



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ

Факультет городского кадастра
Кафедра Аэрофотогеодезии

Тема 2.1:

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ СНИМОК –
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ

Разработал Пантюшин Валерий Алексеевич
кандидат технических наук

2019 год

Учебные вопросы

- 1. Основные элементы центральной проекции**
- 2. Перспектива точки, горизонтального и вертикального отрезков, сетки квадратов.**
- 3. Факторы, искажающие идеальную центральную проекцию**

В общем случае проекции преобразуют точки, заданные в системе координат размерностью n , в системы координат размерностью меньше чем n .

Проекции

Параллельные

Ортогональные

- Вид спереди
- Вид сбоку
- Вид сверху

АксонOMETрические

прямоугольные

- Изометрия
- Диметрия
- Триметрия

Косоугольные

- Изометрия
- диметрия

Центральные

Одноточечные
Двухточечные
трехточечные

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Проекция строится с помощью **проецирующих лучей** или проекторов, которые выходят из точки, которая называется **центром проекции** – (**объектив**).

Проекторы проходят через плоскость – которая называется проекционной или **картинной плоскостью** (**плоскость снимка**) и затем проходят через каждую точку трехмерного объекта и образуют тем самым проекцию.

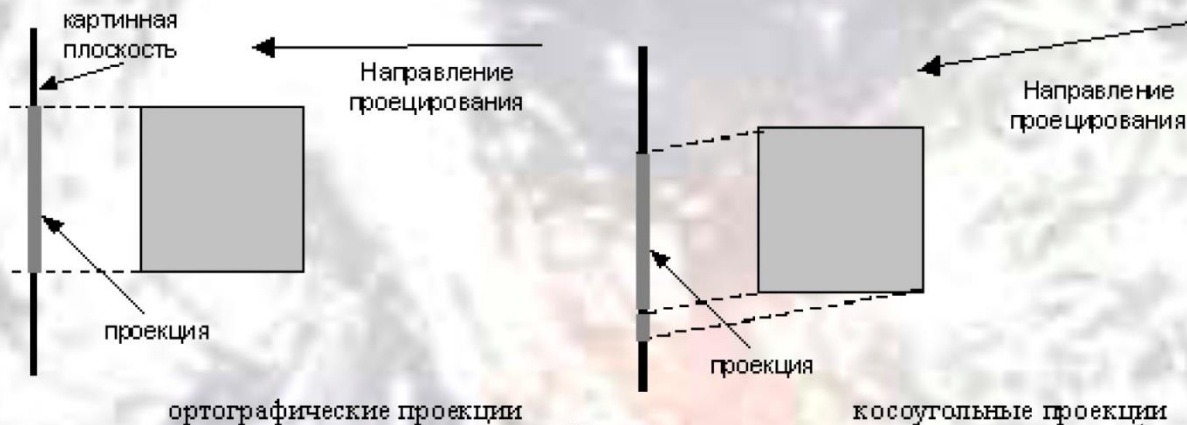
Плоские геометрические проекции делятся на два вида:

- **параллельные** (аксонометрические и ортогональные) - центр проекции удален на бесконечность;
- **центральные** (перспективные) - центр проекции находится на конечном расстоянии от проекционной плоскости.



Параллельные проекции

- Делятся на два типа в зависимости от соотношения между направлением проецирования и нормалью к проекционной плоскости
 - Ортогональные (ортографические) – направления проецирования и нормаль совпадают, т. е. направление проецирования является нормалью к проекционной плоскости.
 - Аксонометрические – направление проецирования и нормаль к проекционной плоскости не совпадают.



В зависимости от положения осей системы координат объекта относительно проекционной плоскости **аксонометрические** проекции делятся на прямоугольные и косоугольные. В прямоугольных - оси системы координат составляют одинаковые углы с проекционной плоскостью, в косоугольных - эти углы разные.

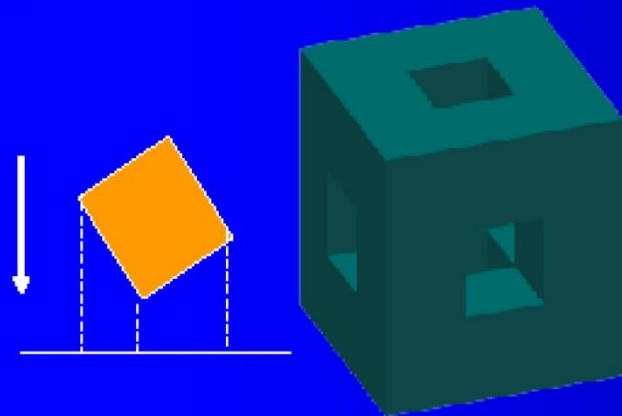
Центральные проекции

- Определяются плоскостью проекции и центром проекции.
- Размер проекций объектов сцены варьируется обратно пропорционально расстоянию между объектом и центром проекции.
- Проектирующие лучи, не параллельные плоскости проекции, проходят через каждую точку объекта и, пересекая плоскость проекции, сходятся в центре проекции.
- Визуальный эффект, называется перспективным искажением (perspective foreshortening) или просто перспективой.

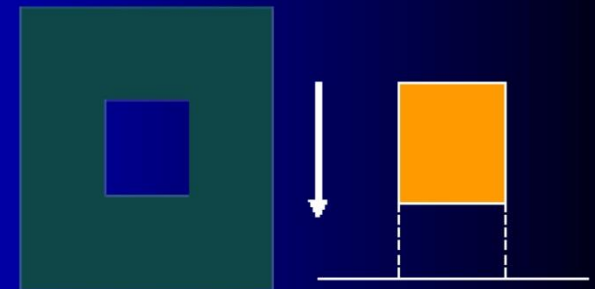
Центральная перспективная проекция приводит к визуальному эффекту, подобному тому, который дает зрительная система человека. При этом наблюдается эффект перспективного укорачивания, когда размер проекции объекта изменяется обратно пропорционально расстоянию от центра проекции до объекта. В параллельных проекциях отсутствует перспективное укорачивание, за счет чего изображение получается менее реалистичным и параллельные прямые всегда остаются параллельными.

