

**Федеральное агентство по образованию
Российский государственный университет нефти и газа
имени И.М. Губкина**

Кафедра геологии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«ГЕОДЕЗИЯ»

Часть I

Лабораторные работы № 1, 2, 7

**для филиала РГУ нефти и газа
имени И.М. Губкина
в городе Ташкенте
(Республика Узбекистан)**

Москва 2007 г.

УДК 528

Составители: Г.А. Владимирова, А.Г. Парамонов.

Методические указания по выполнению лабораторных и расчетно-геофизических работ по дисциплине «Геодезия» / Сост. Г.А. Владимирова и А.Г. Парамонов. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004 г. - 85..с.

Данные методические указания включают следующие работы:

№ 1 – «Изучение геодезических приборов», № 2 – «Топографическая карта» и № 7 – «Основы аэрофотогеодезии».

Методические указания предназначены для студентов дневного отделения специальностей 080500, 080400, 080900 (ФГГНиГ), 090700 (ФПСиЭСТТ), 090900 (ФИМ) и 553600 (вечерний факультет).

Издание подготовлено на кафедре геологии.

Рецензент – профессор кафедры инженерной геодезии РГСУ
Седельникова И.А.

© Российский государственный университет нефти и газа имени
И.М.Губкина, 2004

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В ходе изучения курса геодезии студенты разных специальностей выполняют следующие лабораторные работы.

1. Изучение геодезических приборов. Устройство теодолита Т-30 и работа с ним.
2. Работа по топографической карте.
3. Определение планового положения точек геологических наблюдений методом теодолитной съемки.
4. Теодолитный ход по-трассе магистрального трубопровода.
5. Определение абсолютных высот точек геологических наблюдений геометрическим нивелированием.
6. Определение высот точек местности по трассе магистрального трубопровода геометрическим нивелированием. Элементы проектирования продольного профиля.
7. Определение планового и высотного положения точек геологических наблюдений методом тахеометрической съемки.
8. Работа с аэрофотоснимками.
9. Географическая привязка космического снимка.
10. Проектирование по карте трассы магистрального трубопровода.

В настоящие методические указания включены пояснения по выполнению лабораторных работ 1, 2 и 7.

В связи с сокращением объема часов, отводимых на лекции, и перенесением акцента на самостоятельную работу студентов перед пояснениями к лабораторным работам даются в сжатом виде сведения из теории. При необходимости более глубокого изучения того или иного вопроса следует обращаться к рекомендуемой литературе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кулешов Д.А., Стрельников Г.Е., Рязанцев Г.Е. Инженерная геодезия – М. Картогеоцентр – Геодезиздат, 1996 г.
2. Парамонов А.Г., Черноглазов Н.В., Сомов В.Д. Основы топографии и аэрофотосъемки. – М., Недра, 1991 г.
3. Глинский С.П., Гречанинова Г.И., Данилевич В.М. и др. Геодезия. – М.: Геодезиздат, 1995 г.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.-М.; Недра, 2000 г.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Устройство теодолита Т-30 и работа с ним

Цель и содержание работы.

Целью работы является изучение устройства теодолита Т-30 и методики измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Содержание работы:

- изучение устройства теодолита Т-30;
- подготовка теодолита для наблюдения;
- изучение правила отсчитывания по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита Т-30;
- измерение горизонтальных и вертикальных углов.

Для выполнения работы необходимо иметь теодолит Т-30 со штативом.

Литература [1] §§ 28-36; [2] § 27; [3] §§ 23-35

Изучение устройства теодолита Т-30

Оптический теодолит Т-30 предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов местности, а также длин линий. Зрительная труба теодолита снабжена нитяным дальномером, позволяющим

измерять расстояния. С помощью буссоли, которая крепится к теодолиту, можно измерить магнитные азимуты.

В данной работе будут рассматриваться только измерения горизонтальных и вертикальных углов.

В соответствии с ГОСТ 10529-79 оптические теодолиты подразделяются на высокоточные, точные и технические. К последним относится теодолит Т-30. Буква Т означает название прибора – теодолит, цифра 30 – величину средней квадратической погрешности измерения угла одним приемом.

Основные параметры теодолита Т-30

Диаметр объектива, мм.....	27
Поле зрения.....	2°
Увеличение зрительной трубы.....	20×
Цена деления шкалы лимба:	
горизонтального круга	10'
вертикального круга.....	10'
Коэффициент нитяного дальномера.....	100
Наименьшее расстояние визирования, м.....	1,2
Диаметр круга, мм	
горизонтального.....	72
вертикального.....	72
Цена деления цилиндрического уровня при	
алидаде, с/2 мм.....	45"
Масса теодолита, кг.....	2,2

Основные части теодолита Т-30

Основными частями теодолита Т-30 (рис.1) являются горизонтальный и вертикальный угломерные круги (лимбы) и зрительная труба. Вращающаяся часть теодолита называется алидадой.

Теодолит Т-30 относится к повторительным теодолитам, для которых характерно как независимое, так и совместное вращение лимба и алидады.

Лимб теодолита Т-30 – стеклянный круг, по краю которого нанесены градусные деления от 0° до 360° . Над лимбом горизонтального круга помещена вращающаяся вокруг отвесной линии верхняя часть теодолита, содержащая алидаду и зрительную трубу.

Вращающиеся части теодолита снабжены закрепительными винтами (для закрепления их в неподвижном состоянии) и наводящими (для медленного и плавного вращения в небольших пределах). Имеются такие винты у зрительной трубы, алидады и лимба. Наводящие винты действуют только тогда, когда закрепительные винты закреплены. При закреплении винтов не следует прикладывать усилия – винты зажимаются легко. Следует также запомнить правило: прежде чем повернуть трубу, алидаду или лимб, надо убедиться в том, что их закрепительные винты не завинчены.

На рис.1 и 2 показаны цифрами основные части теодолита. Подставка теодолита 1 установлена на основании 2, которое служит дном футляра прибора. Основание 2 крепится со штативом с помощью станového винта 3. Подъемные винты 4 и цилиндрический уровень 5 служат для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение. Лимб горизонтального круга помещен под кожухом 16, а лимб вертикального круга – под кожухом 17. Угломерные круги освещаются при помощи откидного зеркала 19 дневным светом.

Винт 10 – закрепительный винт лимба, винт 13 – наводящий винт лимба. Винт 11 – закрепительный винт алидады, винт 14 – наводящий винт

алидады. Винт 12 – закрепительный винт трубы и винт 15 – наводящий винт трубы.

Для визирования на предмет служит зрительная труба 6. Она снабжена объективом, окуляром, фокусирующей линзой, диафрагмой с сеткой штрихов, оптическими визирами 9. Фокусирование трубы на резкость осуществляется кремальерой 8. Отсчетным приспособлением теодолита Т-30 служит штриховой микроскоп 18. Теодолит снабжен съемной бусолью. На рис. 1 показано место крепления бусоли 20. На зрительной трубе с той и другой стороны укреплены оптические визиры 9 для приближенного наведения трубы на наблюдаемую точку при любом положении вертикального круга.

Подготовка теодолита для наблюдений

Открыв футляр теодолита, ознакомьтесь с его упаковкой, чтобы после завершения работы правильно его уложить в футляр. Для этого необходимо совместить красные точки на круглом основании 2 (см.рис.2), кожухе 16 и футляре теодолита. При этом зрительная труба должна быть закреплена в отвесном положении, объективом вниз. Все закрепительные винты должны быть завинчены, а зеркало 19 прижато к корпусу прибора.

Штатив 21 устанавливают над точкой – вершиной угла (в лаборатории эту точку укажет преподаватель), при этом ножки штатива выдвигаются так, чтобы головка штатива была на уровне груди наблюдателя и занимала примерно горизонтальное положение. Теодолит устанавливают круглым основанием 2 на головке штатива 21 и прикрепляют станковым винтом 3, имеющимся на штативе.

Измерение углов начинают с приведения теодолита в рабочее положение: центрирование и горизонтирование прибора. При центрировании ось вращения теодолита совмещают с отвесной линией, проходящей через вершину измеряемого угла. Центрирование теодолита Т-30 можно производить двумя способами. Мы разберем центрирование теодолита с помощью нитевого отвеса, прикрепленного к винту станкового винта 3.

Вначале центрируют приближенно, передвигая штатив и добиваясь того, чтобы острие отвеса отклонялось от точки, фиксирующей вершину угла, в пределах 2 см. Затем прибор центрируют точно путем перемещения его на головке штатива, предварительно открепив становой винт, до тех пор, пока отклонение отвеса от вершины угла не превысит 2-3 мм. После этого становой винт закрепляют. Во втором способе теодолит центрируют с помощью зрительной трубы, которую устанавливают отвесно объективом вниз.

Горизонтирование теодолита Т-30 выполняют с помощью цилиндрического уровня 5 и подъемных винтов 4 следующим образом: уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов. Одновременным вращением в разные стороны этих подъемных винтов приводят пузырек уровня на середину ампулы в нуль-пункт. Затем алидаду поворачивают на 90^0 и, действуя третьим подъемным винтом, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Такие действия повторяют до тех пор, пока пузырек уровня не будет уходить от нуль-пункта более чем на 1-1,5 деления уровня.

Для установки зрительной трубы по глазу ее нужно навести на светлый фон и, вращая окулярное кольцо 7, добиться четкой видимости сетки нитей. Чтобы установить зрительную трубу по предмету, сначала визируют поверх нее, пользуясь оптическим визиром 9 (см. рис.1). Когда наблюдаемый предмет попадет в поле зрения трубы, зажимают закрепительные винты алидады 11 и трубы 12 (закрепительный винт лимба 10 также закреплен). Вращением кремальеры 8 добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Действуя наводящими винтами алидады 14 и зрительной трубы 15, совмещают центр сетки с изображением наблюдаемого предмета – визирного знака, например креста круглой марки (рис.3).

При получении четкой видимости предмета надо слегка переместить глаз у окуляра. Если изображение предмета смещается относительно сетки

нитей, то имеется параллакс сетки нитей. Его устраняют небольшим поворотом кремальеры 8 и окулярного кольца 7.

Изучение правила отсчитывания по кругам теодолита Т-30

После наведения трубы на визирный знак берут отсчеты по кругам. В поле зрения отсчетного микроскопа 18 (его окуляр помещен рядом с окуляром зрительной трубы) видны штрихи горизонтального «Г» и вертикального «В» кругов (рис.4). Каждый градусный штрих подписан, градусное деление разделено на шесть равных частей. Таким образом, цена деления лимба обоих кругов 10'. Отсчет производится по отсчетному штриху микроскопа до 0,1 деления лимба, то есть до 1'. Считывают количество градусов, пройденных до штриха, количество десятиминутных делений до штриха, а минуты определяют «на глаз».

Таким образом, отсчет по шкале Г на рис.4 - $69^{\circ}25'$, по шкале «В» - $358^{\circ}37'$.

Измерение горизонтальных углов способом приемов

Горизонтальным углом называется горизонтальная проекция угла местности. Измерение горизонтальных углов производится при помощи горизонтального круга теодолита.

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают над вершиной измеряемого угла и подготавливают его для наблюдений вышеизложенным способом.

Закрепляют лимб винтом 10, открепляют закрепительные винты алидады 11 и трубы 12, наводят трубу на правую точку 1 (рис.5), закрепляют алидаду и трубу, наводящими винтами 14 и 15 приводят цель в центр сетки

нитей и после этого производят отсчет по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерения горизонтальных углов (таблица 1).

Журнал имеет следующие графы:

1 – номер станции, то есть точка, над которой установлен теодолит, на рис.5 это точка 2;

2. – номер точек наблюдения, то есть точек между направлениями, на которые измеряется угол. На рис.5 это точки 1 и 3. В графу 3 на одну строчку с номером точки 1 записывают отсчет по горизонтальному кругу в направлении на точку 1. Затем открепляют алидаду и трубу, наводят трубу на левую точку 3, производят отсчет по горизонтальному кругу и тоже записывают его в журнал в графу 3 против точки 3. Из отсчета на правую точку 1 вычитают отсчет на левую точку 3 и полученное значение угла записывают в графу 4.

$$\beta = a_{ст} - a_{мл},$$

где $a_{ст} - a_{мл}$ - отсчеты старший и младший (на правую и левую точки).

