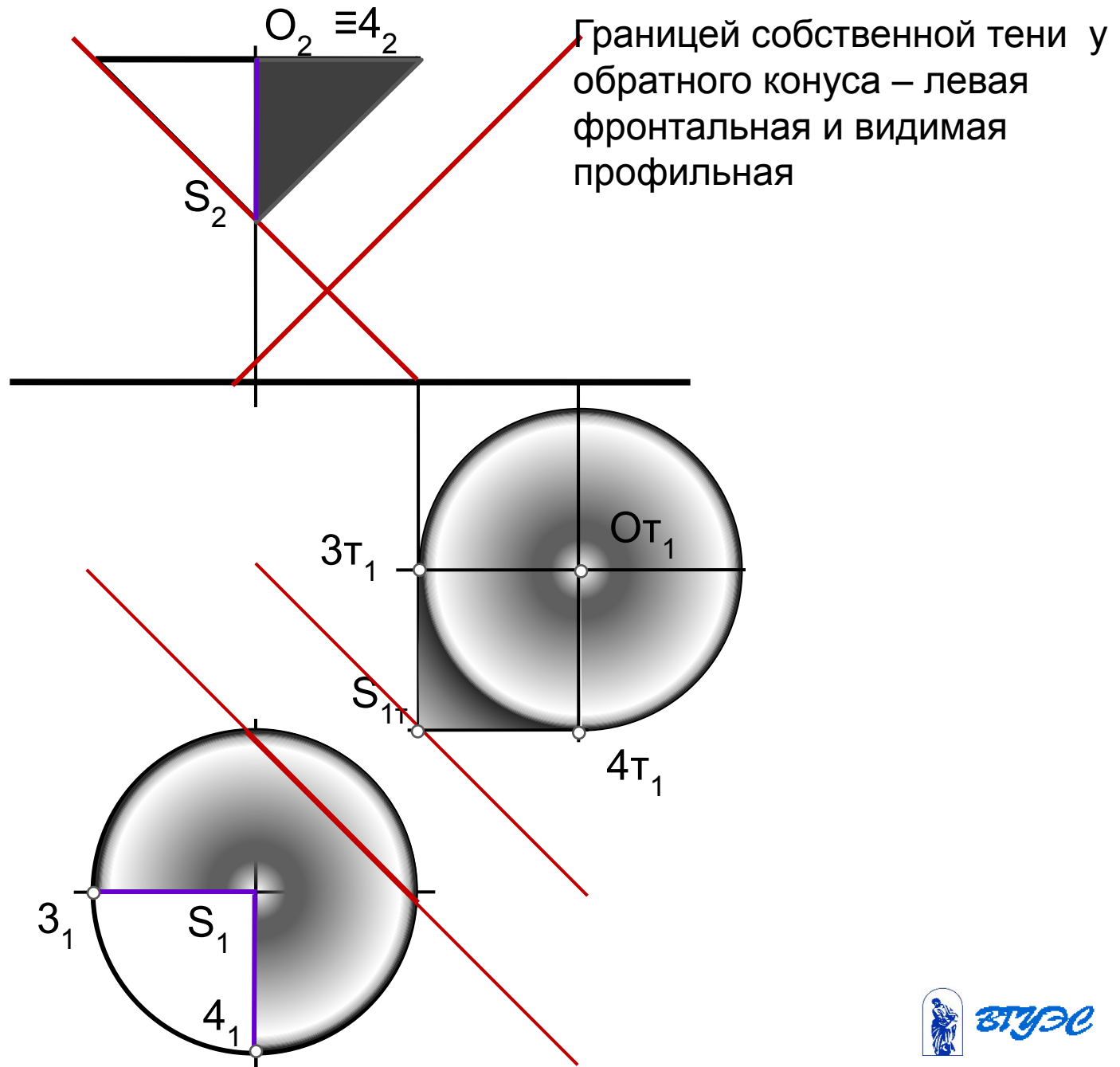
Теневыми образующими являются очерковая: правая фронтальная ( $S_1$ ) и профильная невидимая ( $S_2$ ).

У обратного – левая фронтальная и видимая профильная.

Касательным конусом с образующей под  $45^\circ$  будут определяться точки границы собственной тени на фронтальном и профильном очерках поверхности вращения.

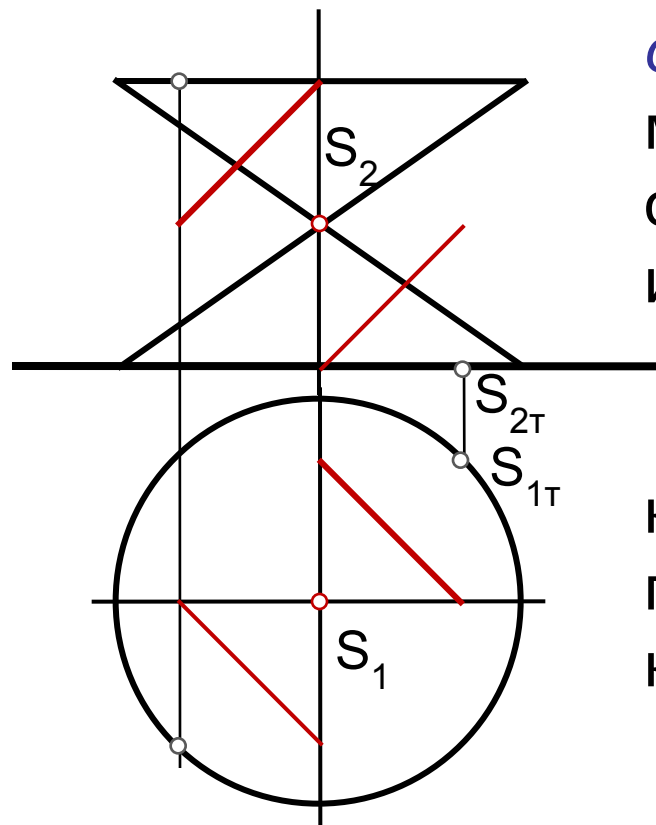
Границей собственной тени у прямого  $45^\circ$  конуса являются образующие: правая фронтальная ( $S_1$ ) и профильная невидимая ( $S_2$ )

# Тень конуса с наклоном образующей $45^\circ$



Касательным конусом с *образующей под  $45^\circ$*  будут определяться *точки границы собственной тени* на *фронтальном и профильном очерках* поверхности вращения

# Тень конуса с наклоном образующей $35^\circ$



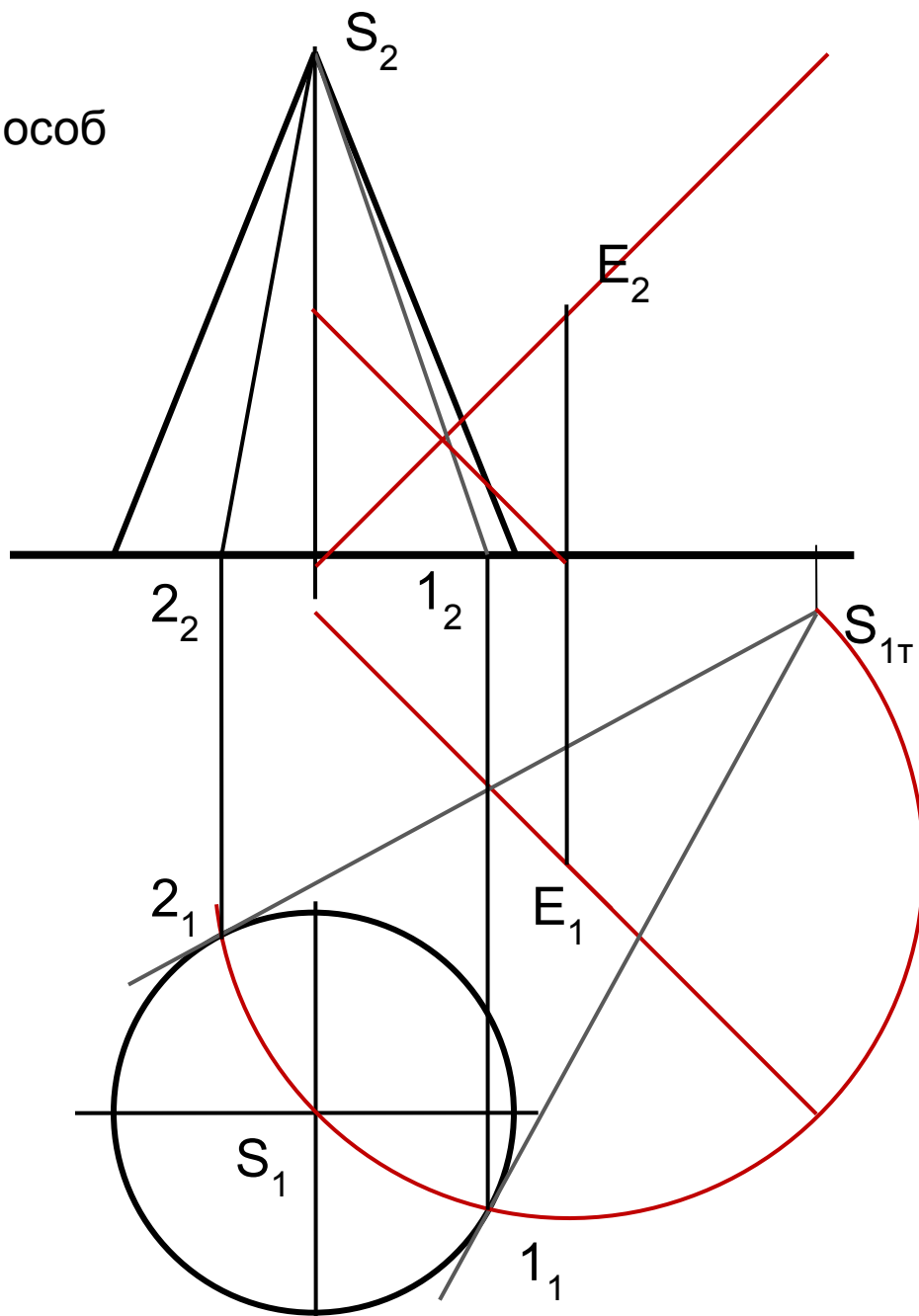
У конуса с наклоном образующей  $35^\circ$  контуром тени может служить единственная образующая, которая на фасаде имеет наклон  $45^\circ$ .