Центральные проекции классифицируют в зависимости от количества центров проекции

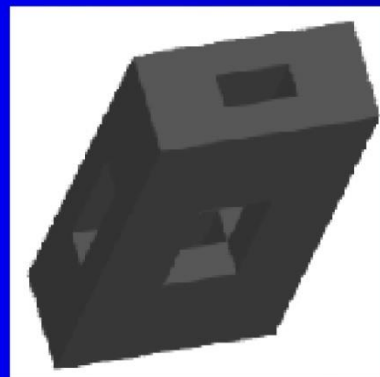
Параллельные проекции



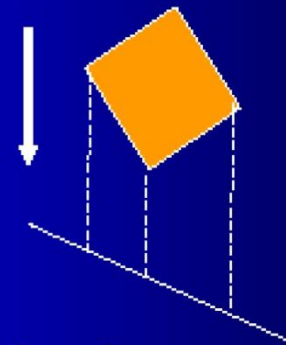
АксонOMETрическая (axonometric)



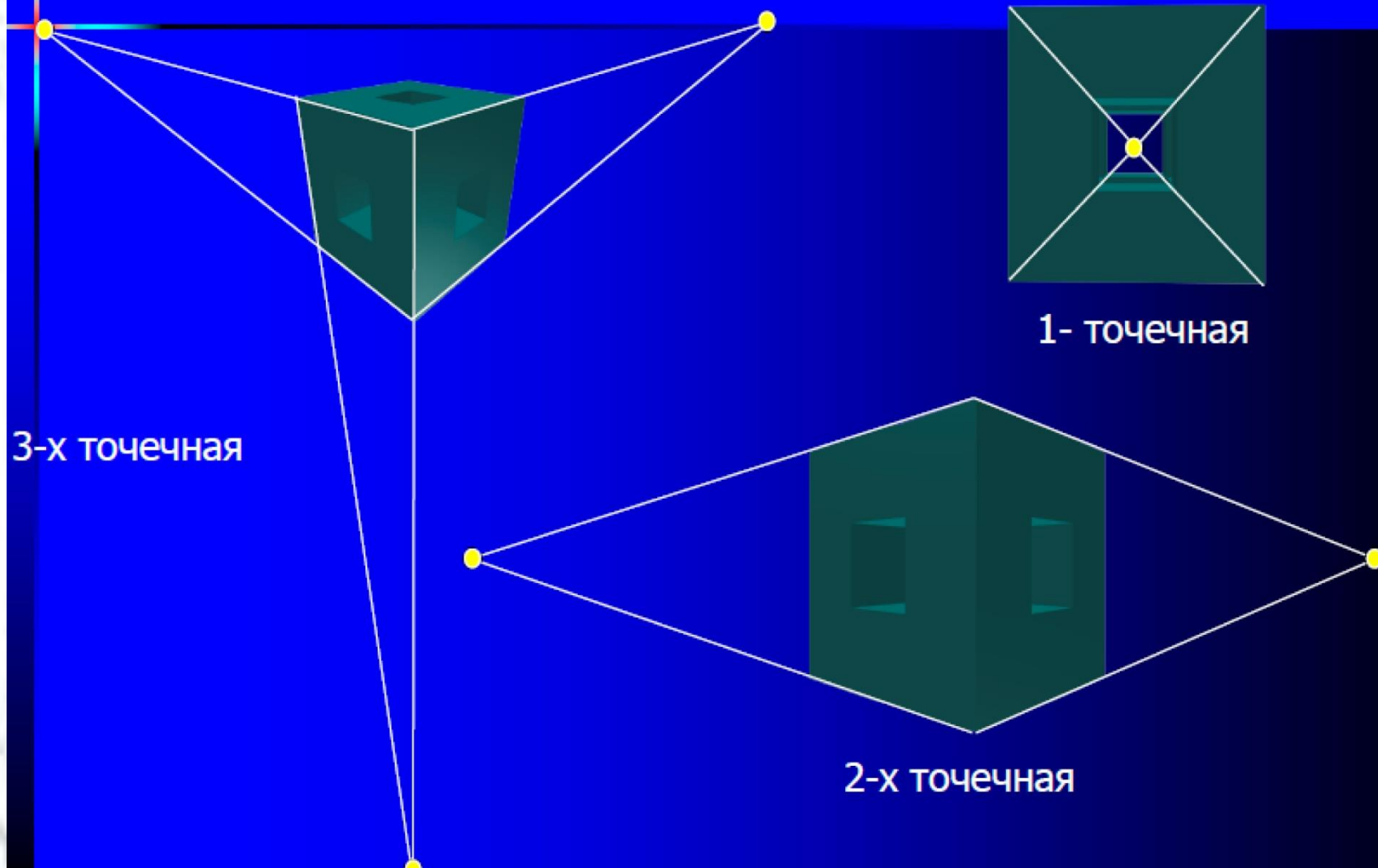
Ортогональная (orthographic)



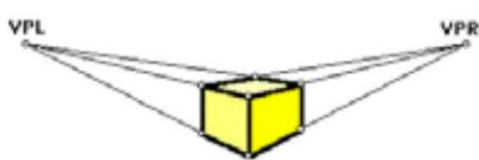
Косоугольная (свободная – oblique)