Если отсчет на правую точку окажется меньше отсчета на левую (нуль лимба оказался между сторонами измеряемого угла), то к отсчету на правую точку прибавляют 360^0 .

Эти действия, произведенные при КП (вертикальный круг справа от трубы, если смотреть от окуляра к объективу), и составляют первый полуприем измерения угла. Переводят трубу через зенит, вертикальный круг становится слева от зрительной трубы, смещают лимб на угол примерно $1-2^0$, для этого ослабляют закрепительный винт лимба и поворачивают алидаду вместе с лимбом на небольшой угол. Снова закрепляют лимб. И при КЛ (вертикальный круг слева) вновь производят все действия в указанном выше порядке. Эти действия составляют второй полуприем. Результаты записывают в журнал. Два полуприема образуют полный прием. Значения угла, полученные из первого и второго полуприемов, усредняются, если они

различаются не более чем на $2'$ (графа 5). При расхождении углов в полуприемах более чем $2'$ измерения повторяют.

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов

№ станций	№ точек наблюдений	Отсчеты по горизонтальному Кругу	Горизонтальный угол β	Среднее значение угла $\beta_{ср.}$
1	2	3	4	5
2		КП	27°07'	27°06'30"
	1	237°48'		
	3	210°41'		
		КЛ	27°06'	
	1	9°30'		
	3	342°24'		

Измерение вертикальных углов

Вертикальным углом, или углом наклона, называется угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси трубы. Измерение вертикальных углов производится при помощи вертикального круга теодолита. У теодолита Т-30 вертикальный круг разделен и оцифрован от 0° до 360° против хода часовой стрелки. Для удобства вычисления вертикальных углов желательно, чтобы отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы и ось цилиндрического уровня горизонтальны, равнялся нулю. В действительности это условие нарушается: визирная ось может занимать горизонтальное положение и пузырек уровня находится в нуль-пункте, а отсчет по вертикальному кругу не равен нулю. Этот отсчет называется местом нуля вертикального круга (МО). Место нуля определяют по формуле

$$МО = \frac{КЛ + (КП + 180^{\circ})}{2}, \quad (1)$$

где КЛ и КП – отсчеты по вертикальному кругу при наведении трубы на одну и ту же точку местности при двух положениях вертикального круга: когда он слева (КЛ) и когда он справа (КП).

Величину вертикального угла получают по одной из формул:

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}, \quad (2)$$

$$v = \text{МО} - (\text{КП} + 180^\circ), \quad (3)$$

$$v = \frac{\text{КЛ} - (\text{КП} + 180^\circ)}{2}, \quad (4)$$

К значениям отсчетов КЛ и МО менее 90° следует прибавить 360° . Перед измерением вертикальных углов теодолит необходимо привести в рабочее положение. Измерение углов наклона производят одновременно с измерением горизонтальных углов на те же марки. Результаты измерений вертикальных углов записывают в журнал измерения вертикальных углов (таблица 2).

Таблица 2

Журнал измерения вертикальных углов

№ станций	№ точек наблюдения	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	N
		КЛ	КП		
1	2	3	4	5	6
2	1	2 52	177 09	0 00 30	2 51 30

Правильность измерения вертикальных углов контролируется постоянством МО, колебания которого в процессе измерений не должны превышать двойной точности отсчетного приспособления теодолита, то есть $2'$. В данной работе необходимо измерить не менее двух вертикальных углов.

Работа по измерению горизонтальных и вертикальных углов выполняется каждым студентом индивидуально. Отсчетом по лабораторной работе являются журналы измерений углов.

Вопросы для самопроверки

1. Для чего предназначен теодолит?
2. Перечислите основные части теодолита Т-30.
3. Что называется визирной осью трубы?
4. Чему равна цена деления лимба теодолита Т-30?
5. Как приводится теодолит в рабочее положение?
6. Что называется горизонтальным углом?
7. Что значит установить зрительную трубу для наблюдения?
8. Что значит горизонтировать прибор и как это выполнить?
9. Почему измерение горизонтального угла производят при двух положениях вертикального круга?
10. Как измерить горизонтальный угол способом приемов?
11. Что называется местом нуля теодолита и как его вычислить?
12. По каким формулам можно вычислить угол наклона?
13. Каков контроль измерения вертикальных углов?
14. Как измерить угол наклона линии местности?

Лабораторная работа № 2

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА

Цель и содержание работы

Работа выполняется с целью научить «читать» топографическую карту, то есть с ее помощью получать наиболее полно необходимые сведения о местности, определять по карте координаты и высоты точек местности.

Лабораторная работа состоит в решении типовых задач, исходные данные для которых приведены в таблице 3 вариантов. Для ее выполнения необходимо иметь: бланк лабораторного задания «Топографическая карта».

учебную топографическую карту масштаба 1 : 25 000, геодезический транспортир, циркуль-измеритель, линейку и калькулятор.

Необходимая литература [1] §§ 17-22; [2] §§ 18-23; [3] §§ 12-21.

Краткая теория типовых задач и порядок их решения

Задача 1. Изучение условных картографических знаков топографических планов и карт.

Местные предметы на топографических планах и картах изображаются условными картографическими знаками. Они разделяются на три группы: площадные, немасштабные и линейные.

П л о щ а д н ы е условные знаки применяются для заполнения площадей объектов, выражающихся в масштабе карты, например, пашни, луга, леса, озера и т.п. Площадные условные знаки изображают предметы подобными оригиналу, и по ним можно определить размеры и форму предметов; контуры предметов обозначаются точечным пунктиром или тонкой сплошной линией, а площади внутри контуров заполняются площадными условными знаками.

В н е м а с ш т а б н ы е условные знаки применяются для изображения объектов, площади которых не выражаются в масштабе карты, то есть их линейные размеры одного порядка с точностью масштаба ¹⁾. К таким объектам относят мосты, указатели дорог, километровые столбы, колодцы, родники, геодезические пункты, различные ориентиры и т.д. Как правило, немасштабные условные знаки определяют местоположение объектов, и по ним нельзя судить об их размерах.

Л и н е й н ы е условные знаки применяются для изображения объектов линейного характера, длина которых выражается в масштабе карты, а ширина не выражается, например, дороги, реки, каналы и т.д.

¹⁾Точность масштаба – это горизонтальное расстояние на местности, соответствующее на плане (карте) 0,1 мм.

Рельеф местности изображается на топографических картах и планах с помощью горизонталей; при углах наклона более 45° (овраги, промоины, курганы, карстовые воронки) – специальными условными знаками. Все формы рельефа изображаются коричневым цветом.

Решение задачи I будет заключаться в вычерчивании некоторых условных картографических знаков. По названиям местных предметов, приведенных в бланке лабораторного задания, в алфавитном указателе каталогов [4] находят порядковые номера условных знаков и по их номерам – сами условные знаки для масштаба 1 : 5000.

Размер рисунка условного знака должен соответствовать размеру, приведенному в каталоге. Числовые и буквенные характеристики, сопровождающие некоторые условные знаки и являющиеся их составной частью, также должны быть перерисованы. Для внесмасштабных условных знаков нужно еще определить местоположение предмета в условном знаке, что выполняют в соответствии с указаниями раздела каталога «Пояснения к условным знакам» [4].

Задача 2. Определение координат двух точек местности в системах географических и плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.

Для решения данной и последующих задач нужно выбрать и отметить на карте карандашом точки А и В так, чтобы расстояние между ними было порядка 10-12 см и чтобы они не лежали на линиях километровой сетки и на горизонталях. Желательно, чтобы А и В находились по разные стороны от линии водотоков.

Определение географических координат (задача 2^а). Рамками каждого листа топографической карты являются координатные линии системы географических координат – параллели и меридианы. У каждого угла рамки подписаны: широта и долгота. Кроме того, рамка разбита на минуты широты и долготы (минутная рамка) (рис.6). Минуты разделены

на шесть частей, что позволяет точно определять дуги по 10', а отдельные секунды оценивать на глаз или по пропорции.

Для определения географических координат точки А (см.рис.б) проводят на карте ближайшую к ней с юга параллель, соединив одноименные минуты западной и восточной сторон рамки, и ближайший к ней с запада меридиан, соединив одноименные минуты северной и южной сторон рамки. Предварительно до 1 получим $\varphi_A = 54^\circ 42'$ и $\lambda_A = 18^\circ 02'$. Для определения секунд широты и долготы следует измерить расстояния AA_1 и AA_2 и сравнить их с отрезками, соответствующими длине дуг меридиана и параллели в одну минуту, взятыми с минутной рамки.

$$a_{\text{мм}} - 60$$

$$AA_{1\text{мм}} - \Delta \varphi$$

$$\text{отсюда } \Delta \varphi = \frac{60'' \cdot AA_1}{a}$$

и аналогично

$$b_{\text{мм}} - 60$$

$$AA_{2\text{мм}} - \Delta \lambda \quad \Delta \lambda = \frac{60'' \cdot AA_2}{b}$$

Координаты точки А составят:

$$\varphi_A = 54^\circ 42' + \Delta \varphi \quad \text{и} \quad \lambda_A = 18^\circ 02' + \Delta \lambda$$

Или, в соответствии с рис.б:

$$\varphi_A = 54^\circ 42' 42,2'' \quad \text{и} \quad \lambda_A = 18^\circ 02' 30,3''$$

Определение прямоугольных координат (задача 2^б).

Координатные линии системы плоских координат Гаусса-Крюгера на карте масштаба 1: 25 000 проведены через 1 км. Вертикальные линии сетки параллельны оси абсцисс – осевому меридиану зоны, горизонтальные – параллельны оси ординат – изображению экватора на плоскости. Значения

абсцисс и ординат линий километровой сетки, выраженных в километрах, подписываются на выходах этих линий, причем крайние линии сетки подписаны полностью, а промежуточные линии двузначными числами – десятками и единицами километров. Номер зональной системы координат приписывается слева к значению ординат.

Для определения координаты X точки B (рис.7) сначала записывают координату X у линии квадрата километровой сетки, в котором находится точка B . Переводят эту величину в метры и к ней прибавляют отрезок BB_1 , т.е. $X_B = 6066000 \text{ м} + \Delta X$, аналогично по Y $Y_B = 4309000 \text{ м} + \Delta Y$.

ΔX и ΔY определяют как длины перпендикуляров BB_1 и BB_2 (измеренные по карте) и вычисляют соответствующие им расстояния на местности, т.е. $\Delta X = BB_1 \text{ мм} \times 25 \text{ м} = 34,2 \text{ мм} \times 25 \text{ м} = 855 \text{ м}$;

$$\Delta Y = BB_2 \text{ мм} \times 25 \text{ м} = 29,1 \text{ мм} \times 25 \text{ м} = 727,5 \text{ м}.$$

Окончательный ответ: $X_B = 6066000 \text{ м} + 855 \text{ м} = 6066855 \text{ м}$;

$$Y_B = 4309000 \text{ м} + 727,5 \text{ м} = 4309727,5 \text{ м}$$

Нанесение на карту точек по заданным прямоугольным и географическим координатам (задачи 2^в и 2^г). Пусть точка C задана прямоугольными координатами $X_C = 6068345 \text{ м}$ и $Y_C = 4311877,5 \text{ м}$. Вначале находим квадрат координатной сетки, у которого южная координатная линия будет иметь абсциссу, равную 6068 км, а западная координатная линия – ординату, равную 4311 км (см. рис.8). Для краткости он обозначается 68-11 (сокращенными координатами юго-западного угла). Приращения координат точки C относительно указанных координатных линий определяют по формуле:

$$\Delta X = 6068345 \text{ м} - 6068000 \text{ м} = 345 \text{ м};$$

$$\Delta Y = 4311877,5 \text{ м} - 4311000 \text{ м} = 877,5 \text{ м}$$

$$a = 345 \text{ м} : 25 \text{ м} = 13,8 \text{ мм}$$

$$b = 877,5 \text{ м} : 25 \text{ м} = 35,1 \text{ мм},$$

а затем наносят на карту в масштабе карты, используя циркуль-измеритель и

Если на карту нужно нанести точку Д по ее географическим координатам, например, $\varphi_D = 54^{\circ} 42' 48''$ и $\lambda_D = 18^{\circ} 06' 16''$, то нужно построить параллель и меридиан с заданными координатами. Для этого вычисляют линейную величину приращений $\Delta \varphi = 8''$ и $\Delta \lambda = 6''$, откладывают их на минутной рамке от параллели с широтой $54^{\circ} 42' 40''$ и от меридиана с долготой $18^{\circ} 06' 10''$. Через полученные точки на противоположных сторонах рамки карты проводят координатные линии с заданными координатами (рис.9). Их пересечение и будет точкой Д.