Поверхность нижней полы конуса будет вся освещена, а поверхность верхней полы конуса — вся в тени.

Касательным конусом с образующей под  $35^\circ$  будут определяться высшая и низшая точки границы собственной тени на поверхности вращения

# Собственные тени вспомогательных конусов общего вида

1 способ

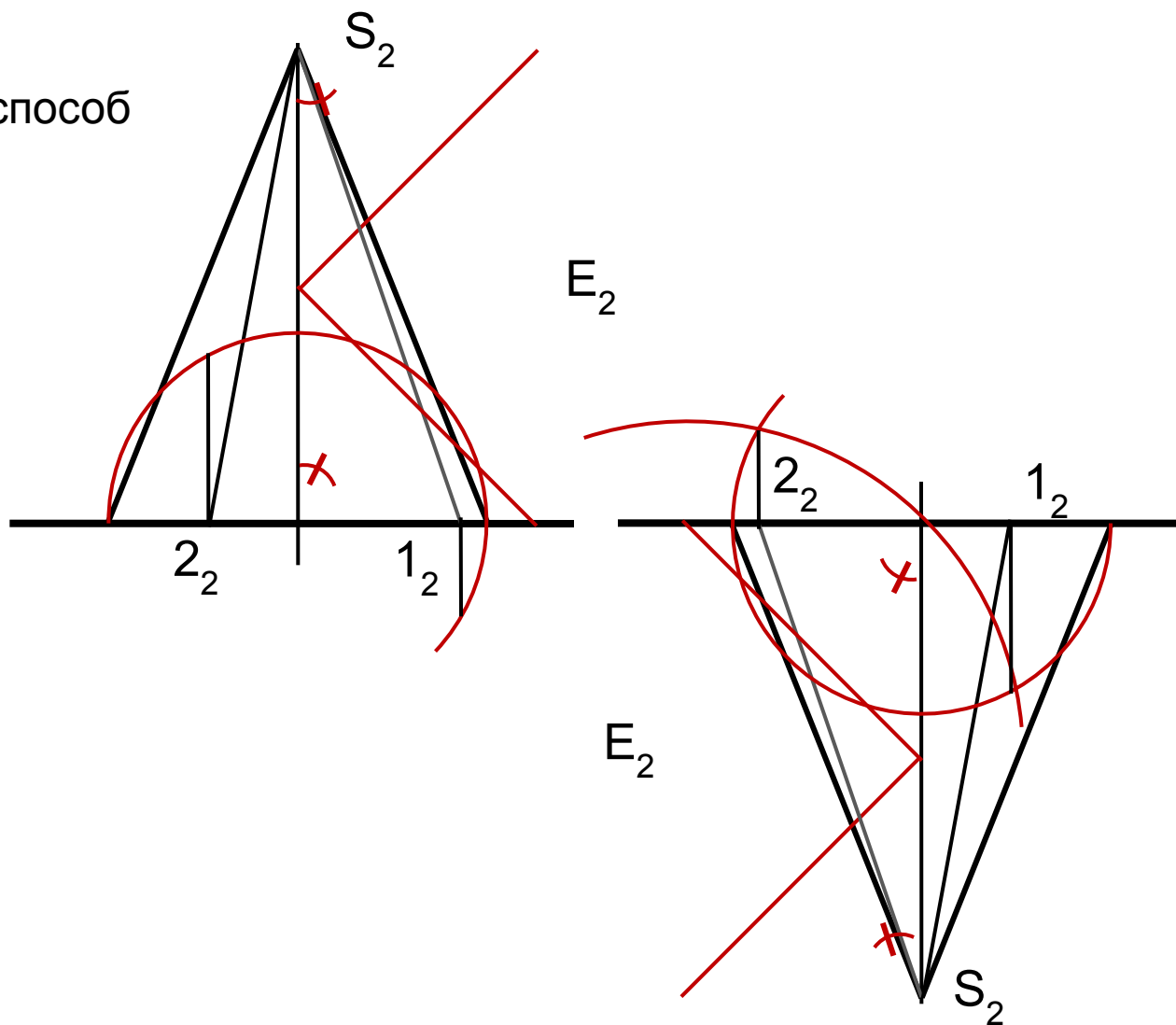


Для более точного определения точек касания **1** и **2** находят точку **E**- середину горизонтальной проекции луча  $S_1S_{1T}$ .

Затем радиусом  $S_1E_1$  делают засечки на окружности и определяют точки **1** и **2**