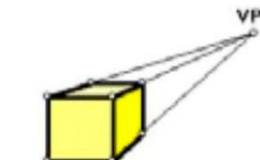
Центральные проекции



Центральные проекции классифицируют в зависимости от количества центров проекции

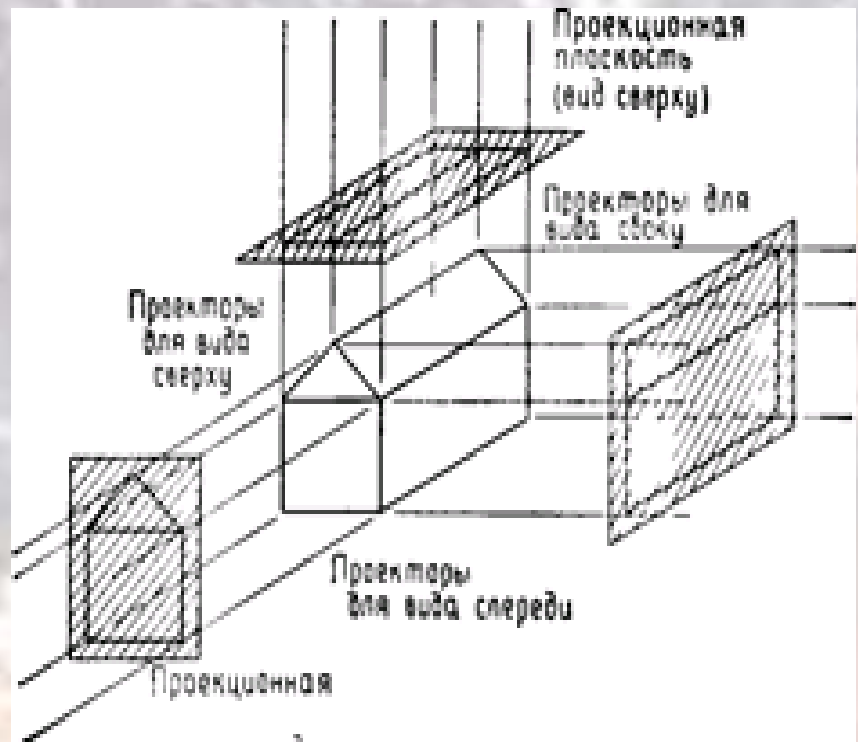
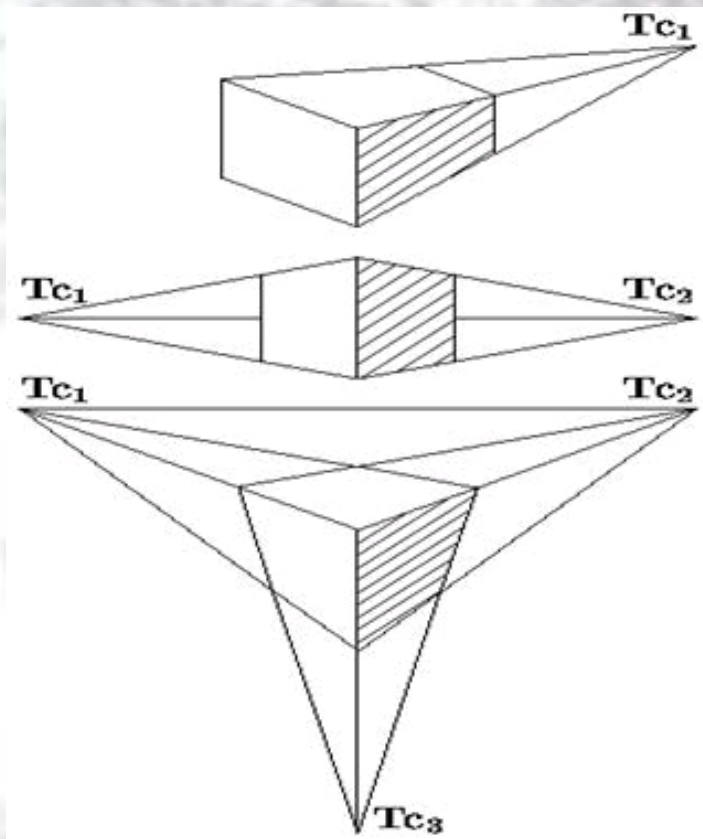


2-point perspective



1-point perspective

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции



Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

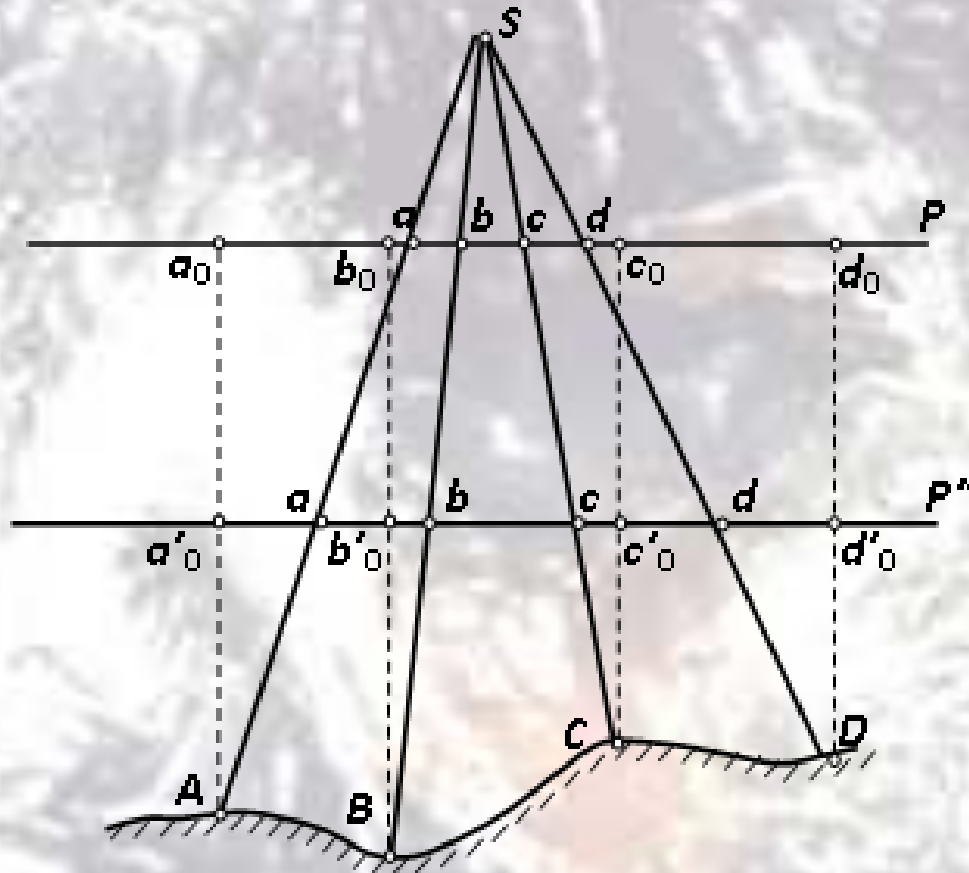
Получаемый в результате АФС снимок, представляет собой перспективное изображение участка местности. На снимках, полученных с помощью кадровых А.ФА., изображение строится по законам, центральной проекции. Отличительной особенностью центральной проекции является то, что проектирующие лучи, идущие от объектива, представляют собой пучок линий, проходящих через единую точку - центр проекции S .

В соответствии с этим изображения сместятся относительно положения, которое они занимали бы при ортогональном проектировании. Величина смещения, зависит от угла наклона снимка α , высоты съемки H , фокусного расстояния камеры f и рельефа местности.

При ортогональном проектировании изображение строится отвесными проектирующими лучами на горизонтальную предметную плоскость (т.е. перпендикулярно).