Задача 3. Определение горизонтальных проложений по карте.

Измерение по карте горизонтальных проложений выполняется с помощью циркуля-измерителя и масштаба карты (численного или линейного).

Длину АВ горизонтальной проекции линии местности вычисляют по формуле

$$S = m \cdot AB,$$

где АВ – длина линии на карте, измеренная по миллиметровой шкале линейки (до 0,1 мм); m – знаменатель масштаба карты.

При пользовании линейным масштабом измеряемую линию на карте берут в раствор циркуля-измерителя, а затем правую ножку циркуля ставят на нулевое деление или на одно из делений справа от нуля, в зависимости от длины измеряемой линии. Левая ножка циркуля в общем случае располагается в пределах левого основания, имеющего мелкие деления. Отсчет расстояния производят с оценкой на глаз десятых долей наименьшего деления (в данном случае – 2,5 м).

Если отрезок АВ длиннее 2 км, то вдоль линии АВ откладывается целое число километровых отрезков, а длина оставшейся части определяется с помощью линейного масштаба.

Задача 4. Определение углов ориентирования линии АВ.

Различают три угла ориентирования линий местности: истинный азимут, магнитный азимут и дирекционный угол. Исходными направлениями, относительно которых отсчитывают эти углы, являются соответственно истинный (географический), магнитный меридианы начальной точки линии и осевой меридиан зоны. Углы ориентирования отсчитываются от северных концов исходных меридианов по ходу часовой стрелки до направления линии местности; изменяются от 0° до 360° . На практике иногда вместо азимутов и дирекционных углов пользуются румбами. Румбом называется острый горизонтальный угол между северным или южным направлением меридиана и направлением данной линии.

Наиболее просто по карте определяются дирекционные углы линий. Чтобы измерить дирекционный угол линии АВ (задача 4^а), необходимо через точку А (рис.10) провести линию NS, параллельную вертикальной линии координатной сетки, и измерить транспортиром угол N АВ. Острый угол SAB является румбом этой линии. Можно линию NS не прочерчивать, а дирекционный угол линии АВ измерить в той ее точке, где она пересекается с вертикальной линией координатной сетки. Точность измерения дирекционного угла геодезическим транспортиром составляет 15'. Если необходимо получить дирекционный угол какой-либо линии местности с большей точностью, то необходимо решить обратную геодезическую задачу, сущность которой заключается в следующем.

Даны прямоугольные координаты $X_A Y_A$ и $X_B Y_B$ точек А и В (рис.11). Требуется определить горизонтальное проложение d и дирекционный угол α . В соответствии с рис.11 напомним:

$$\Delta X = X_B - X_A; \quad \Delta Y = Y_B - Y_A \quad (1)$$

Из прямоугольного треугольника АВВ имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (2)$$

и по $\operatorname{tg} \alpha$ находим α .

Название румба устанавливается по знакам приращений координат ΔX и ΔY , соответствующих знакам $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$, а по румбу определяется и дирекционный угол (табл.1). Из того же прямоугольного треугольника напишем: $\Delta x = d \times \cos \alpha$, $\Delta y = \sin \alpha$,

На основании которых будем иметь:

$$d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (3)$$

Формулы (1), (2) и (3) решают поставленную задачу. По формуле (3) значение d определяется трижды, сходимость результатов служит надежным контролем решения задачи. Наиболее точное значение d получается по последней формуле.

Таблица 1

Знаки приращения координат		Название Румба	Дирекционный Угол
Δx	Δy		
+	+	СВ	$\alpha = \tau$
-	+	ЮВ	$\alpha = 180^\circ - \tau$
-	-	ЮЗ	$\alpha = 180^\circ + \tau$
+	-	СЗ	$\alpha = 360^\circ - \tau$

В задаче 4⁶ требуется вычислить истинный и магнитный азимуты линии АВ по ее дирекционному углу и поправочным углам:

δ – склонению магнитной стрелки и γ – сближению меридианов, определяемых по графику ориентирования.

Для решения этой задачи необходимо воспользоваться формулами связи различных углов ориентирования.

$$A_H = \alpha + \gamma \quad (4),$$

$$A_H = A_M + \delta \quad (5),$$

где A_H – истинный азимут линии,

α – дирекционный угол этой же линии,

A_M – магнитный азимут этой же линии.

Углы γ и δ являются алгебраическими величинами: их знаки определяются по графику ориентирования. Необходимо при этом учитывать годовое изменение магнитного склонения. Если магнитный меридиан отклоняется от истинного к востоку, то δ имеет знак «плюс», если к западу – «минус». Аналогично для γ : если осевой меридиан отклоняется от истинного меридиана к востоку, то γ – положительный, если к западу, то – γ отрицательный.

Задача 4^а Если на топографической карте нет графика ориентирования, то величину склонения магнитной стрелки в данном районе можно узнать на ближайшей метеорологической станции, в геофизических обсерваториях и по специальным картам склонений магнитной стрелки. Величину сближения меридианов можно вычислить по формуле

$$\gamma_A = (\lambda_A - \lambda_{oc}) \cdot \sin \varphi_A \quad (6)$$

где φ_A , λ_A – географические координаты точки А, для которой вычисляется γ_A ,

λ_{oc} – географическая долгота осевого меридиана данной зоны.

В задаче 4^б необходимо вычислить сближение меридианов по формуле (6) для средней точки отрезка АВ. Географические координаты этой точки вычисляются так:

$$\varphi_i = \frac{\varphi_a + \varphi_b}{2} \quad \text{и} \quad \lambda_i = \frac{\lambda_a + \lambda_b}{2}$$

по данным задачи 2^а, значение долготы осевого меридиана четвертой зоны равно 21°. Для вычисления γ_i в минутах следует $(\lambda_i - \lambda_{oc})$ выразить также в минутах дуги.

В задаче 4', по данным σ и γ , из таблицы вариантов 3 и на основании правила об алгебраических знаках этих углов (см. задачу 4^а) необходимо построить график ориентирования, с помощью которого легко осуществляется связь углов ориентирования. Построение графика начинают (рис.12) с вертикальной линии со звездочкой, что показывает положение истинного меридиана. Затем в зависимости от знака, строят положение магнитного и осевого меридианов. При построении углы γ и σ не строятся по транспортиру, и условные знаки *, \vee и \wedge обозначают соответственно истинный, осевой и магнитный меридианы.

Задача 5. Изображение рельефа на топографической карте.

Определение отметок точек и крутизны скатов.

На топографических планах и картах рельеф изображается горизонталями. Горизонталь – линия, соединяющая точки с равными высотами на карте. Понятие о ней можно получить, если представить себе сечение физической поверхности Земли уровенной поверхностью. Линия пересечения этих поверхностей, ортогонально спроецированная на горизонтальную плоскость, и будет горизонталью. Чтобы изобразить горизонталями рельеф участка местности, необходимо выполнить сечение его поверхности рядом уровенных поверхностей, расположенных на одинаковом расстоянии h , которое называется высотой сечения рельефа. Ее значение всегда указывается на топографической карте под линейным масштабом. Для данной учебной карты высота сечения рельефа равна 5 м.

Из многообразия форм рельефа местности можно выделить пять характерных (рис.13): гора, котловина, хребет, лощина, седловина.

Чтобы отличить гору от котловины, хребет от лощины, у некоторых горизонталей ставят бергштрихи. Высоты некоторых горизонталей подписывают на карте (см.рис.13), при этом цифры располагают так, чтобы их верх был направлен в сторону повышения ската. По высоте одной горизонтали и известной высоте сечения рельефа можно определить высоты других горизонталей.

Для более детального изображения рельефа на карте, наряду с горизонталями, служат высоты характерных точек местности. Кроме сплошных горизонталей, на картах проводят пунктирные – дополнительные горизонтали: полугоризонтالي и четвертьгоризонтали. Они проводятся соответственно через половину или четвертую часть принятого на карте значения высоты сечения рельефа. На данной карте имеются лишь полугоризонтали, их высоты кратны 2,5 м. Кроме того, на данной карте горизонтали, кратные 25 м, утолщенные, что облегчает чтение горизонталей.

Задача 5^{б,в}. Определение высот точек А и В и точек перегиба рельефа по линии АВ.

Если определяемая точка лежит между горизонталями с разными высотами (рис.14), то ее высота определяется интерполированием на глаз между высотами этих горизонталей:

$$H_A = H_r + \frac{d_1}{d} \cdot h, \quad (7)$$

где H_r – высота младшей горизонтали;

d – заложение (расстояние на карте между горизонталями, мм);

d_1 – расстояние от точки А до младшей горизонтали;

h – высота сечения рельефа.

Высота точки А (см.рис.14) равна:

$$H_A = 140,0 + \frac{d_1}{d} \cdot 5,0 = 140 + \frac{1}{3} \cdot 5 = 141,7 \text{ м}$$

Если определяемая точка расположена между одноименными горизонталями (на седловине) или внутри замкнутой горизонтали (на холме или в котловине), то ее высоту можно определить лишь приближенно, считая, что она больше или меньше отметки этой горизонтали на $0,5 h$, в зависимости от формы рельефа.

Величина заложения d является мерой крутизны ската:

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} \text{ или } d = h \cdot \operatorname{ctg} \nu, \quad (8)$$

то есть чем больше d , тем меньше угол наклона ν , который линия местности образует с горизонтальной плоскостью. Если по линии АВ заложение d меняет свою величину, то это значит, что по этой линии есть точки перегиба профиля местности. Можно выделить два основных варианта размещения точек перегиба по линии АВ.

Первый вариант: линия АВ пересекает систему хребтов и лощин, при этом угол ν меняет не только свою величину, но и знак (рис.15). В этом случае следует считать определяемыми те точки перегиба, которые лежат на характерных линиях рельефа – водоразделах и тальвегах. Их высоты будут определяться методом интерполирования между смежными горизонталями.

Второй вариант: линия АВ проходит на склоне возвышенности; в этом случае величина заложения будет меняться в зависимости от изменения угла наклона, который будет при этом оставаться неизменным по знаку (рис.16). Здесь точки перегиба следует наметить на границах резкого изменения величины заложения. Высоты точек перегиба будут равны высотам соответствующих горизонталей.

Если линия АВ пересекает реку, то высота точки пересечения (точки перегиба) определяется интерполированием отметок урезов воды, между которыми эта точка находится. Высота уреза воды (зеркало воды) пишется у береговой линии голубым цветом.

Определение высоты произвольно намечаемой точки в заданном квадрате и точек, расположенных на характерных формах рельефа (котловине, седловине, хребте и вершине холма).

На карте отыскивают один-два квадрата километровой сетки, в которых имелись бы вышеперечисленные характерные формы рельефа. Намечают дно котловины, характерную точку седловины, точку, лежащую на

водоразделе хребта, и вершину холма; затем, в соответствии с указаниями задачи 5^а, определяют их высоты.

Определение средних углов наклона на подъемах и спусках линии АВ.

Для определения угла наклона пользуются специальным графиком, называемым *г р а ф и к о м з а л о ж е н и я*, построенным по формуле (8) и помещенным на топографической карте под ее южной рамкой. На графике заложения (рис.17) по горизонтальной оси отложены значения угла наклона, а по вертикальной оси – значения заложений d .

Графиком заложения пользуются следующим образом: раствором циркуля с карты берут заложение между двумя горизонталями по данному скату, затем по графику находят то место, где расстояние между кривой и горизонтальной прямой равно этому заложению. Для найденной таким образом ординаты просчитывают значение угла ν по горизонтальной прямой.