# Собственные тени вспомогательных конусов общего вида

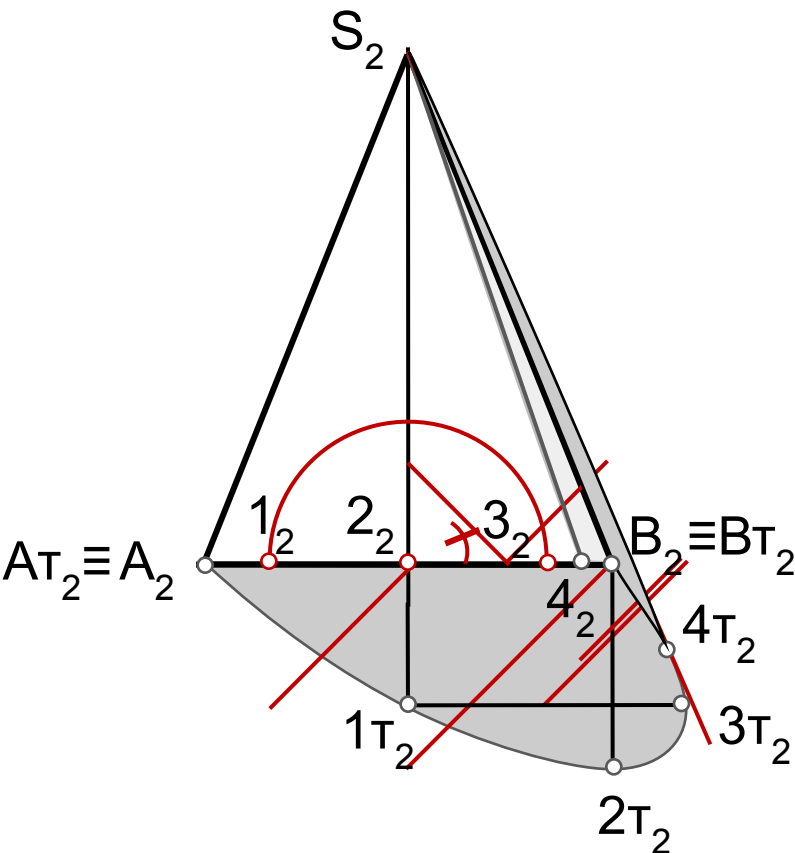
2 способ





# Собственные тени вспомогательных конусов общего вида

3 способ



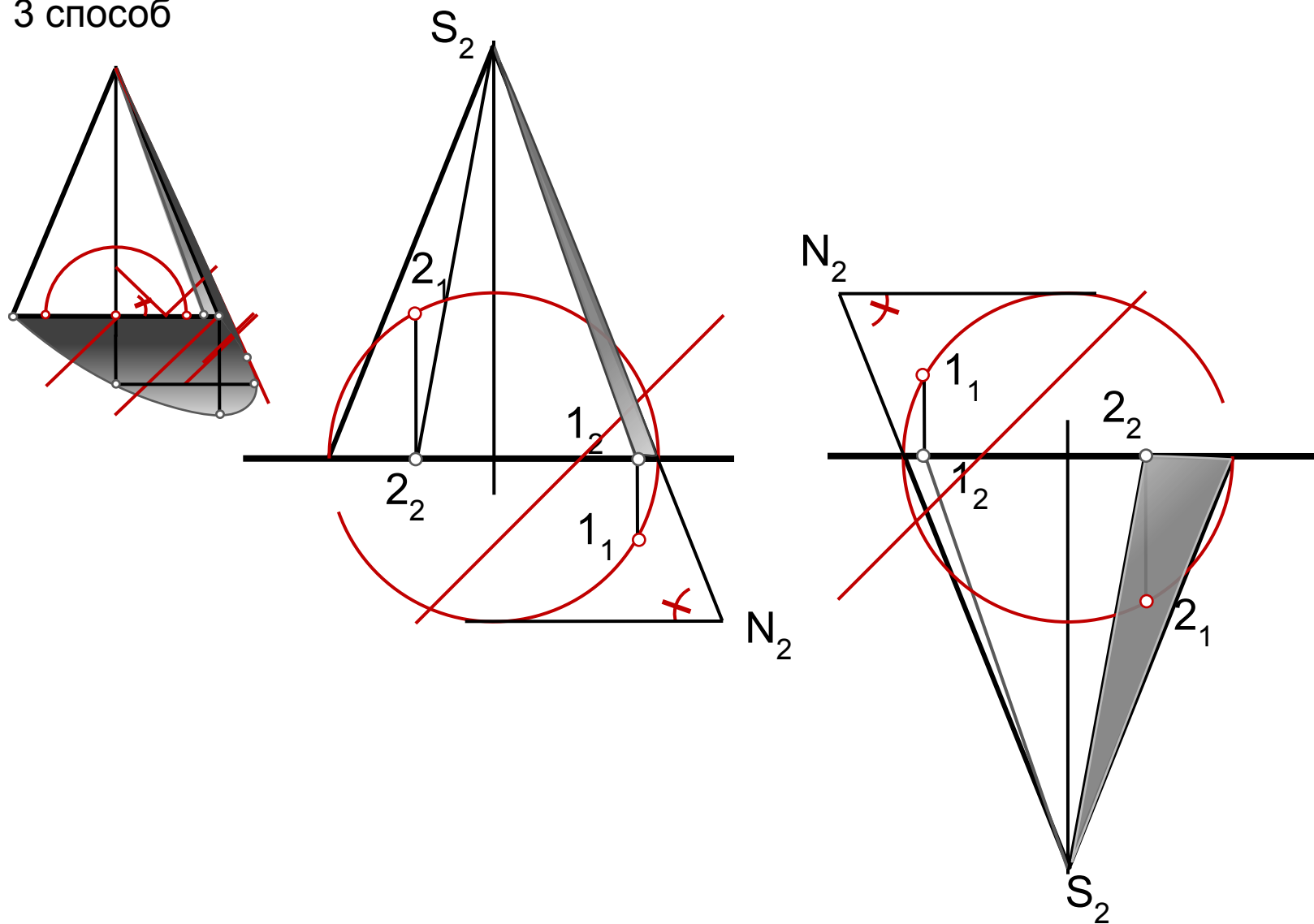
Тени строятся на фронтальную плоскость, проходящую через ось конуса. Из точки тени от вершины конуса проводится касательная к тени основания. «Обратным» лучом из точки  $4T_2$  находим точку  $4_2$  и образующую  $S_24_2$ , которая будет являться контуром собственной тени и  $S_24_23T_22T_21T_2A_2$ - контур падающей тени

К совмещенной с фасадом окружности основания проводят горизонтальную касательную до точки пересечения с продолжением очерковой образующей. Из полученной точки проводят луч под углом в  $45^\circ$ , которая пересекаясь с окружностью, дает необходимые точки  $1_1$  и  $2_1$ .

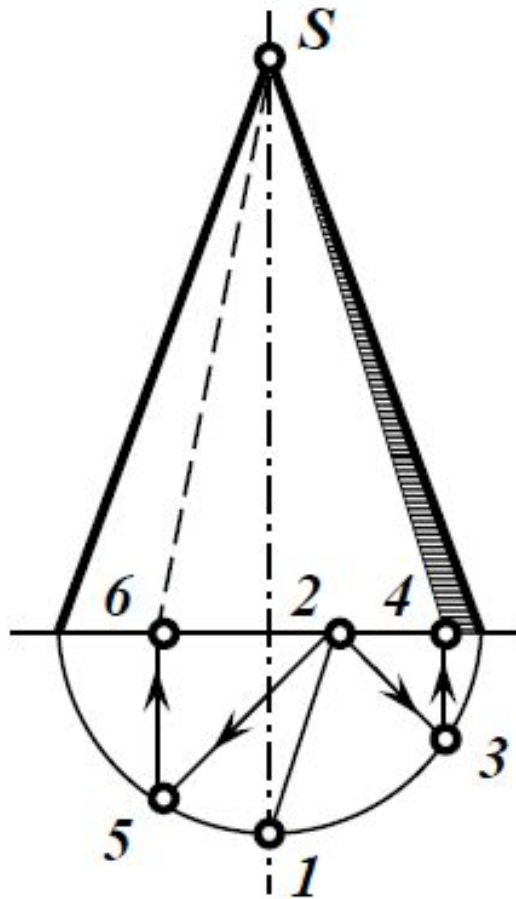
Их проекции  $1_2$  и  $2_2$  определяют положение границы собственной тени

# Собственные тени вспомогательных конусов общего вида

3 способ

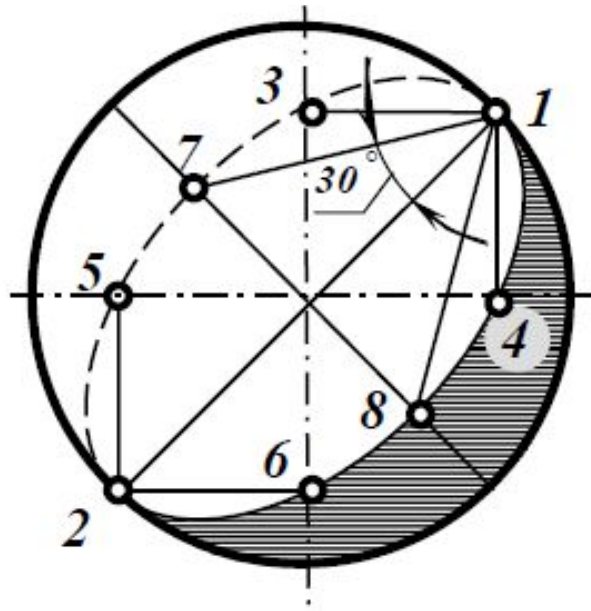


# Построение тени конуса на эюре без второй проекции



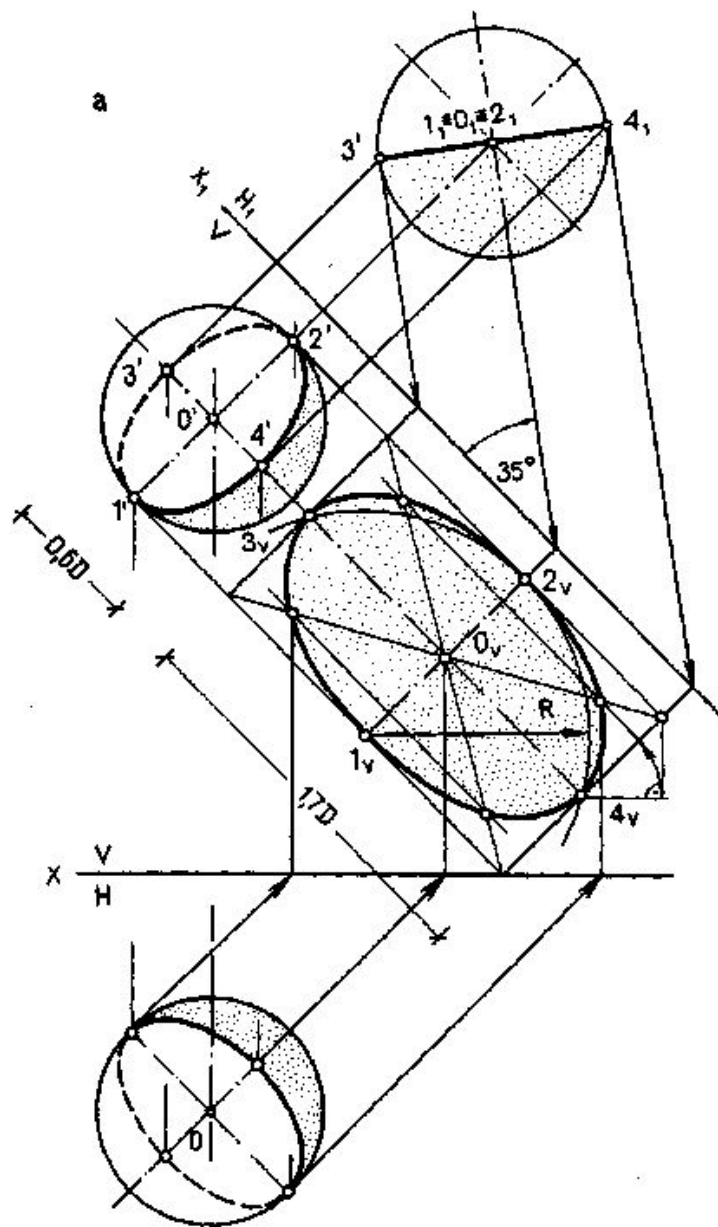
- Для определения тени на конусе нужно построить к его фронтальной проекции половину горизонтальной проекции.
- Из точки 1 полуокружности проведем прямую 1–2 параллельно проекции левой очерковой образующей конуса до пересечения с горизонтальным диаметром в точке 2.
- Через точку 2 построим прямую под углом  $45^\circ$  к диаметру, и отметим точку 3 пересечения прямой с окружностью.
- Проведем через точку 3 вертикальную прямую, найдем точку 4, через которую проходит видимая граница собственной тени конуса.
- Если провести через точку 2 прямую 2–5