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Отличие между ортогональной и центральной проекциями



Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Необходимым условием **линейной перспективы** является:

1. Наличие центра проектирования, через который проходят проектирующие лучи.
2. Наличие плоскости, на которой строится изображение точек и других элементов пространства — картинной плоскости. В фотограмметрии функции картинной плоскости выполняет плоскость аэроплёнки, результатом построения **изображения** является **аэронегатив** или копия с него - позитив.
3. Элементы, определяющие расположение картины (снимка), центра проекции и других точек и плоскостей в пространстве, относительно принятой системы координат.

В теории перспективы решают две задачи:

1. прямую - при ее решении получают центральную проекцию (перспективу) объекта;
 2. обратную - при ее решении по центральной проекции объекта определяют его положение, форму и размеры.
- Аэро и **космическая** съемка представляют собой решение прямой задачи, т.е. получение изображения местности в центральной проекции. Преобразование снимков в фотопланы (планы) местности является решением обратной задачи.

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Элементы центральной проекции (плоскости):

1. Предметная плоскость E - принимают условно горизонтальной (это текущая плоскость снимаемого участка местности), она пересекается под углом α с плоскостью снимка P .
2. Плоскость картины P - (позитивная, снимок) расположена между центром проекции S и предметной плоскостью, пересекаясь с ней по линии TT углом α .
3. Плоскость действительного горизонта E' проходит через S параллельно предметной плоскости E и пересекает плоскость P по линии $h_i h_i$.
4. Плоскость главного вертикала W — проходит через луч So , перпендикулярно плоскостям P и E , E' образует в пересечении с плоскостью P главную вертикаль vo_i , при пересечении с плоскостью E - проекцию этой главной вертикали VV в плоскости E .

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Элементы центральной проекции (линии):

1. Главная вертикаль (линия v_0i) – результат пересечения плоскости снимка P с плоскостью главного вертикала W .
2. Главная ось перспективы (линия TT , линия основания картины) - результат пересечения плоскости снимка P с предметной плоскостью E .
3. Проекция главной вертикали (линия VV) в плоскости E - результат пересечения плоскости главного вертикала W с предметной плоскостью E .
4. Проекция главной вертикали (линия Si) в плоскости E' - результат пересечения плоскости главного вертикала W с плоскостью действительного горизонта E' .
5. Линия действительного горизонта (линия $hi hi$)- результат пересечения плоскости действительного горизонта E' с плоскостью снимка P .
6. Отвесная линия SN –линия в плоскости главного вертикала W , проходящая через центр проекции, перпендикулярно предметной плоскости E .
7. Горизонталы - (линии $hi hi, ho ho, hc hc, hn hn$) в плоскости снимка P , проходящие через точки центральной проекции, перпендикулярно главной вертикали v_0i .

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Элементы центральной проекции (точки):

1. Главная точка схода действительного горизонта (точка i) – результат пересечения линии действительного горизонта $h_i h_i$ и главной вертикали vo_i .
2. Главная точка оси перспективы (точка vo) - результат пересечения главной оси перспективы линии ТТ и главной вертикали vo_i .
3. Главная точка снимка (точка o) - результат пересечения главной луча So и главной вертикали vo_i .
4. Точка нулевых искажение (точка c) - результат пересечения биссектрисы угла наклона снимка α и главной вертикали vo_i .
5. Точка надира (точка n) - результат пересечения отвесной линии SN и главной вертикали vo_i .
6. Проекция точек картинной плоскости P на предметную плоскость (точки O, C, N) - результат пересечения проектирующих лучей, проходящих через точки центральной проекции (o, c, n) в плоскости снимка и проекция главной вертикали VV в плоскости E .

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Рассмотрев основные элементы центральной проекции и изображение горизонтальных и вертикальных линий относительно картинной плоскости, можно сделать следующие выводы:

1. Аэроснимок **будет планом** сфотографированной местности только в том случае, когда все точки местности лежат на горизонтальной плоскости и угол $\alpha = 0$.

2. При отвесном положении оптической оси аэрофотоаппарата ($\alpha = 0$) любая система горизонтальных параллельных линий квадратов **изобразится на аэроснимке без искажений** и параллельность между прямыми линиями не нарушается. **Вертикальные** же прямые линии претерпевают большое угловое искажение, изображаются в виде веера прямых с точкой схода, совпадающей с **главной точкой аэроснимка**.

3. При наклонном положении оптической оси аэрофотоаппарата $\alpha \neq 0$ горизонтальные параллельные линии (за исключением линий, перпендикулярных направлению съемки), а также вертикальные линии, изображаются на аэроснимках **сходящимися** линиями. Точки схода для горизонтальных параллельных линий находятся на линии горизонта, а точки схода для вертикальных линий — в точке **надира**.

Вопрос 1. Основные элементы центральной проекции

Главная точка схода i является точкой пересечения главной вертикали $V0v$ с линией горизонта $hihi$. В ней сходятся изображения прямых линий местности, параллельных линии направления фотографирования. От главной точки аэроснимка o главная точка схода i находится на расстоянии

$$oi = f \operatorname{ctg} \alpha. \quad (10a)$$

Точка надира n является точкой пересечения отвесной линии SnN , проходящей через центр проекции S , с плоскостью аэроснимка p . Точка надира является точкой схода изображений всех вертикальных линий местности. Удаление точки надира n от главной точки аэроснимка o равно

$$on = f \operatorname{tg} \alpha. \quad (10б)$$

Точка нулевых искажений c является точкой пересечения главной вертикали $V0v$ биссектрисой угла $\alpha = oSn = Sin = oV0N$. Все углы на аэроснимке равнинной местности, имеющие своей вершиной точку нулевых искажений c , равны соответствующим углам на местности. Расстояние от точки c до главной точки аэроснимка o равно

$$oc = f \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (10в)$$

При небольших углах наклона α главная точка схода i , как и линия горизонта (прямая, на которой лежат все точки схода изображений горизонтальных прямых), удалены от главной точки далеко за пределы аэроснимка, в то время как точка надира и точка нулевых искажений **приближаются к ней с другой стороны.**

На горизонтальном аэроснимке (при $\alpha = 0$) точка надира n и точка нулевых искажений c совпадают с главной точкой o , а главная точка схода i удалена в бесконечность

Вопрос 2. Перспектива точки, горизонтального и вертикального отрезков, сетки квадратов