Когда требуется определить средние углы наклона на подъемах и спусках, то поступают следующим образом. На участке линии АВ, где угол наклона не меняет своего алгебраического знака (либо спуск, либо подъем), измеряют отрезок l , соответствующий целому числу n заложений. Тогда средняя величина заложения на этом участке будет равна:

$$d_{\text{ср}} = \frac{l}{n}$$

Взяв в раствор циркуля отрезок $d_{\text{ср}}$, по графику заложения определяют соответствующий ему средний угол наклона $\nu_{\text{ср}}$. При подъемах получают положительные значения средних углов наклона, при спусках – отрицательные.

Задача 5^г. Построение профиля местности по линии АВ.

Профиль местности – это уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению (профильной линии). В данной задаче профильной линией будет линия АВ.

Профильную линию АВ переносят на бумагу (лучше миллиметровку) с сохранением масштаба карты и отмечают на ней точки А, В, 1, 2, 3 и 4 (рис.18) – точки перегиба рельефа. Построенная линия называется основанием профиля. От нее вниз откладывают 1 см, образуя графу высот, куда записывают высоты точек А, В и перегиба рельефа. И отложив еще 1 см вниз образуют графу расстояний, куда записывают в масштабе расстояния между точками А и 1; 1 и 2; 2 и 3 и т.д. Во всех намеченных на основании профиля точках восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают в масштабе 1: 2 500 взятые с карты высоты точек местности. Полученные точки соединяют ломаной линией (рис.18). Обычно высоты профиля уменьшают на одну и ту же величину, то есть строят профиль не от нуля высот, а от так называемого условного горизонта, с условием, чтобы зазор между основанием и нижней точкой профиля был не менее 4 см. На профиле, изображенном на рис.18, за условный горизонт принята высота, равная 70,0 м.

Задача 5^д. Проведение между точками А и В карты линии, угол ν , который на всем ее протяжении не превышает заданной величины.

По величине угла наклона ν (заданного преподавателем) определяют с помощью графика заложений (рис.17) предельное значение заложений $d_{\text{пред}}$. Начиная от точки А, выбирают направление линии, вдоль которой угол наклона не превышал бы заданной величины. Проложение этой линии практически осуществляют следующим образом.

Пусть заданному углу ν соответствует заложение $d_{\text{пред}}$, равное отрезку ЛК (рис.19). Взяв в раствор циркуля этот отрезок, проверяют, будет ли угол наклона между точками 1 и 2 меньше заданного угла ν . Если это условие выполняется, то проложение линии заданного угла наклона нужно будет вести от точки 2. Если же условие не выполняется, то проложение линии следует вести либо от точки 2', либо от точки 2'' (отрезки 1 - 2' и 1 - 2'' равны $d_{\text{пред}}$). Дальнейшее направление линии с заданным углом наклона

будет определяться в двух вариантах путем засечки радиусом $d_{пред}$ последующей горизонтали из точки $2'$ или $2''$ и т.д.

После прохождения всего пути от А до В измеряют длину полученных ломаных линий. За окончательный следует взять вариант, в котором АВ будет иметь меньшую длину.

Задача 6. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1 : 10000, которому принадлежит точка М с заданными географическими координатами, а также номенклатуры восьми смежных листов карт того же масштаба.

Подобного рода задачи решаются при составлении заявки на получение топографических карт.

Порядок решения этой задачи покажем на конкретном примере. Пусть известны географические координаты точки (выбирается из таблицы вариантов): $\varphi_M = 50^{\circ} 31'$ и $\lambda_M = 65^{\circ} 56'$.

Вначале определим, к какому листу карты масштаба 1 : 1000000 относится данная точка. Листы карты этого масштаба ограничены меридианами и параллелями и имеют размеры: по широте 4° , по долготе 6° . Номенклатура листов карты этого масштаба складывается из прописной буквы латинского алфавита, обозначающей пояс и цифры, указывающей номер колонны (рис.20).

Точка с широтой $50^{\circ} 31'$ находится между параллелями 48° и 52° , то есть в поясе М. Долгота точки $65^{\circ} 56'$ находится между меридианами 60° и 66° , что соответствует колонне 41. Номенклатура листа карты масштаба 1 : 1000000 будет М-41. Определяем номенклатуру листа карты масштаба 1 : 100000. Лист карты масштаба 1 : 1000000 делится на 144 листа карты масштаба 1 : 100000 (рис.21), обозначаемых цифрами 1, 2, 3, ..., 144.

Размеры листа карты масштаба 1 : 100000 по широте 20', а по долготе 30'. Заданная точка лежит между параллелями 50° 20' и 50° 40' между меридианами 65° 30' и 66° 00', что соответствует листу с номером 60. Следовательно, номенклатура листа карты масштаба 1 : 100000 будет М-41-60. Дальнейший переход к номенклатурам карт более крупных масштабов осуществляется делением рамок листов на две части. На рис.22 показана разграфка карт масштабов 1 : 50000, 1 : 25000, 1 : 10000. Номенклатура листа карты масштаба 1 : 10000, на котором находится данная точка М, будет М-41-60-Б-г-3. Решение этой задачи заканчивается составлением схемы расположения соседних к полученному листу листов карт масштаба 1 : 10000 (рис.23). Номенклатуру восьми смежных листов легко получить непосредственно с рис.22.

М-41-60-Б-в-2	М-41-60-Б-г-1	М-41-60-Б-г-2
М-41-60-Б-в-4	М-41-60-Б-г-3	М-41-60-Б-г-4
М-41-60-Г-а-2	М-41-60-Г-б-1	М-41-60-Г-б-2

Рис.23

Варианты исходных данных

Таблица 3

Номер задачи	Исходные данные	Номера вариантов									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2г	x _c	5428	6450	6590	7010	8720	9810	9910	8920	7930	6840
	y _c	7640	7250	8950	8950	9960	9600	8820	8630	7540	7820
2д	φ _д	40°10'	42°12'	43°18'	44°59'	41°48'	42°02'	43°12'	42°45'	42°10'	43°05"
	λ _д	01°05'	02°10'	03°15'	04°22'	04°17'	05°12'	06°20'	05°50'	07°05'	06°30"
4г	γ	+0°42'	+0°58'	-1°10'	-2°20'	-2°21'	-1°15'	-0°58'	-0°59'	+2°17'	+2°00'
	δ	-6°10'	-6°15'	-5°50'	+6°05'	+7°15'	+2°13'	+3°15'	+5°18'	+7°25'	+8°10'
6	α	100°15'	120°26'	135°35'	141°36'	145°26'	150°17'	155°19'	180°02'	193°27'	205°08'
	φ _м	45°17'	55°12'	37°12'	38°18'	48°23'	49°12'	50°12'	50°58'	60°18'	39°49'
	λ _м	48°18'	66°17'	39°18'	105°15'	100°52'	81°21'	99°25'	10°18'	12°12'	59°41'

Номер варианта студенту задается преподавателем.

Вопросы для самопроверки

1. Какая поверхность принята в качестве поверхности относимости для геодезических и картографических работ в РФ?
2. На какие расстояния – горизонтальные или вертикальные – больше влияет кривизна Земли?
3. В чем заключается метод проекций, принимаемый для изображения физической поверхности Земли?
4. Что такое абсолютная и относительная высоты точек поверхности Земли?
5. В каких масштабах составляются топографические карты РФ?
6. Чему равны ординаты точек, лежащих на осевом меридиане зоны?
7. В какой зоне и на каком удалении от осевого меридиана зоны находится точка, если $Y = 14307125$ м?
8. В каком масштабе составлены топографические карты, если:
 - размеры северной и южной рамок $\Delta\lambda = 30'$;
 - размеры западной и восточной рамок $\Delta\varphi = 10'$?
9. Начиная с какого масштаба, топографическую карту называют планом и почему?
10. Какие условные знаки называют площадными, внесмачными и линейными?
11. Как с помощью компаса ориентировать топографическую карту по осевому меридиану зоны?
12. Чему равно сближение меридианов, если точка находится на крайнем западном меридиане зоны на параллели с широтой 30° ?
13. В каких пределах изменяется в зоне сближение меридианов?
14. Какой из углов ориентирования проще всего измерить по карте?
15. Как определить отметки точек, находящихся внутри замкнутой горизонтали?

16. Какую математическую функцию представляет график, называемый графиком заложений?

Лабораторная работа № 7

ОСНОВЫ АЭРОФОТОГЕОДЕЗИИ

Цель и содержание работы

Целью работы является изучение фотограмметрических свойств плановых аэроснимков и исследование их для решения практических задач, связанных с определением планового и высотного положения точек местности.

Для выполнения лабораторной работы необходимо подготовить учебную топографическую карту масштаба 1 : 25000 и стереопару снимков местности, изображенной на данной карте; стереопару горной местности; зеркально-линзовый стереоскоп и палетку с поперечным масштабом.

При решении задач надписи и построения на аэрофотоснимках и картах разрешается делать только карандашом. Результаты решения, таблицы и схемы заносятся в рабочую тетрадь.

Литература: [1] §§ 70-74; [2] §§ 51-56

Сведения из теории

Аэрофотосъемкой называют процесс фотографирования местности с самолета. Применяются аэрофотоаппараты (АФА) с форматом снимков 18 x 18 см (иногда 30 x 30 см). Большинство современных аэрофотоаппаратов работает в автоматическом режиме. В них предусмотрено автоматическое перематывание пленки, экспонирование, соблюдение заданного интервала между экспозициями и выравнивание пленки. Управление работой АФА осуществляется командным прибором.

На рис.24а показана схема АФА. Здесь объектив с фокусным расстоянием f_k обозначен цифрой 1; 2 – корпус АФА; 3 – кассета с пленкой; 4 – прикладная рамка. Фотоаппарат располагается на специальной подставке –

гиростабилизирующей установке, назначение которой – удерживать плоскость снимка в горизонтальном положении.

Прикладная рамка снабжена координатными метками, изображение которых фиксируется на аэроснимке (рис.246).

Аэрофотоаппараты имеют сменные объективы, фокусные расстояния которых от 55 до 500 мм. Объективы с фокусным расстоянием 200-350 мм применяют для целей дешифрирования (распознавания объектов и явлений по их изображениям на аэрофотоснимках) и аэрофотосъемки городов. Объективы с фокусным расстоянием 100-140 мм применяют для съемки горной местности. Чаще всего для съемки равнинной и холмистой местностей применяются объективы с $f_k = 70$ мм.

Кроме АФА в процессе аэрофотосъемки применяют дополнительно приборы, которые дают возможность определить, как были ориентированы аэроснимки в пространстве в момент съемки – это статоскоп и радиовысотомер.

Статоскоп – дифференциальный барометр, применяется для определения превышений между снимками. Впервые был разработан Д.И.Менделеевым. Точность определения превышений ~ 1,5 м.

Радиовысотомер – импульсный радиодальномер, применяется для измерения расстояния от самолета до земли в момент съемки. Показания радиовысотомера и статоскопа регистрируются фоторегистратором. В результате обработки этих данных для каждого аэроснимка определяется высота над поверхностью земли и превышение относительно исходной уровенной поверхности.

Чаще всего выполняют плановую аэрофотосъемку, то есть съемку при отвесном положении оптической оси АФА. Полученные снимки называют плановыми или горизонтальными. Для топографических работ эти снимки наиболее удобны в обработке. При плановой съемке угол отклонения α оси фотоаппарата от вертикали не превышает 3°. Если угол наклона α превышает

3, съемку называют перспективной, а снимки перспективными. Для изыскания инженерных сооружений и для топографической съемки применяют маршрутную и площадную съемки.

В маршрутной фотосъемке соседние снимки перекрываются (рис.25) не менее чем на 60%. Перекрытие снимков вдоль маршрута называется продольным.

Перекрытие снимков соседних маршрутов (рис.25) называется поперечным и назначается 30-40%.

Чтобы можно было произвести обработку снимков и получить план местности с горизонталями, выполняют плановую и высотную привязки снимков. Точки для привязки снимков выбирают из наиболее четких контуров местности, изобразившихся на аэроснимках (пересечение троп и дорог, изгибы и углы заборов, места впадения ручьев в реки и т.д.). Точки привязки снимков располагают в зонах продольного и поперечного перекрытий. Координаты этих точек определяют наземными геодезическими методами и в результате обработки снимков на фотограмметрических приборах.