# Построение собственной тени сферы



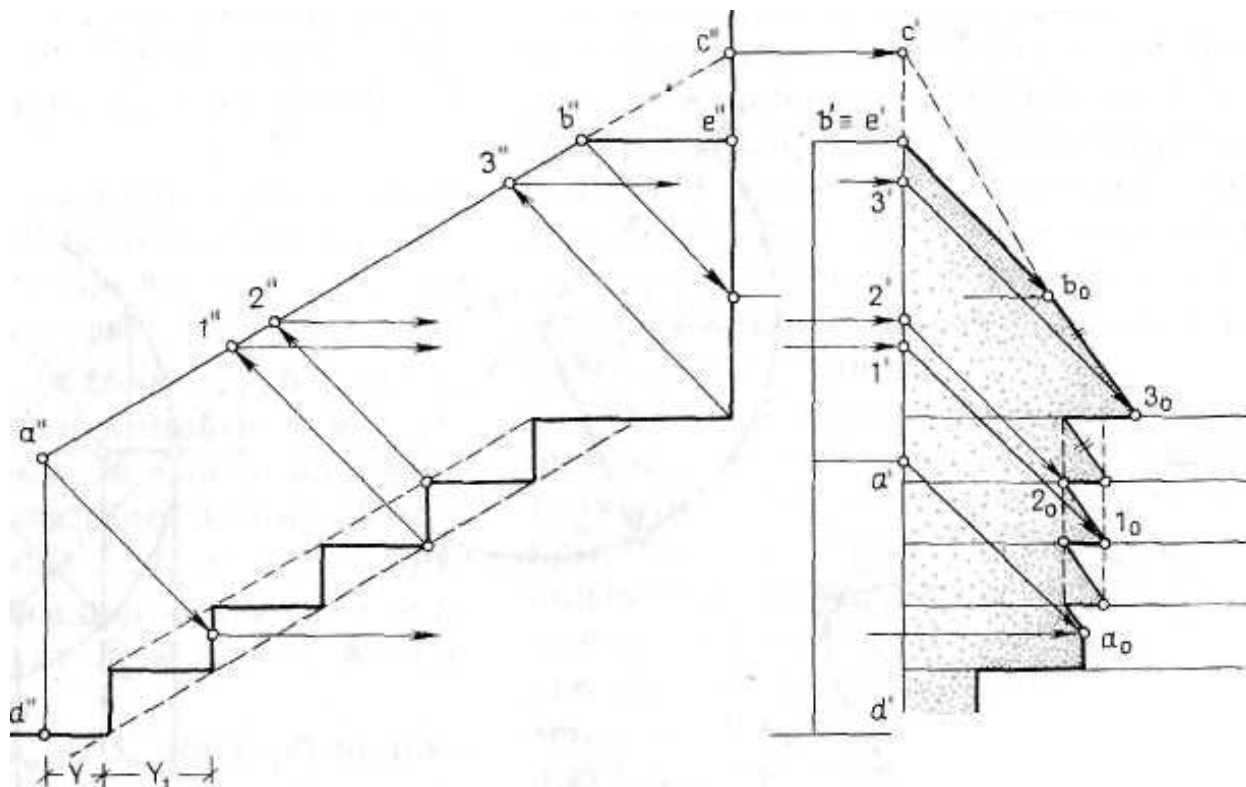
- Тень на шаре строится в такой последовательности: проведем вертикальный, горизонтальный и два наклонных под углом  $45^\circ$  диаметра окружности – фронтальной проекции шара.
- Через точку 1 наклонного диаметра 1–2 проведем горизонтальную и вертикальную прямые, а также прямые, наклоненные под углом  $30^\circ$  к диаметру 1–2.
- В пересечении прямых с соответствующими диаметрами получим точки 3, 4, 7, 8.
- Точки 5 и 6 получены в результате проведения вертикальной и горизонтальной прямых через точку 2.
- Соединив плавной кривой построенные

# Построение падающей тени сферы



- Для построения падающей тени от сферы применяем метод замены плоскостей проекций

# Способ обратных лучей



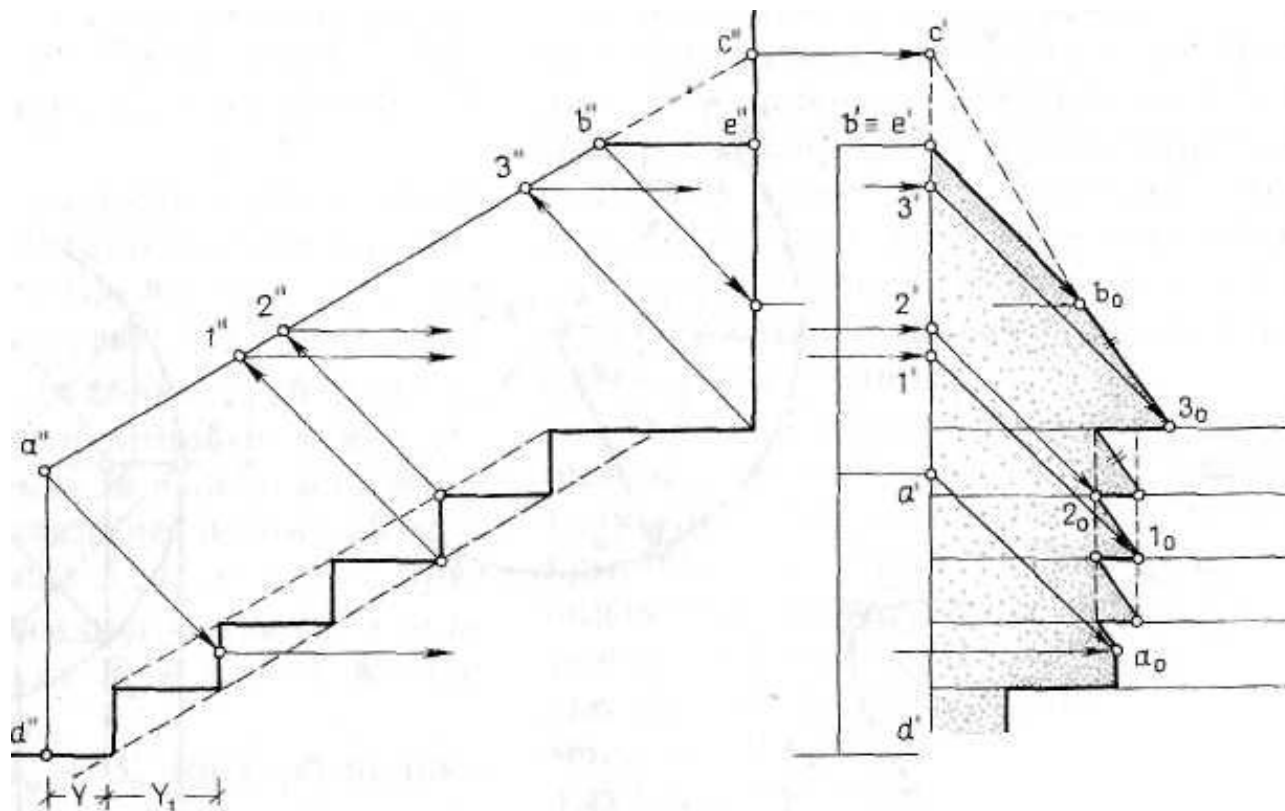
- **Тени на ступенях лестницы**

- Тенеобразующими ребрами боковой стенки являются вертикальное, наклонное и горизонтальное ребра.

5

9 Вертикальное ребро повторяет профиль лестницы до точки  $a_0$

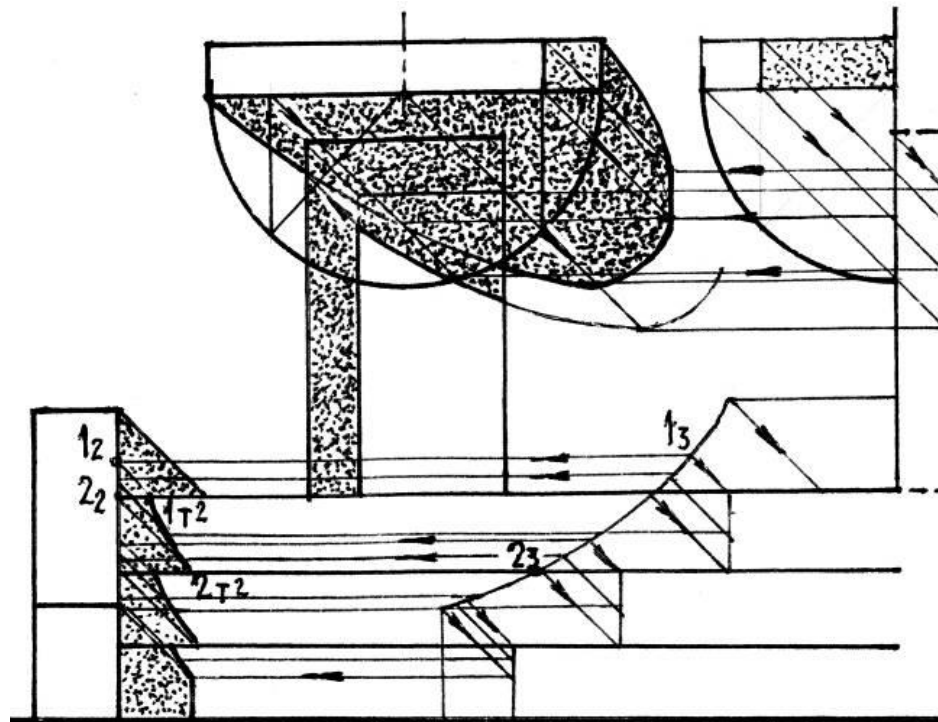
# Способ обратных лучей



- Построим тень от наклонного ребра  $AB$  на вертикальной плоскости (подступенок) одной ступени.
- Проведем профильные проекции обратных лучей, затем построим на фасаде тени  $1_0$  и  $2_0$ .
- Так как наклонное ребро  $AB$  параллельно наклону лестничного