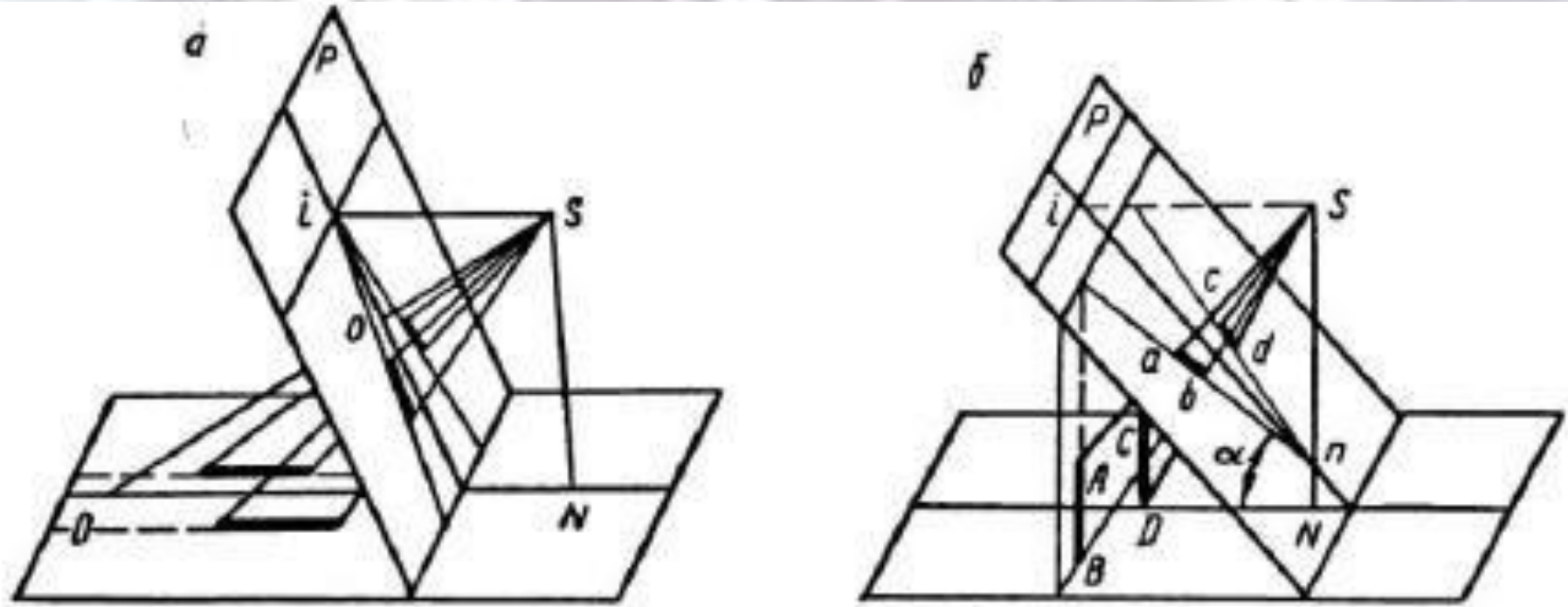


Рис. 39. Перспективное изображение:

a — прямых линий местности, параллельных направлению фотографирования;
b — отвесных линий местности *AB* и *CD*

Вопрос 2. Перспектива точки, горизонтального и вертикального отрезков, сетки квадратов