Аэрофотоснимок представляет собой (рис.26) центральную проекцию участка местности. Плоскость Р – плоскость снимка (плоскость прикладной рамки), f_k – фокусное расстояние объектива АФА, S – центр проекции (центр объектива АФА), Т – предметная плоскость. В случае горизонтальной местности и горизонтального снимка центральная и ортогональная проекции совпадают и аэрофотоснимок является планом местности. Однако при наличии рельефа и при наклоне оси АФА снимок не дает ортогонального изображения местности.

Масштаб снимка можно определить (рис.26) следующим образом:

$$\frac{1}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{f_k}{H}.$$

Влияние рельефа

Точка А (рис.27) имеет превышение h относительно средней плоскости T_0T_0 . На горизонтальном снимке Р ее изображение будет в точке a . Если бы местность была горизонтальной, на снимке изображение точки А было бы в точке a_0 . Величина смещения $\delta_{rh} = aa_0$ называется «ошибкой за рельеф». Смещение точки a_0 на горизонтальном снимке происходит по прямой, соединяющей эту точку с главной точкой снимка. Если точка А лежит выше средней плоскости T_0T_0 , то ее изображение смещено от главной точки, а если ниже – то к главной точке.

Искажение за рельеф определяется (рис.27) следующим образом:

$$\frac{\delta_{rh}}{A'A_0} = \frac{S_a}{SA'} = \frac{f_K}{H} \quad \text{или} \quad \delta_{rh} = \frac{f_K \cdot A'A_0}{H}$$

с другой стороны,
$$\frac{A'A_0}{h} = \frac{oa}{f_k}$$

Учитывая, что $oa = r$, получим
$$A'A_0 = \frac{r \cdot h}{f_k} \quad \text{и} \quad \delta_{rh} = \frac{r \cdot h}{H}$$

В полученной формуле r – расстояние данной точки от главной точки, мм; h – превышение данной точки над средней плоскостью, м; H – высота фотографирования над средней плоскостью, м. Знак ошибки будет определяться знаком превышения. Ниже приведены численные значения δ_{rh} при $r = 70$ мм (на краю снимка) для разных H и h .

$h, \text{ м}$			
$H, \text{ м}$	10	50	100
1000	0,7	3,5	7,0
2000	0,4	1,8	3,5
3000	0,2	1,2	2,3

С увеличением высоты фотографирования уменьшаются искажения за рельеф, поэтому в горных районах аэрофотосъемку выполняют с больших высот, а для сохранения заданного масштаба применяют длиннофокусные объективы.

Влияние наклона снимка

На положение точек на снимке одновременно влияют искажения за рельеф и за наклон снимка. Эти ошибки, действуя совместно, искажают масштаб фотографического изображения в отличие от масштаба горизонтального снимка горизонтальной местности. Получается, что в каждой точке снимка свой собственный масштаб изображения.

Рассмотрим особые точки планового снимка, масштаб в которых находится в определенной связи с углом наклона снимка (рис.28).

S – центр проекции (оптический центр объектива);

n – точка надира;

o – главная точка снимка;

f_k – фокусное расстояние;

α – угол наклона снимка;

nN – отвесная линия;

SC – биссектриса угла α ;

c – точка нулевых искажений снимка.

Определим масштаб изображения в районе точки надира. Из рис.28 следует:

$$\frac{l}{m_n} = \frac{Sn}{SN} = \frac{Sn}{H}, \text{ но } Sn = \frac{f_k}{\cos \alpha} \text{ и } \frac{l}{m_n} = \frac{f_k}{H \cos \alpha}$$

Следовательно, масштаб изображения в районе точки надира будет крупнее масштаба горизонтального снимка.

В районе главной точки масштаб изображения

$$\frac{1}{m_o} = \frac{S_o}{SO} = \frac{f_k}{SO}, \text{ но } SO = \frac{H}{\cos \alpha} \text{ и } \frac{1}{m_o} = \frac{f_k \cdot \cos \alpha}{H}$$

Масштаб изображения в районе главной точки снимка меньше масштаба горизонтального снимка, полученного при тех же f_k и H .

В районе точки с масштаб изображения

$$\frac{1}{m_c} = \frac{S_c}{SC}, \text{ но } S_c = \frac{f_k}{\cos \frac{\alpha}{2}} \text{ и } SC = \frac{H}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

следовательно,
$$\frac{1}{m_c} = \frac{f_k}{H}$$

В районе точки С масштаб изображения наклонного снимка равен масштабу горизонтального снимка, поэтому точка С называется точкой нулевых искажений за наклон снимка.

Для остальных точек снимка ошибки за наклон снимка определяют по формуле (приводимой без вывода):

$$\delta r_\alpha = - \frac{r^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi}{f_k}$$

где α – угол наклона снимка (угол отклонения оптической оси камеры от отвесной линии);

f_k – фокусное расстояние камеры;

g и φ – полярные координаты точки снимка (рис.29).

За полюс системы принята точка c (рис.29); за полярную ось – главная вертикаль снимка VV , ее положительное направление – в сторону точки o .

Нумерация четвертой координатной системы идет против хода часовой стрелки. Из рассмотрения приведенной выше формулы следует, что ошибки в длине радиуса-вектора r имеют знак «минус» в I и IV четвертях, знак плюс – во II и III четвертях, что подтверждает, что масштаб снимка уменьшается в той его части, где расположена точка o , и увеличивается там, где находится точка n .

Изменение масштаба наклонного снимка приводит к тому, что при фотографировании квадрата, сторона которого параллельна главной вертикали снимка, на снимке получится равносторонняя трапеция (рис.30).

Сдвиги точек, вызванные наклоном снимка, направлены по радиусу-вектору к точке c или от точки c , поэтому углы при этой точке не искажаются. Эти углы остаются равными горизонтальным углам на местности с вершиной в точке c . Точку c наклонного снимка называют поэтому точкой нулевых искажений (она является вершиной неискаженных углов).

Без пояснений запомним, что по направлению к точке надира или от нее смещаются точки вследствие наличия рельефа. Углы при точке n не имеют искажений за рельеф. Поскольку точки c и n близки к точке o на плановом снимке (максимальное расстояние равно $f_k \operatorname{tg} \alpha$), то за вершину неискаженных углов за рельеф и наклон снимка можно брать точку o , легко определяемую на снимке по координатным меткам.

Перенос вершины неискаженных углов в точку o вызывает погрешности в направлениях, не превышающие нескольких угловых минут.

Стереоскопическое наблюдение снимков

В маршруте снимки перекрываются между собой на 60% (продольное перекрытие). Следовательно, соседние снимки образуют стереопару, и в пределах зоны перекрытия по ним можно наблюдать стереоскопическую

модель местности. Для наблюдения стереомодели используются стереоскопы. Пара соседних снимков маршрута образует стереопару.

Определение превышений по снимкам стереопары

На рис.31 показана система координат снимков стереопары. Здесь начало координат на каждом снимке стереопары – главная точка; ось абсцисс – линия базиса – линия, соединяющая главные точки на левом и на правом снимках. Положительное направление оси X – в направлении полета. Знак абсциссы точки a на левом снимке положительный, а на правом снимке – отрицательный. Перенос главных точек на смежные снимки стереопары выполняют под стереоскопом.

Продольным параллаксом точки, сфотографированной на снимках стереопары, называется алгебраическая разность абсцисс этой точки, измеренной на левом и правом снимках стереопары, то есть имеем:

$$P_a = x_a' - x_a$$

Рассмотрим еще одно определение продольного параллакса (рис.32).

Плоскости снимков P_1 и P_2 даны в позитивном положении; базис фотографирования В горизонтален; высота фотографирования для обоих снимков одинакова.

Перенесем направление S_1A параллельно самому себе в точку S_2 .

Тогда отрезок $a'a''$ будет равен P_a . Действительно, $P_a = x_a' - x_a$, но x_a имеет знак «минус», тогда $P_a = x_a' + |x_a| = a'a''$

Из подобия треугольников $S_1a'a''$ и S_2AA' имеем:

$$\frac{P_a}{B} = \frac{f_k}{H a'}; \quad P_a = B \frac{f_k}{H a'} = B \frac{1}{m_a}$$

Следовательно, продольный параллакс точки есть базис фотографирования в масштабе изображения данной точки. Точка С

находится выше точки А на превышение h , поэтому масштаб изображения этой точки будет крупнее масштаба изображения точки А, а продольный параллакс P_c больше P_a продольного параллакса точки А. Можно записать:

$$\Delta P = P_c - P_a = B \frac{f_k}{H_a - h} - B \frac{f_k}{H_a} = B f_k \frac{H_a - H_a + h}{H_a(H_a - h)} = P_a \frac{h}{H_a - h}$$

Решая это уравнение относительно h , получим
$$h = \frac{\Delta P H_a}{P_a + \Delta P}$$

Обычно превышения точек снимков измеряются относительно главной точки правого снимка. В этом случае

$$P_a = P_{O_2} = X_{O_2}^A - X_{O_2}^B = \vartheta_a; \quad (X_{O_2}^B = 0)$$

где b_n - базис, измеренный на левом снимке.

В свою очередь, продольный параллакс главной точки левого снимка будет равен b_n - базису, измеренному на правом снимке.

На практике базис фотографирования и плоскости снимков наклонный, поэтому измеренные разности продольных параллаксов исправляют поправками за углы наклона аэроснимков и базиса.

Формула для определения превышения приобретает более сложный вид. Для упрощенных измерений используется формула:

$$h = \frac{\Delta P H_{cp}}{\vartheta_{cp} + \Delta P}$$

$$\text{в которой } \vartheta_{cp} = \frac{\vartheta_A + \vartheta_B}{2}; \quad H_{cp} = \frac{H_A + H_B}{2}$$

H_{cp} - средняя для двух соседних снимков высота фотографирования.

Для равнинных районов используется формула

$$h = \frac{\Delta P \cdot H_{cp}}{v_{cp}}$$

Точность определения h на современных фотограмметрических приборах равна $\frac{H}{2000}$. Точность определения превышений упрощенными фотограмметрическими приборами и методами, применяемыми в геологических исследованиях, равна примерно $\frac{H}{700}$.

Задача 1. Определение масштаба аэроснимка.

Ориентируясь на одинаковые (идентичные) контуры аэроснимка и карты, необходимо обозначить границы участка местности, сфотографированного на снимке. Сопоставление контуров карты и аэроснимка и раскрытие их содержания есть элемент топографического дешифрирования аэроснимков. Для определения масштаба аэроснимка на нем нужно выбрать четыре контурные точки, надежно опознаваемые на карте. Примерное расположение таких точек (называемых опорными) показано на рис.33. Опорные точки выбирают по разные стороны от центра аэроснимка o , примерно на равных расстояниях от него. Длина отрезков ab и cd должна быть возможно большей (не менее 4 см на снимке), а расстояние от середины отрезка до центра аэроснимка – минимальное (не более 3 см).

Длины отрезков на снимке и карте измеряют с точностью до 0,1 мм. Знаменатель масштаба снимка вычисляют по формуле

$$m_{CH} = m_K \frac{\ell_K}{\ell_{CH}}$$

где m_{CH} , m_K – знаменатели масштабов аэроснимка и карты;

$\ell_{\text{сн}}$ и $\ell_{\text{к}}$ - измеренные длины соответствующих отрезков на аэроснимке и карте.

Значение $m_{\text{сн}}$ определяют дважды – по отрезкам ab и cd . Если расхождение двух его значений не превышает 5 единиц третьей значащей цифры, то за окончательный результат принимается среднее арифметическое из двух определений.

Определение масштаба аэроснимка выполняется в таблице 1.

Таблица 1.

№ определений	Длина отрезка, мм		$m_{\text{сн}}$	$m_{\text{сн средн.}}$	$\frac{1}{m_{\text{сн средн.}}}$
	на снимке $\ell_{\text{сн}}$	на карте $\ell_{\text{к}}$			
1.					
2.					

Задача 2. Перенесение на аэроснимок с карты сетки прямоугольных координат.