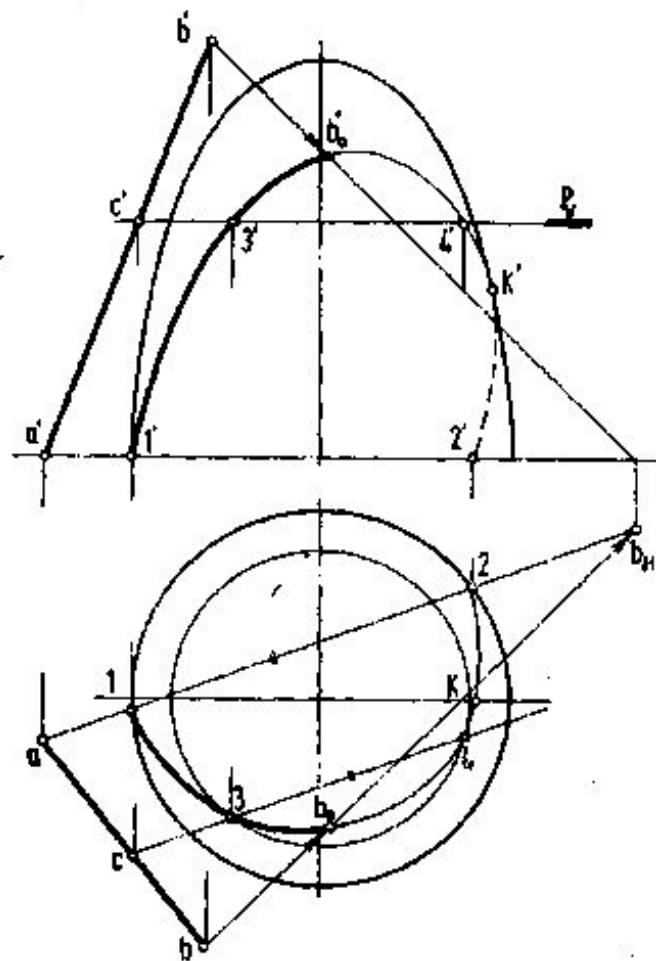
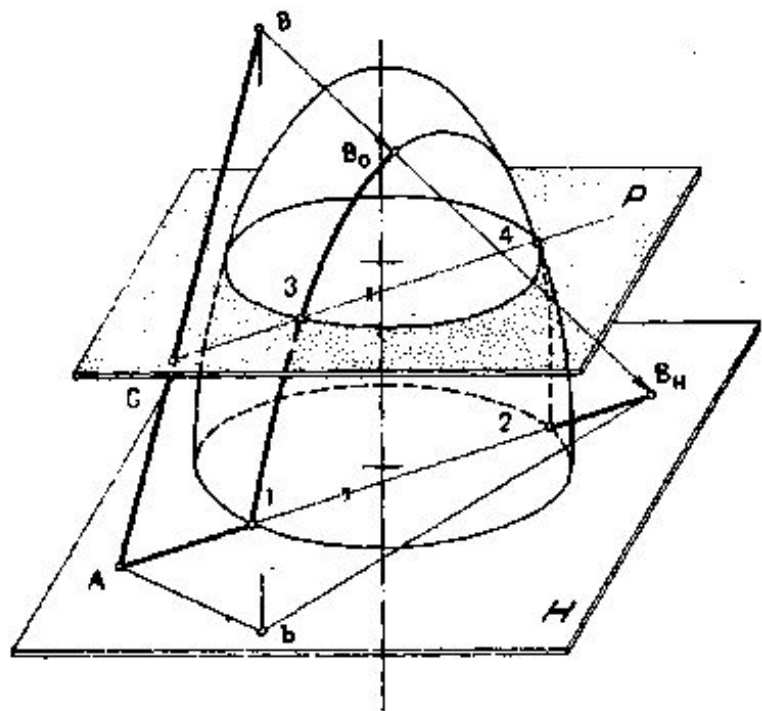
# Способ обратных лучей



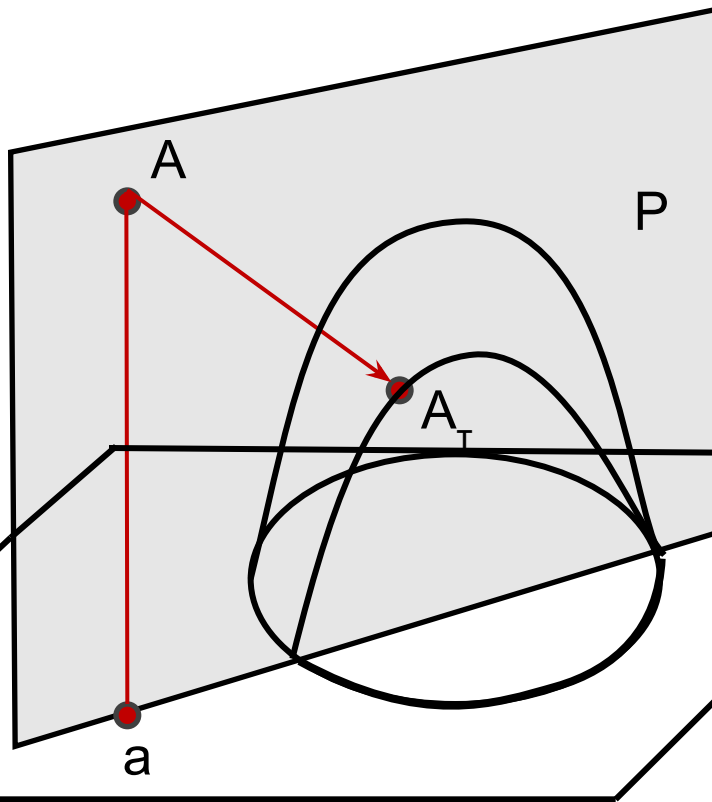
- Тени на ступенях лестницы
- Тенеобразующими ребрами боковой стенки являются вертикальное, наклонное и горизонтальное ребра.
- Построим тень от наклонного ребра на вертикальной плоскости (подступенок) одной ступени.