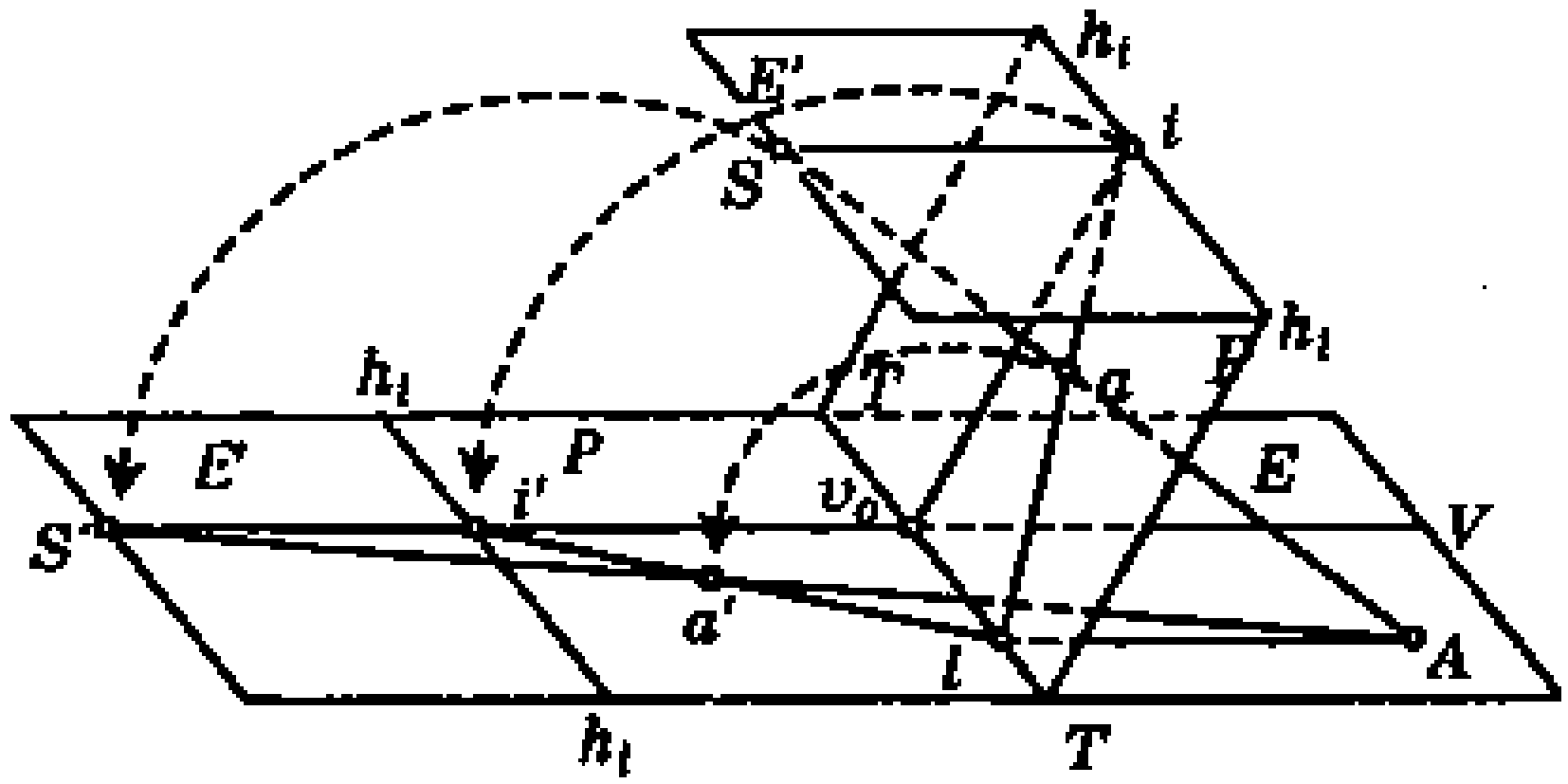


Рис. 2.6. Теорема Шаля

Вопрос 2. Перспектива точки, горизонтального и вертикального отрезков, сетки квадратов