Задача решается графическими построениями, для которых удобно использовать клиновый масштаб. Для построения клинового масштаба на горизонтальной прямой в масштабе топографической карты откладывается отрезок заданной длины, например, 2000 м. На правом конце этого отрезка по перпендикуляру откладываются те же 2000 м, но в масштабе снимка. Полученную точку соединяют с левым концом горизонтального отрезка (рис.34). Чтобы удобнее было пользоваться масштабом, проводят дополнительные перпендикуляры (например, через 5 или 10 мм). Перенесение координатной сетки на аэроснимок можно выполнить по способу четырехугольника. Четыре опорные точки (целесообразно использовать опорные точки a, b, c, d , по которым определялся масштаб аэроснимка) на аэроснимке и карте соединяют прямыми линиями.

Образуются два соответствующих четырехугольника на снимке и на карте (рис.35).

Построение координатной сетки на снимке покажем на примере построения лишь одной координатной линии, например, вертикальной линии $У_1У_1$ (см. рис.35). С помощью циркуля-измерителя измеряют на карте отрезки $а к$ и $а ф$, по клиновому масштабу трансформируют их длины из масштаба карты в масштаб аэроснимка и откладывают на аэроснимке от контурной точки $а$, соответственно, по сторонам четырехугольника $ак$ и $аф$. Прямая $У_1У_1$ и будет координатной линией $У_1У_1$ на аэроснимке.

Иногда приходится строить координатную линию, измеряя отрезки не на самой стороне четырехугольника, а на ее продолжении. Изложенным способом строят лишь крайние координатные линии, приходящиеся на аэроснимок, промежуточные находят путем деления промежутка между построенными координатными линиями на нужное число.

Построенную на аэроснимке координатную сетку нужно подписать в соответствии с координатной сеткой карты. По координатной сетке снимка и карты нужно определить координаты X и $У$ какой-либо контурной точки местности.

Задача 3. Перенесение точек со снимка на топографическую карту.

Эту задачу нужно решить двумя способами: линейной засечкой и угловой засечкой из центральных точек аэроснимков.

Линейная засечка. На аэроснимке до точки P , которую нужно перенести на карту, измеряют циркулем-измерителем расстояния $г_1$, $г_2$ и $г_3$ от трех опорных точек $а$, $б$, $с$ (рис.36). С помощью клинового масштаба отрезки $г_1$, $г_2$ и $г_3$ переводят из масштаба аэроснимка в масштаб карты. Из опорных точек на карте ($а$, $б$ и $с$) радиусами $г_1$, $г_2$ и $г_3$ делают засечку. Центр P' полученного треугольника погрешностей и будет точкой P , перенесенной со снимка на карту.

Угловая засечка из центральной точки аэроснимка. На каждом снимке стереопары накалывают центральную точку – контурную точку снимка, лежащую в пределах окружности, проведенной из главной точки радиусом $0,03 f_k$, f_k – фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм. На учебных снимках изображения координатных меток отсутствуют, поэтому главные точки можно найти приближенно как точки пересечения диагоналей снимков. Величину f_k выбирают из таблицы 3 вариантов. Центральные точки необходимо выбирать так, чтобы их можно было опознать на смежном снимке стереопары (рис.37).

O_1 – центральная точка левого снимка стереопары; O_1' – эта же точка, но опознанная на правом снимке; O_2 – центральная точка правого снимка, O_2' – та же точка, но опознанная на левом снимке. Линии $O_1 O_2'$ и $O_1' O_2$ называют начальными направлениями. Предположим, что на левом снимке стереопары удалось опознать и наколоть опорные точки (точки a_1, a_2, a_3, a_4 на рис.37).

Опорные точки a_2 и a_3 находятся в зоне продольного перекрытия; их опознают и накалывают на правом снимке. С обоих снимков на кальке изготавливают лучевые восковки, на которых прочерчивают начальные направления, а также направления из центральных точек на опорные точки и на контурную точку x снимка, которую нужно перенести на карту.

Перенесение точки x со снимков на карту выполняют следующим образом. Лучевую восковку с левого снимка кладут на карту так, чтобы прочерченные центральные направления на ней прошли бы через соответствующие опорные точки на карте. После этого центральную точку O_1 перекалывают на карту. Плановое положение точки O_1 получено обратной угловой засечкой. Затем, не снимая первой восковки, на карту кладут лучевую восковку с правого снимка таким образом, чтобы начальные направления обоих снимков совпали, а центральные направления на опорные

точки a_2 и a_4 прошли бы через соответствующие опорные точки карты. В пересечении центральных направлений обоих снимков на точку x получим на карте ее плановое положение по способу прямой угловой засечки. Задача решается аналогично, если четыре опорные точки будут опознаны на правом снимке стереопары.

Задача 4. Определение превышений точек местности по результатам измерений на аэроснимках.

Задачу решают в следующей последовательности:

- 1) получение прямого, обратного и нулевого стереозффекта;
- 2) проведение на снимках базисов фотографирования;
- 3) измерение на снимках абсцисс точек, между которыми определяются превышения;
- 4) вычисление превышений.

1. Для получения прямого, обратного и нулевого стереозффектов снимки стереопары укладывают под зеркала стереоскопа так, как показано на рис. 38, 39 и 40. Заштрихованные части снимков – это зона их продольного перекрытия.

Для быстрого получения стереозффекта можно воспользоваться приемом, заключающимся в следующем. Положив снимки под зеркала стереоскопа, нужно подставить указательные пальцы рук к идентичному линейному контуру на левом и правом снимках. Глядя в стереоскоп, перемещают снимки по направлению их базисов до тех пор, пока не сольются изображения ногтей обоих пальцев. После этого убирают руки и сосредоточивают внимание на самом контуре. Вначале будут видны два его изображения. Медленным перемещением снимков добиваются их слияния, после чего наблюдатель увидит стереомодель местности, изображенной в перекрывающейся части двух снимков.

2. Базисы фотографирования (базисы снимков $O_{II}O'_{II}$ и $O_L'O_{II}$) проводят на снимках следующим образом. Главные точки O_L и O_{II} левого и

правого снимков получают как точки пересечения линий, соединяющих противоположные координатные метки. Эти точки накалывают, обводят кружком и подписывают. Затем главную точку правого снимка переносят на левый снимок, а главную точку левого снимка переносят на правый снимок. Главные точки снимков не являются контурными, поэтому их перенесение со снимка на снимок выполняют под стереоскопом. При этом удобно воспользоваться нулевым стереоэффектом, когда стереомодель получается в виде ровной местности, без рельефа. После соединения на каждом снимке собственных главных точек с перенесенными главными точками смежных снимков получают на снимках базисы фотографирования $O_L O_P$ - базис левого снимка; $O_P O_L$ - базис правого снимка.

3. При стереоскопическом рассмотрении снимков наблюдатель выбирает три точки местности, между которыми он будет измерять превышение (на практике их число может быть и большим). Эти точки накалывают и надписывают на снимке. Для определения превышений между ними надо измерить абсциссы этих точек в системах координат левого и правого снимков (см.рис.41).

Начало координат снимка – его главная точка, ось абсцисс – базис фотографирования на снимке, ее положительное направление совпадает с направлением полета. На рис. 41 показаны абсциссы точки a со своими алгебраическими знаками. Ось ординат на снимках прочерчивать не нужно.

Измерение абсцисс точек, а также базисов снимков w_L и w_P можно выполнить с помощью поперечного масштаба, изображенного на палетке, а также на стереоскопе, снабженном параллаксометром.

На палетке (рис.42) вертикальные линии поперечного масштаба нанесены с интервалом 10 мм. Имеется две трансверсали, одна из них проведена от 0 к верхнему правому углу и отсекает от горизонтальных линий отрезки, равные 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 мм. Значения этих отрезков подписаны справа у крайней вертикальной линии. Вторая трансверсаль проведена от

левого верхнего угла к нижнему правому, подписанному цифрой 10. Эта трансверсаль отсекает от горизонтальных линий те же отрезки, что и первая, но счет их идет сверху вниз. Величина этих отрезков (мм) равна дополнению подписанных на каждой горизонтальной линии цифр до 10.

При измерении длины какого-либо отрезка, параллельного оси абсцисс снимка, палетка на снимке кладется так, чтобы базис снимка был параллелен горизонтальным линиям палетки, один из концов отрезка находился бы на одной из вертикальных линий, другой – на одной из трансверсалей. Затем по поперечному масштабу определяют длину отрезка, беря десятые доли миллиметра на глаз.

На рис. 42 дан пример измерения абсциссы точки а на левом снимке и базиса левого снимка. Их значения получились соответственно равными 35,7 и 64,3 мм. Определяют алгебраический знак абсциссы. Для ускорения процесса измерения необходимо вначале палеткой определить приближенное, до 10 мм, значение длины отрезка. Например, абсцисса точки оказалась больше 30 и меньше 40 мм. Тогда один конец отрезка совмещают с вертикальной линией, подписанной 30 мм, а другой конец отрезка совместить с одной из трансверсалей.

4. Измеренные с помощью палетки значения базисов и абсцисс точек снимков записывают в специальную ведомость, образец которой и пример вычисления превышений приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ точек наблю- дения	Абсциссы, мм		Р, мм	ΔP , мм	h, м	Исходные данные
	X_L	X_{II}				
1	2	3	4	5	6	7
а	+34.2	-31.9	66.1	-3.3	-100	Нср = 2000 м. Вл = 65,7 мм. Вп = 66,8 мм. Вср = 66,2 мм.
б	+18.3	-44.5	62.8	-1.7	-51	
в	-3.6	-64.7	61.1	+5.0	+151	
а	+34.2	-31.9	66.1			

В графу 1 записывают номера точек наблюдения (точка а повторена, чтобы получился замкнутый ход); в графы 2 и 3 записывают измеренные абсциссы этих точек по левому и правому снимкам. В графе 4 вычисляют продольные параллаксы точек по формуле

$$P = X_L - X_P$$

В графе 5 вычисляют разности продольных параллаксов:

$$\Delta P_{ab} = P_b - P_a; \quad \Delta P_{ba} = P_a - P_b;$$

алгебраическая сумма которых должна равняться нулю.

В графе 6 вычисляют превышения по формуле

$$h = \frac{\Delta P H_{cp}}{v_{cp}}$$

Величина H_{cp} – средняя высота фотографирования – выбирается из таблицы 3 вариантов.

Таблица 3

Таблица вариантов

Номер задачи	Исходные данные	Номера вариантов									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$f_k, \text{мм}$	200	100	300	140	200	350	400	250	100	500
4	$H_{cp}, \text{м}$	1500	2000	2500	3000	3500	4000	3000	2000	2500	2700

Вопросы для самопроверки

1. В какой проекции получается аэроснимок местности ?
2. По какой формуле вычисляется масштаб горизонтального снимка ?
3. Какие снимки называются плановыми ?
4. Чему равно продольное перекрытие снимков ?
5. Какая точка снимка является вершиной углов, не искаженных за рельеф местности ?

6. Какая точка снимка является вершиной углов, не искаженных за наклон снимка ?
7. В какой точке снимка выбирается начало координат при измерении превышений точек местности ?
8. Что называется продольным параллаксом точки ?
9. Абсциссы точки, измеренные на левом и правом снимках стереопары, соответственно, равны $-2,5$ мм и $-62,3$ мм. Чему равен ее продольный параллакс?