# Способ вспомогательных плоскостей уровня



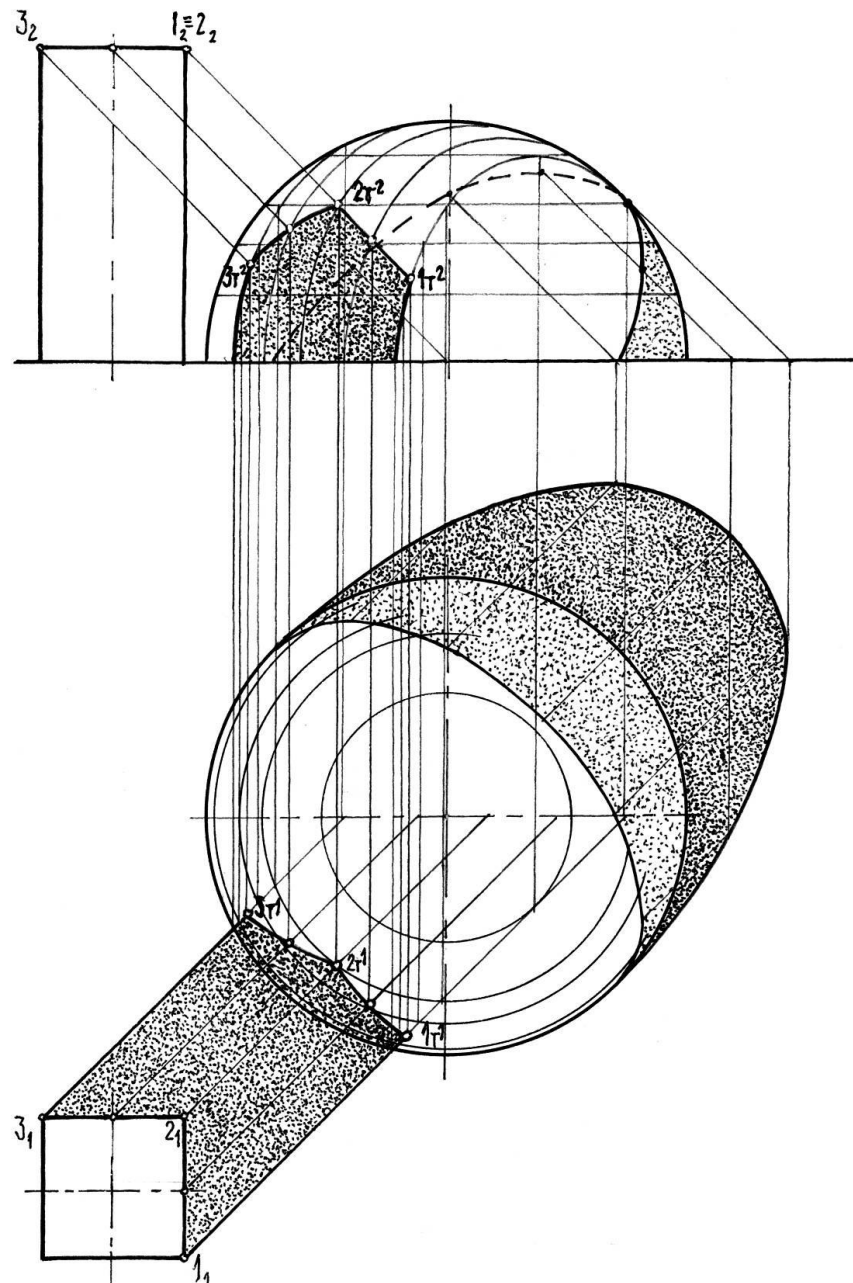
# Способ лучевых сечений



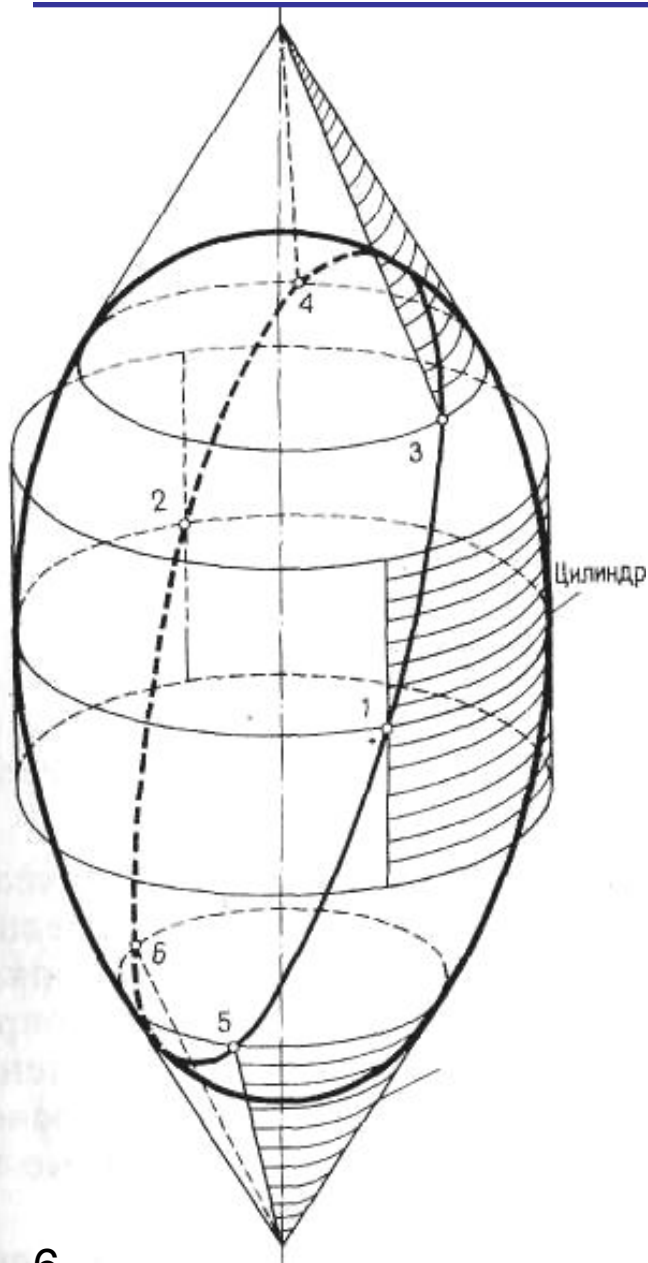
- Для построения падающей тени от точки на плоскость или поверхность следует через точку провести световой луч и построить точку пересечения его с плоскостью или поверхностью.

- Так как световой луч является прямой линией, **то построение тени точки сводится к построению точки пересечения прямой с плоскостью или поверхностью**

# Способ лучевых сечений



# Способ конусов и цилиндров



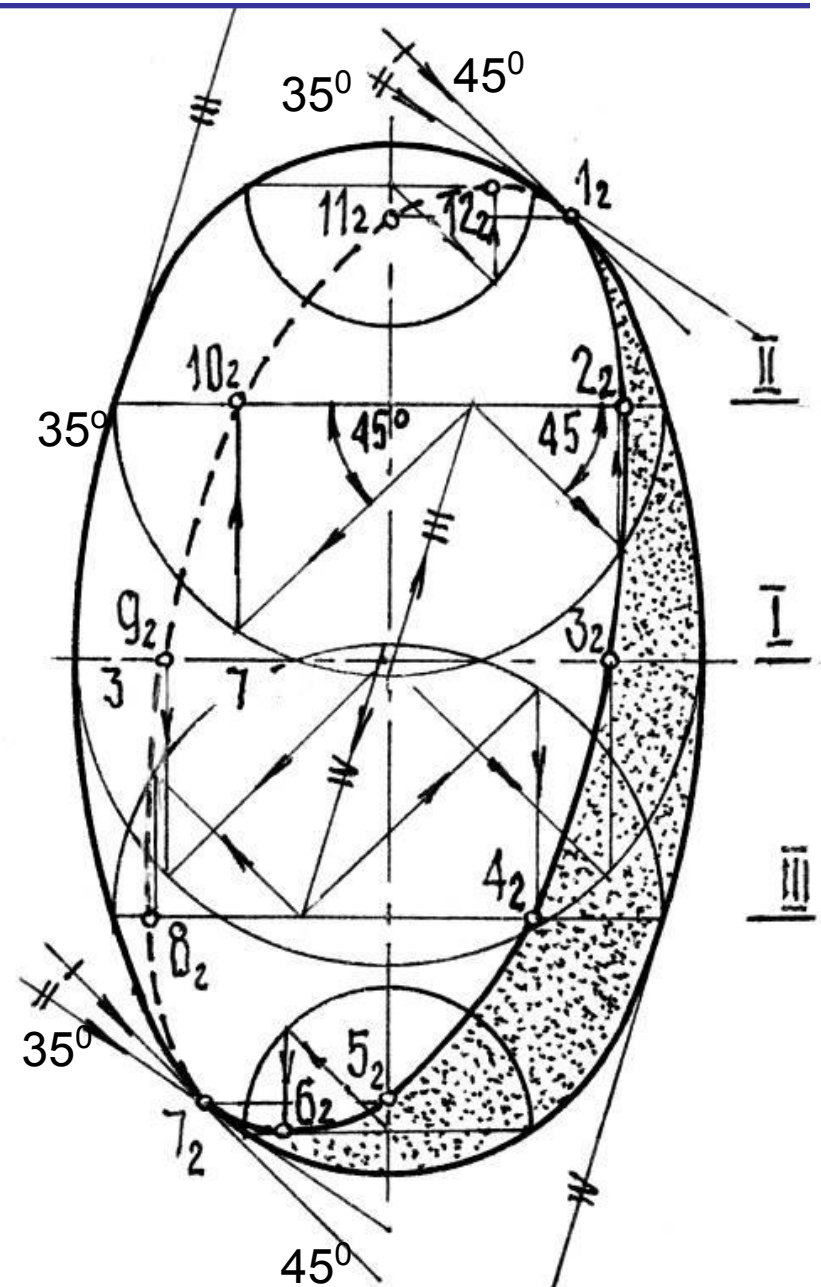
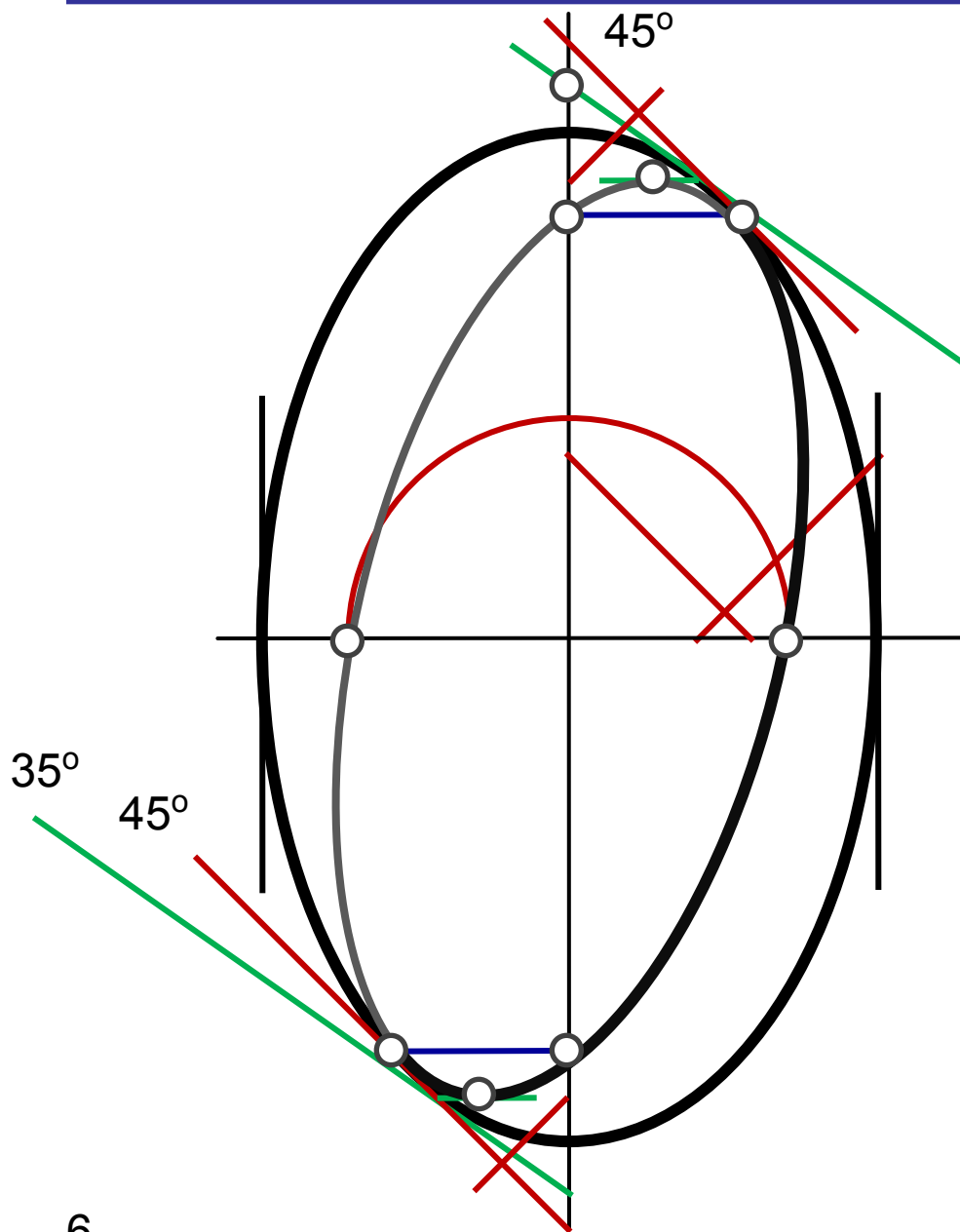
- *Способ вспомогательных касательных поверхностей*
- Способ касательных (описанных или вписанных) поверхностей конусов и цилиндров применяется при построении на фасаде контуров *собственных теней* поверхностей вращения без второй проекции.
- Для построения точек, принадлежащих контуру собственной тени, используются вспомогательные цилиндрические и конические поверхности, тени которых определяются просто