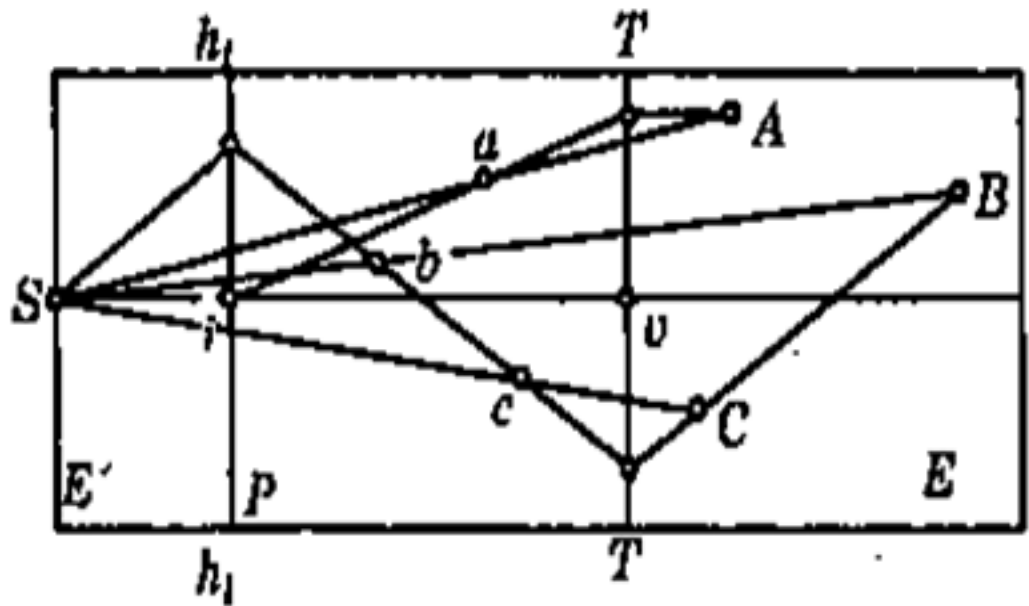


Рис. 2.7. Эпюр растяжения

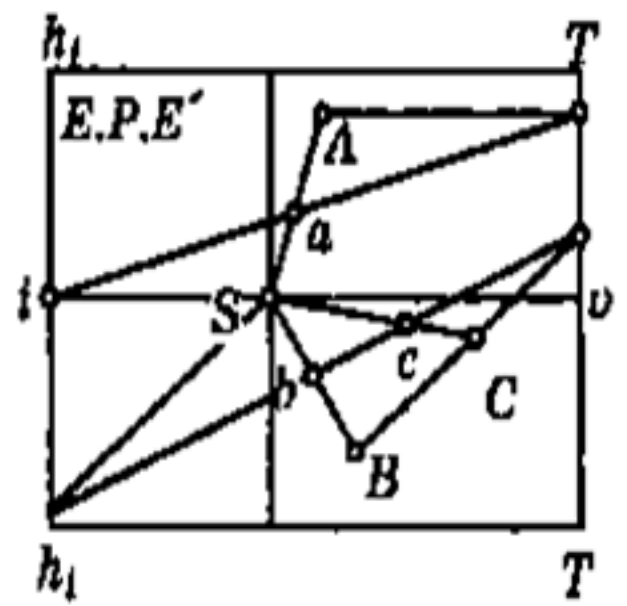


Рис. 2.8. Эпюр сложения

Вопрос 3. Факторы, искажающие идеальную центральную проекцию

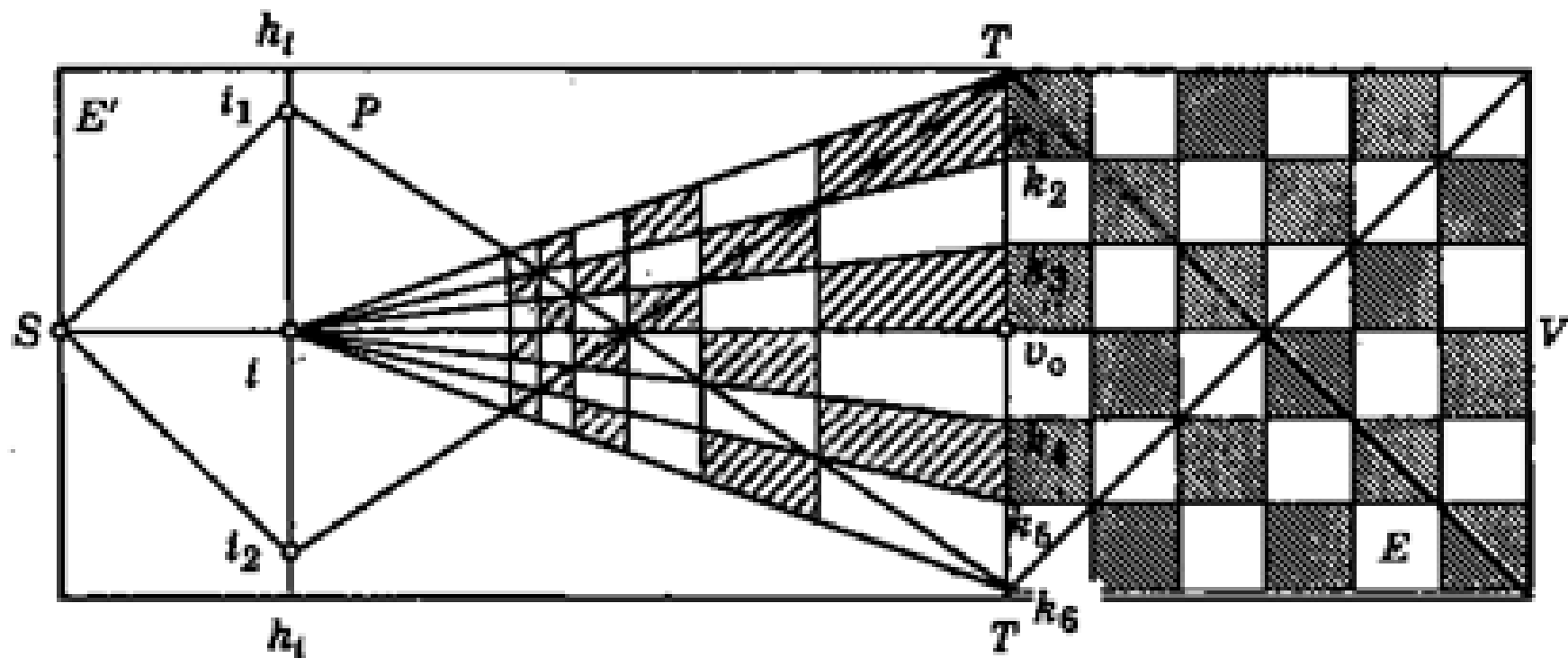


Рис. 2.10. Перспектива сетки квадратов

Вопрос 3. Факторы, искажающие идеальную центральную проекцию

1. При перемещении вдоль главной вертикали от основания картины ТТ к главной точке схода картинной плоскости i линейные размеры проекций сторон сетки уменьшаются, и в точке i становятся равными нулю. Следовательно, масштаб их изображения изменяется от единицы на основании картины до нуля в главной точке схода.
2. Масштаб изображения по направлениям, совпадающим с горизонталями, остается неизменным. В этом можно убедиться, рассмотрев подобные треугольники с общей вершиной в точке L.
3. Преобразование сетки квадратов предметной плоскости в сетку трапеций в картинной плоскости позволяет говорить о наличии искажений, являющихся следствием центрального проектирования: смещения отдельных точек картинной плоскости, искажение площадей, углов и др.

Вопрос 3. Факторы, искажающие идеальную центральную проекцию

Рассмотрев основные элементы центральной проекции и изображение горизонтальных и вертикальных линий относительно картинной плоскости, можно сделать следующие выводы:

1. Аэроснимок будет **планом** сфотографированной местности только в том случае, когда все точки местности лежат на горизонтальной плоскости и угол $\alpha = 0$.

2. При отвесном положении оптической оси аэрофотоаппарата ($\alpha = 0$) любая система горизонтальных параллельных линий квадратов изобразится на аэроснимке **без искажений** и параллельность между прямыми линиями не нарушается. Вертикальные же прямые линии претерпевают большое угловое искажение, изображаются в виде веера прямых с точкой схода, совпадающей с главной точкой аэроснимка.

3. При **наклонном** положении оптической оси аэрофотоаппарата $\alpha \neq 0$ горизонтальные параллельные линии (за исключением линий, перпендикулярных направлению съемки), а также вертикальные линии, изображаются на аэроснимках **сходящимися** линиями. Точки схода для горизонтальных параллельных линий находятся на линии горизонта, а точки схода для вертикальных линий — в точке **надира**.

Вопрос 3. Факторы, искажающие идеальную центральную проекцию

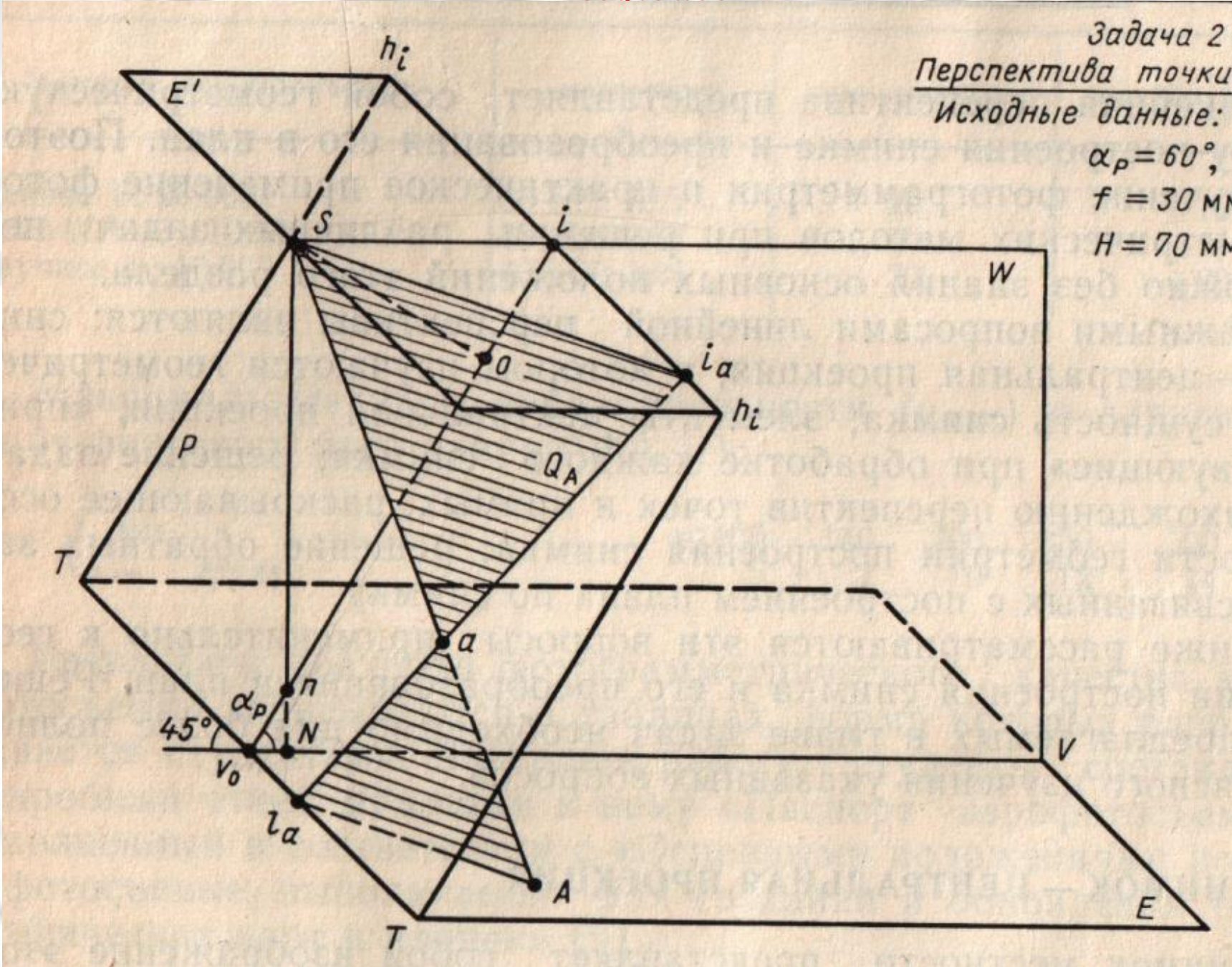
Рассмотрев основные элементы центральной проекции и изображение горизонтальных и вертикальных линий относительно картинной плоскости, можно сделать следующие выводы:

3. Обычная топографическая карта может рассматриваться как частный случай центральной проекции, когда центр проекции находится в бесконечности и проектирование производится пучком параллельных лучей, перпендикулярных горизонтальной плоскости.

4. Изображение плоской местности (равнины) на горизонтальном аэроснимке будет в то же время и обычным планом местности. Все контуры на таком аэроснимке будут строго подобны соответствующим контурам на местности. Это подобие нарушается на аэроснимке горной местности; такой аэроснимок не будет являться ортогональной проекцией местности.

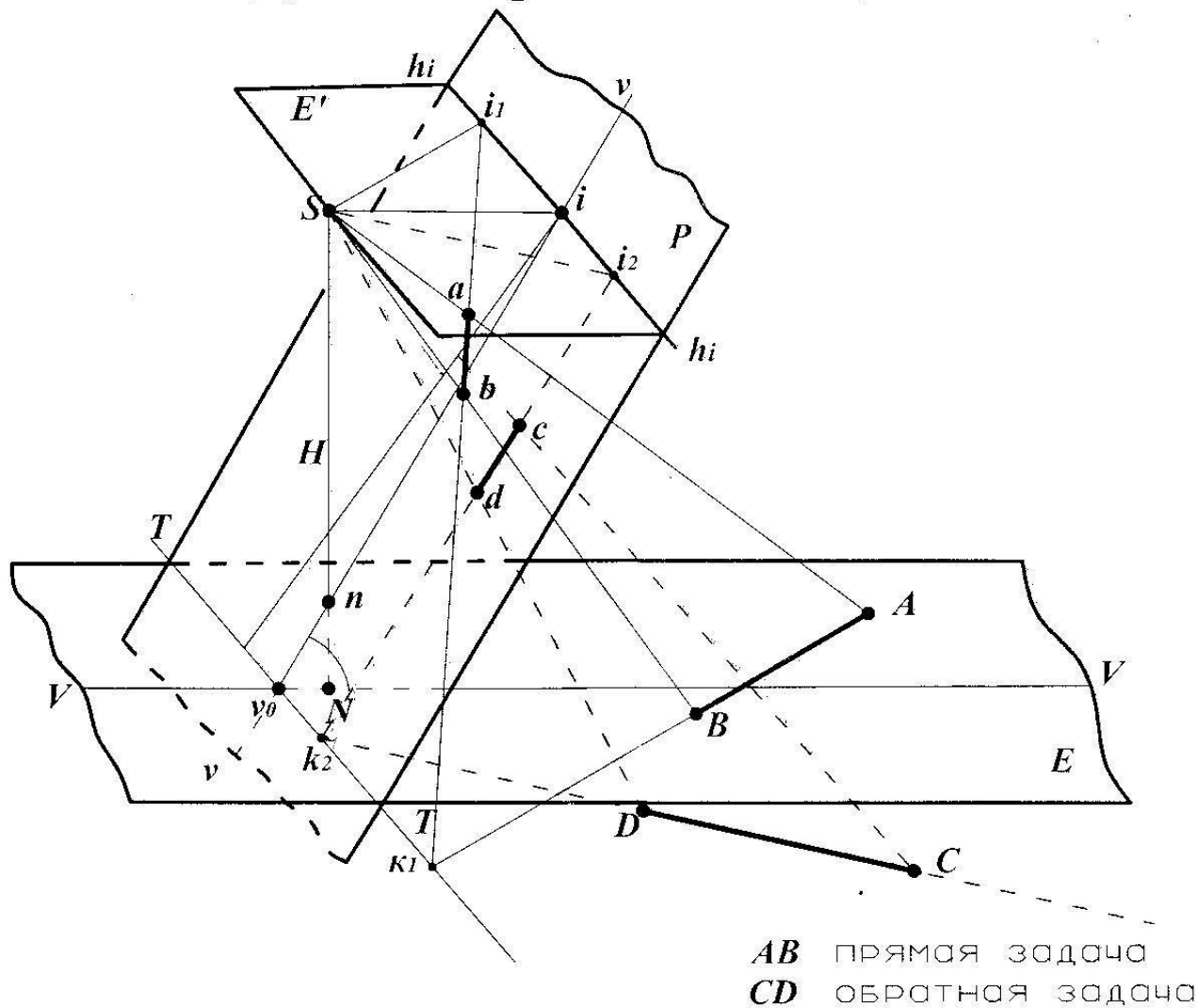
5. Другой причиной, обуславливающей отличие аэроснимка от плана, является отклонение оптической оси аэрофотоаппарата от отвесной линии в момент фотографирования. Превращение аэроснимка в план достигается путем устранения искажений, вызванных указанными причинами.

Вопрос 2. Перспектива точки, горизонтального и вертикального отрезков, сетки



Задача 2
Перспектива точки
Исходные данные:
 $\alpha_p = 60^\circ$,
 $f = 30 \text{ мм}$
 $H = 70 \text{ мм}$

Построение перспективы горизонтального отрезка
(прямая и обратная задача)



Литература

1. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. «Научные основы фотограмметрии и дистанционного зондирования». Научно-методическое пособие, электронная версия, 2013.
2. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. «Фотограмметрия и дистанционное зондирование», М. Академпроект, 2016 г.
3. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. М. Недра.1984.



***Спасибо за
внимание***