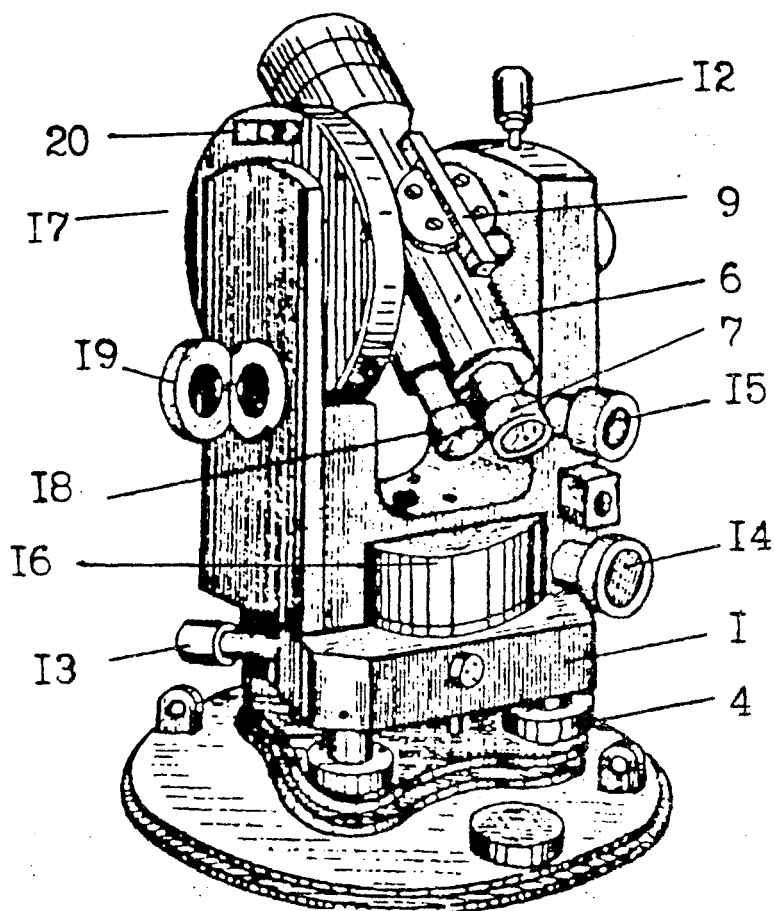


Рис.1

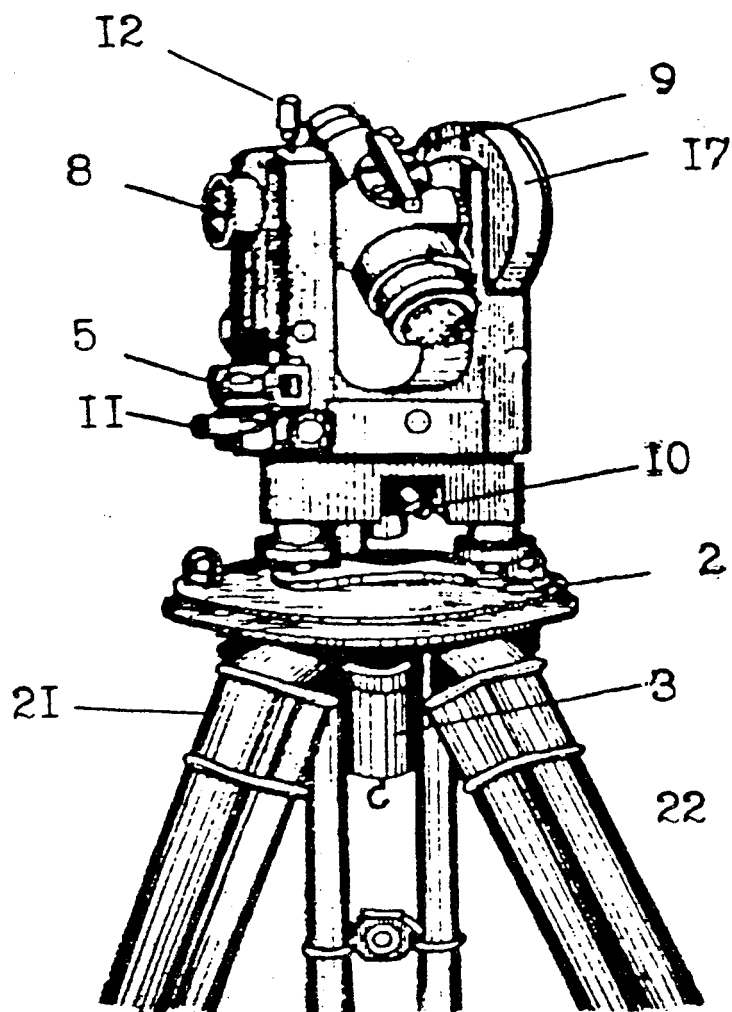


Рис.2

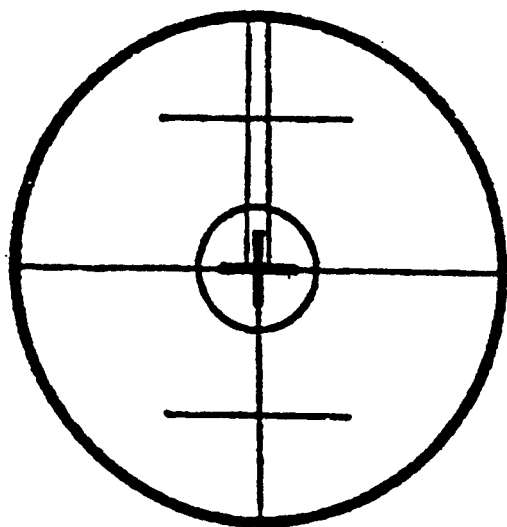


Рис.3

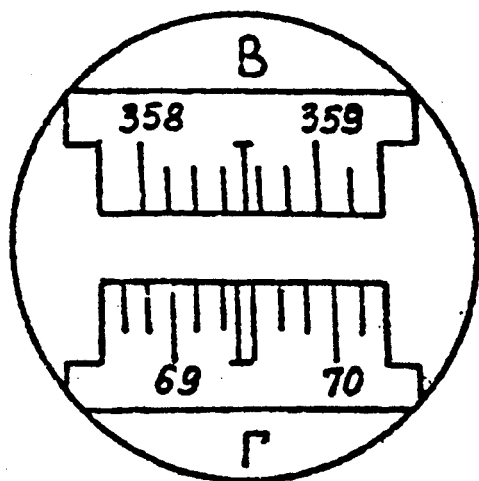


Рис.4

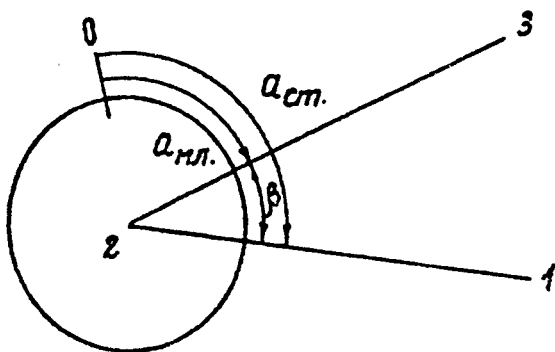


Рис.5

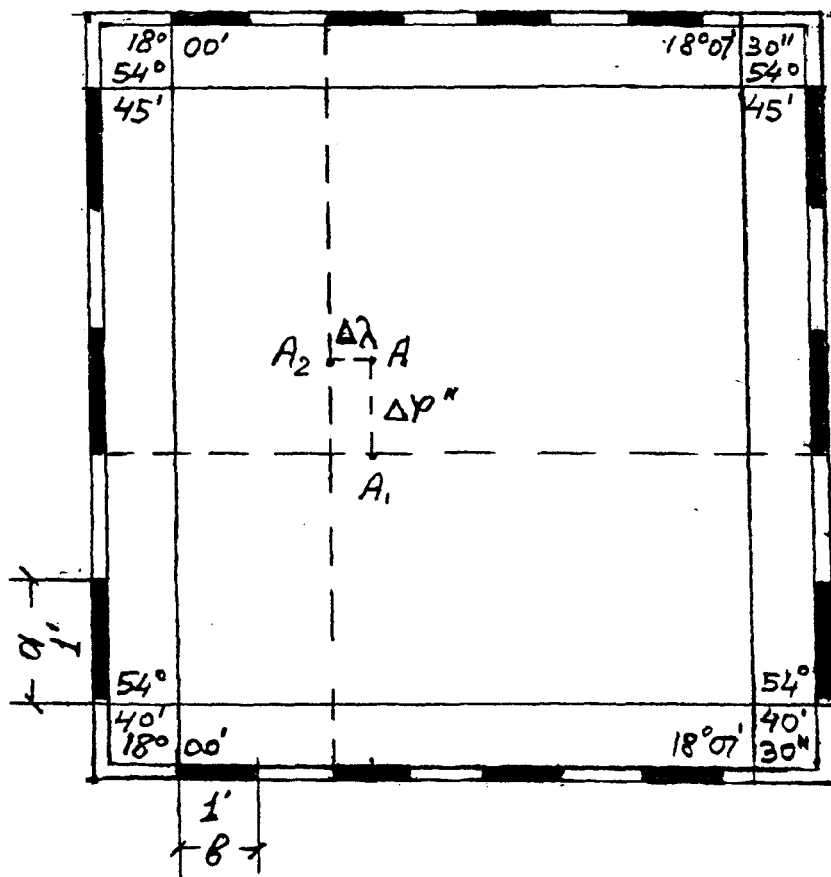


Рис.6

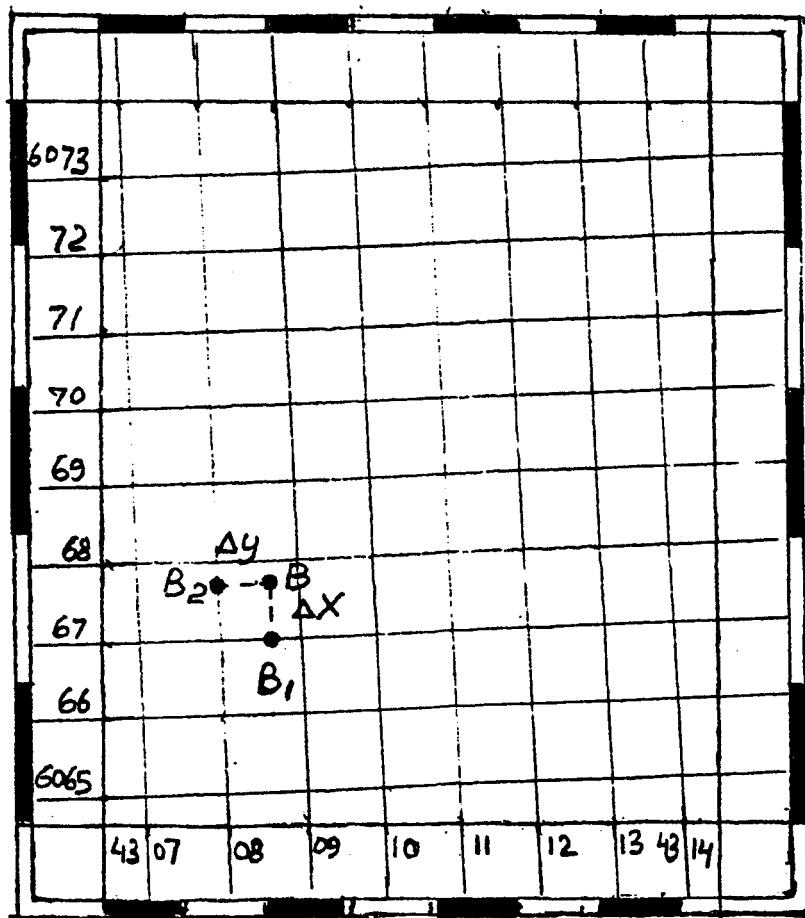


Рис. 7

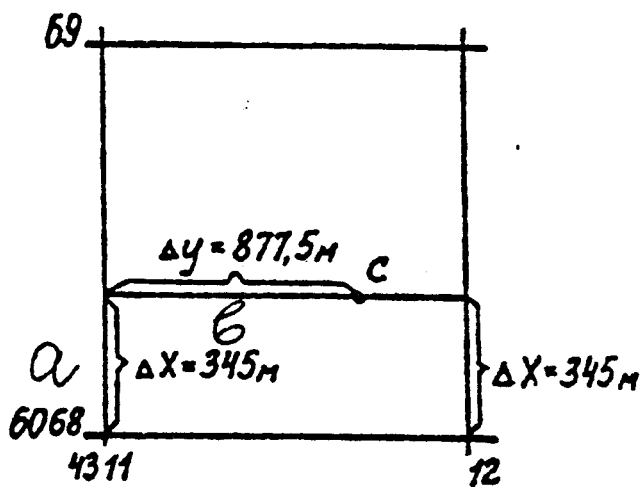


Рис.8

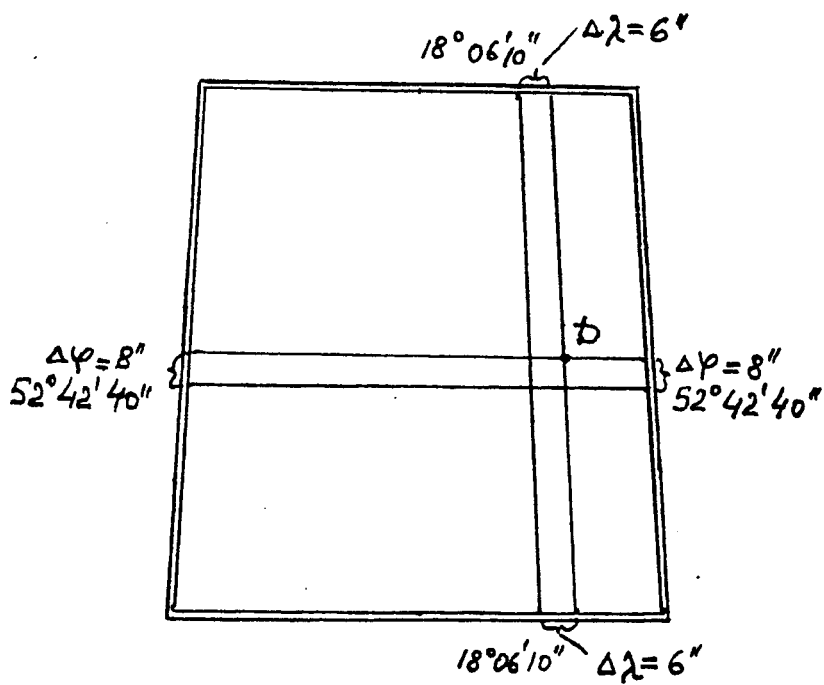


Рис.9