# Способ конусов и цилиндров

---

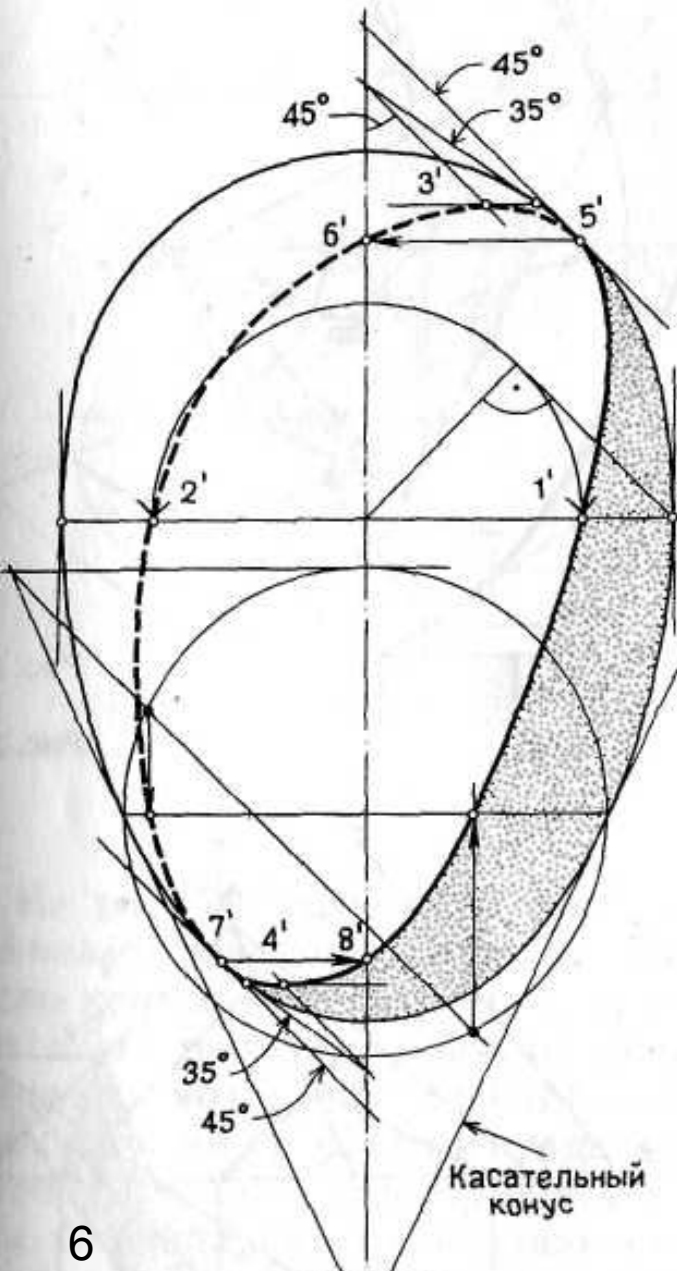
- Сначала применяют вспомогательные цилиндрические поверхности, которые касаются поверхности вращения по экватору или горловине, затем применяют касательные конусы, соосные с данной поверхностью.
- После этого определяют теневые образующие вспомогательных поверхностей и отмечают точки их соприкосновения с соответствующими параллелями данной поверхности. Эти точки принадлежат контуру собственной тени поверхности вращения. Полученные точки тени соединяют плавной кривой.
- При построении контура собственной тени прежде всего необходимо построить *характерные точки* контура — точки тени, лежащие на фронтальном и профильном очерках поверхности (точки видимости), а также высшую и низшую точки контура тени.

# Построение собственной тени поверхности вращения



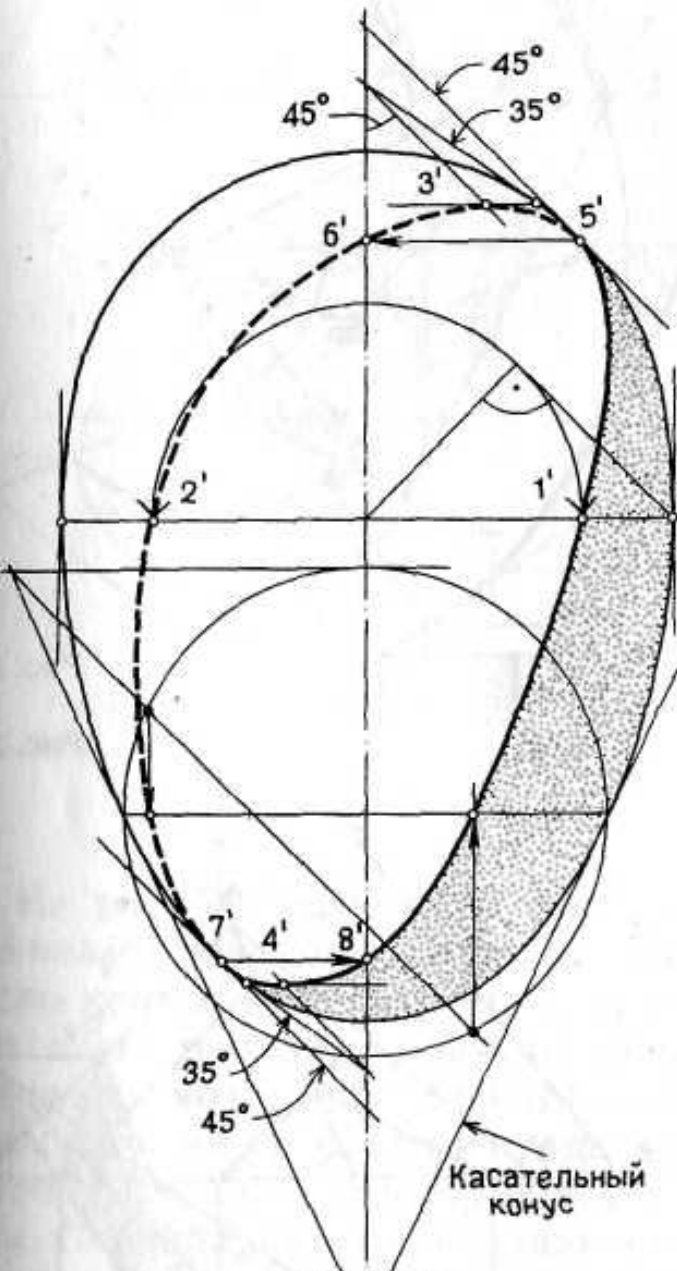


# Построение собственной тени поверхности вращения



- Применяя перечисленные выше "стандартные" приемы построения теней цилиндра и конусов, можно построить необходимое число точек контура собственной тени любой поверхности вращения.
- Рассмотрим пример построения контура собственной тени выпуклой поверхности вращения — о в о и д а.
- Для построения точек тени на экваторе поверхности опишем вокруг поверхности соосный цилиндр и на окружности касания определим общие точки тени  $1'$  и  $2'$ .
- Затем построим фронтальные проекции вспомогательных касательных конусов с углом наклона образующей  $35^\circ$ , проведя касательные к очерку овоида до

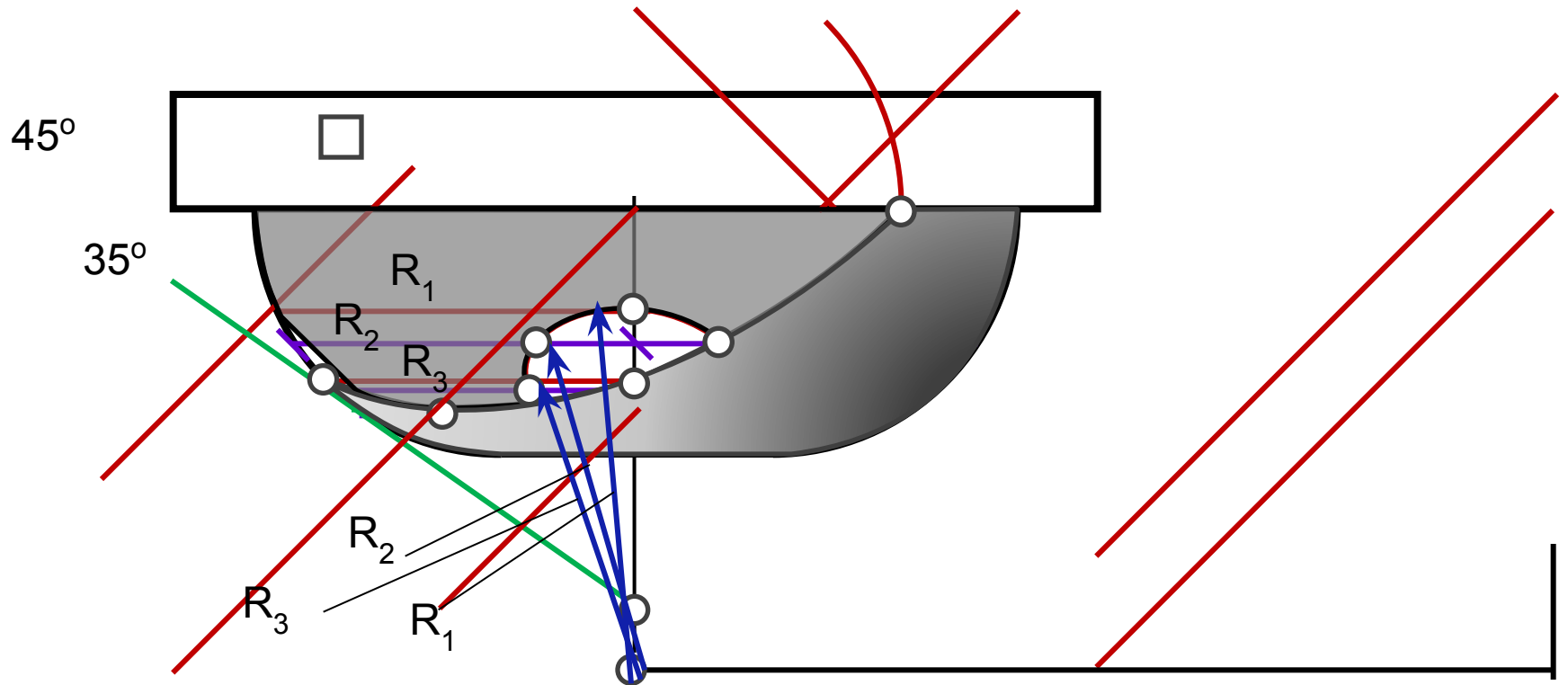
# Построение собственной тени поверхности вращения



- Конусы с углом наклона образующей  $45^{\circ}$  дадут на очерке поверхности точки  $5'$  и  $7'$  и точки, совпадающие с проекцией оси,  $6'$  (невидимая) и  $8'$ .
- Если восьми точек окажется недостаточно, проводят дополнительную параллель поверхности и строят касательный конус произвольного вида (точки 9 и 10). Через полученные точки проводят плавную кривую, в точках  $5'$  и  $7'$  она должна коснуться очерка овоида.



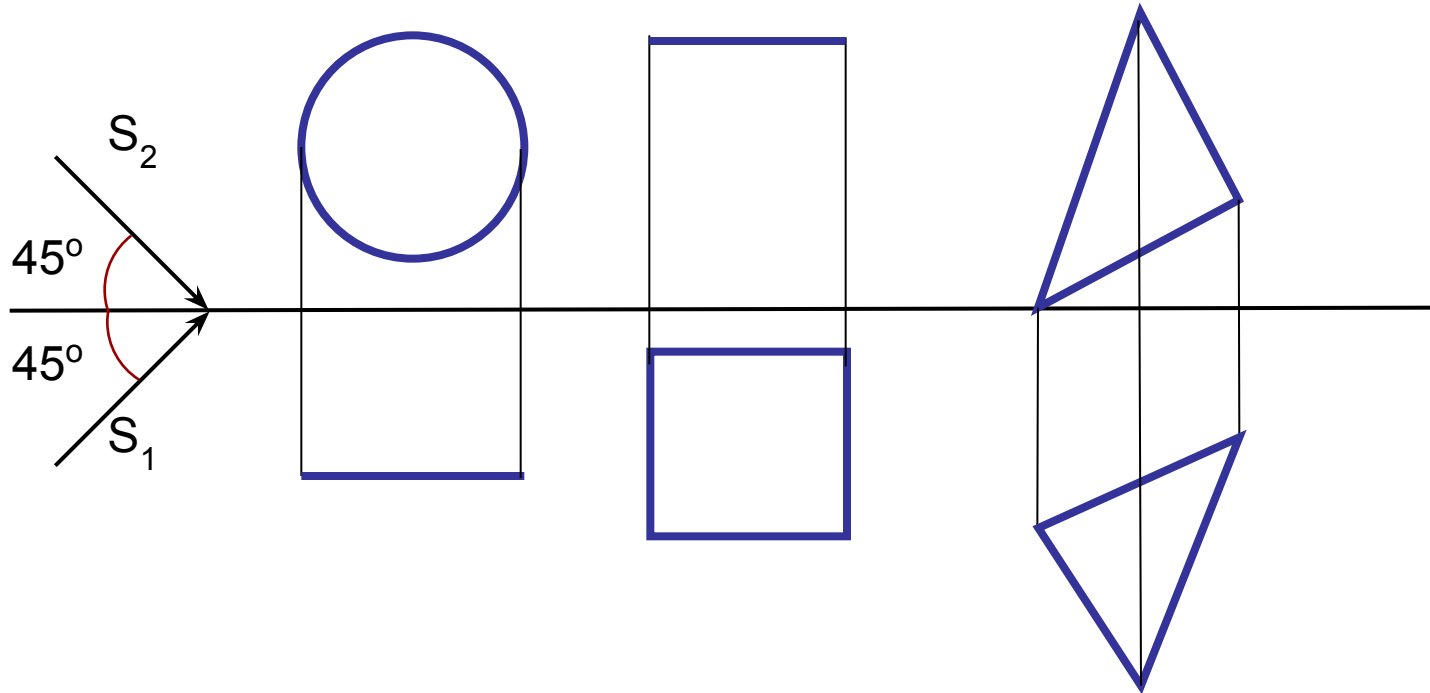
# Способ цилиндрических экранов



# Задания для самопроверки

## Задачи

---

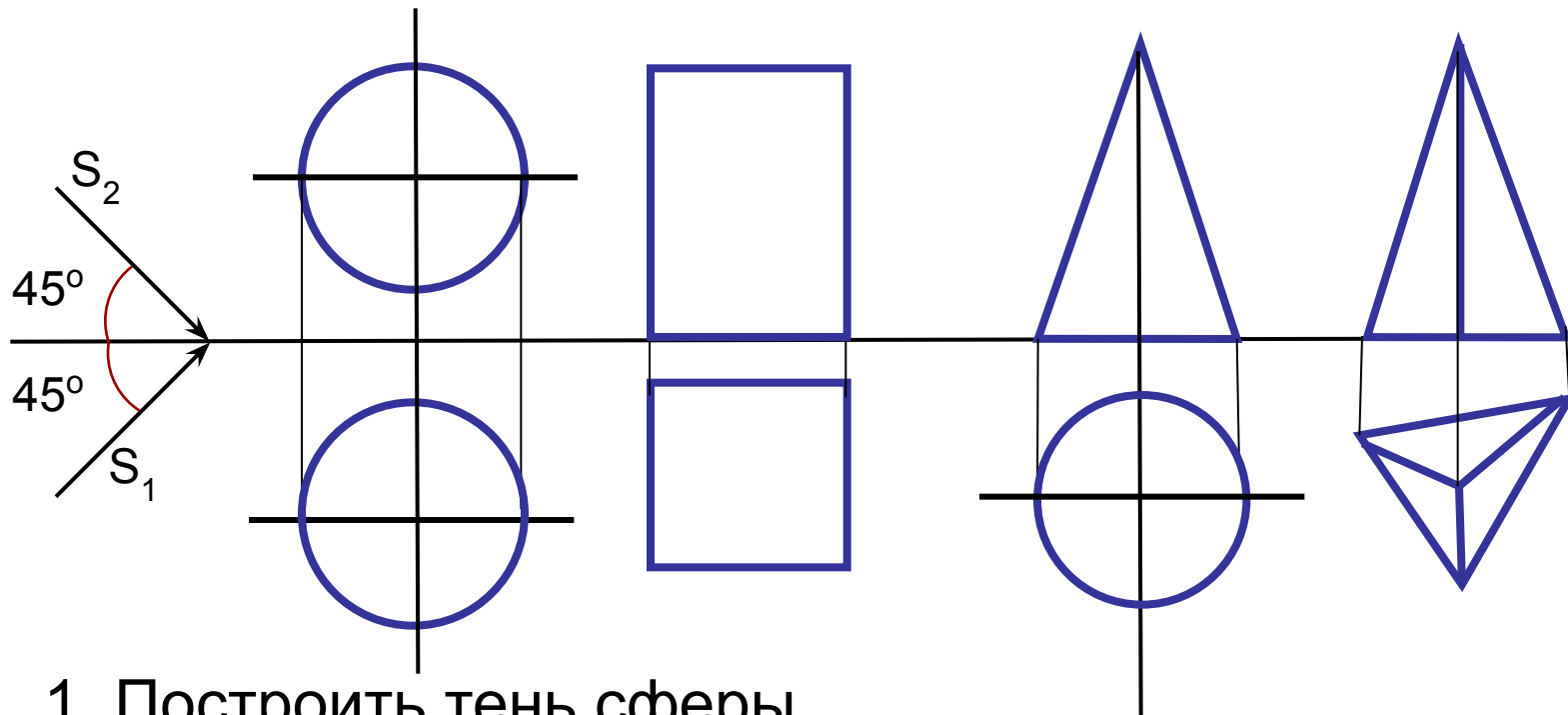


1. Построить тень вертикального круга
2. Построить тень горизонтального квадрата
3. Построить тень плоскости общего положения

# Задания для самопроверки

## Задачи

---



1. Построить тень сферы
2. Построить тень параллелепипеда
3. Построить тень конуса
4. Построить тень пирамиды