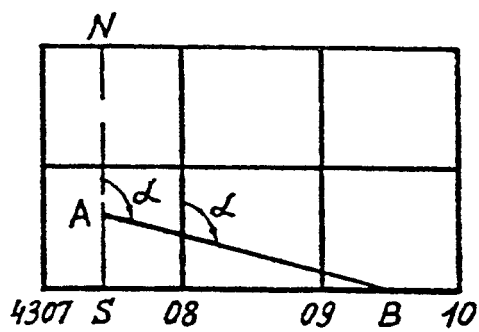


Рис.10

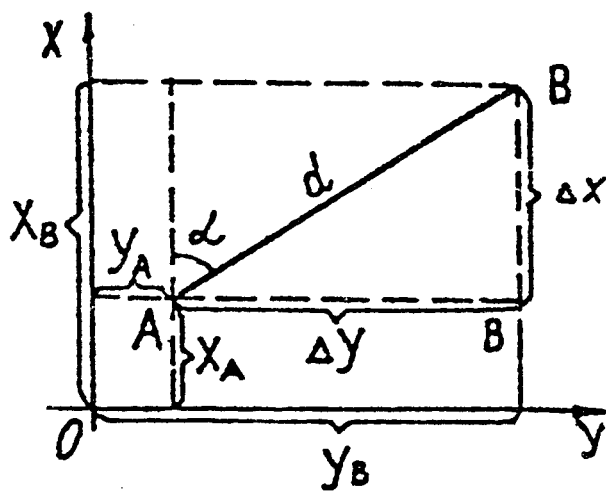


Рис.11

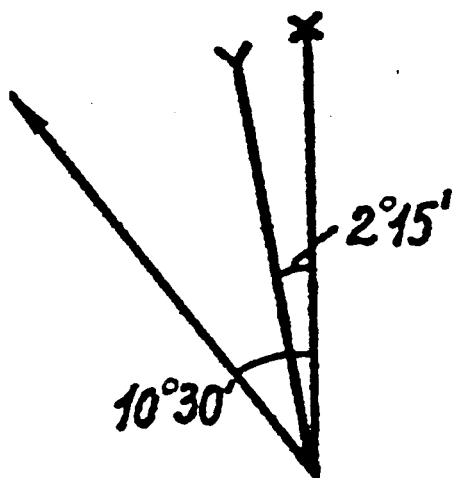


Рис.12

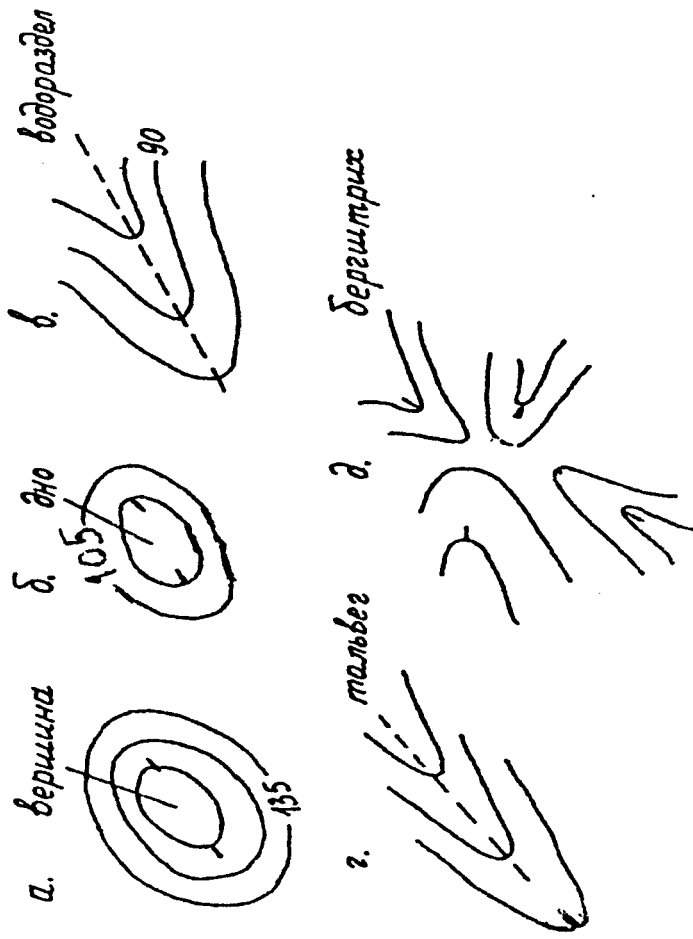


Рис.13

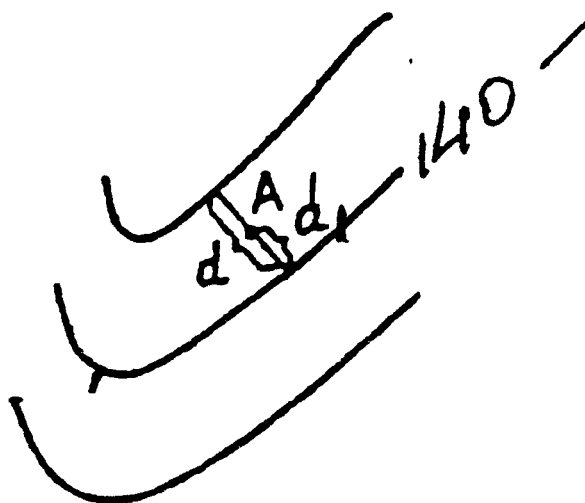


Рис.14

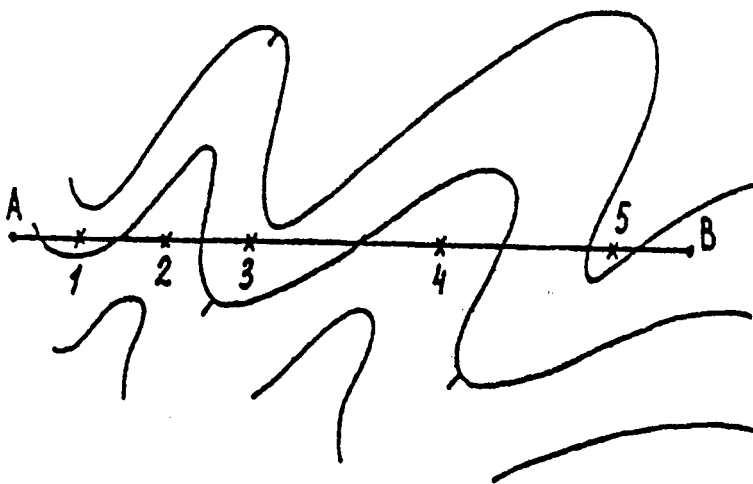


Рис.15

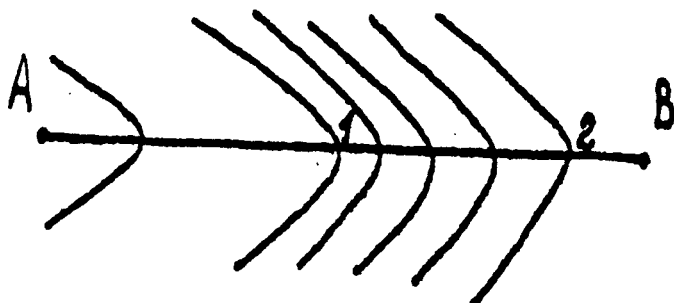


Рис.16

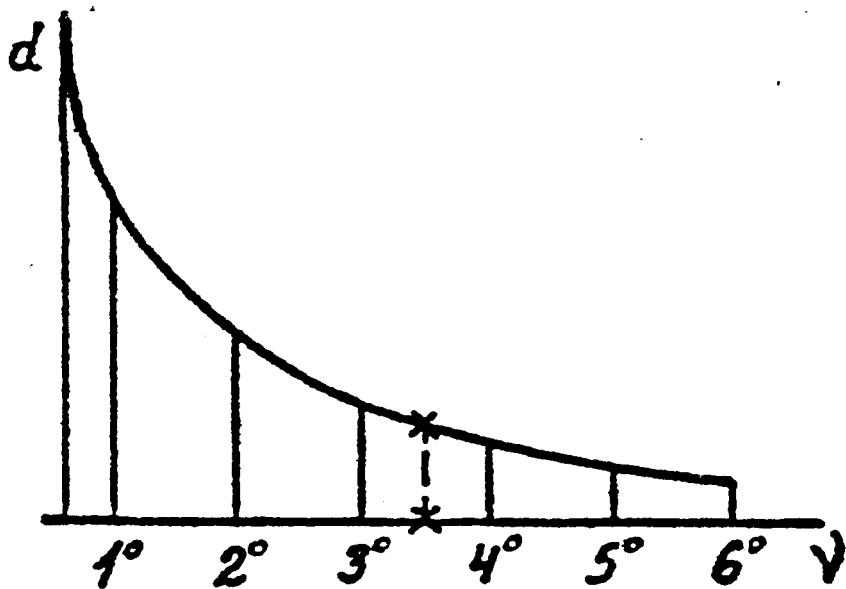


Рис.17

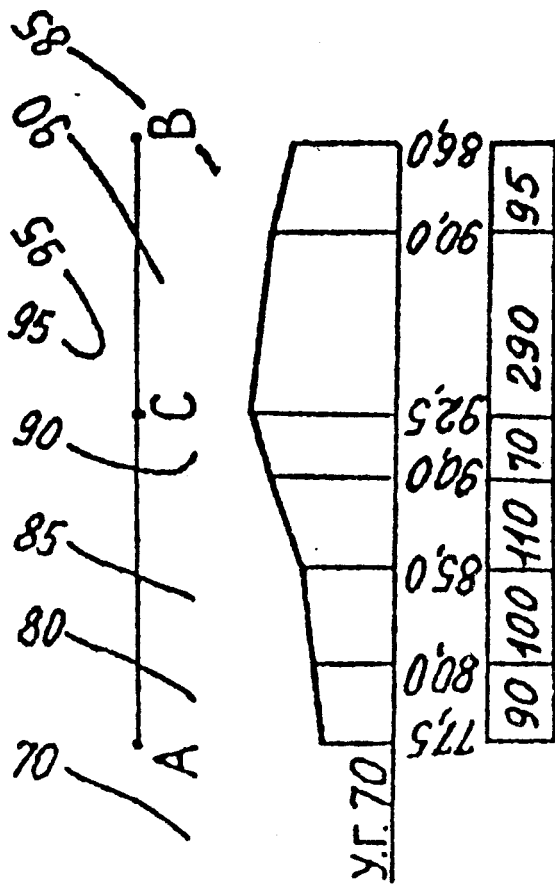


Рис.18

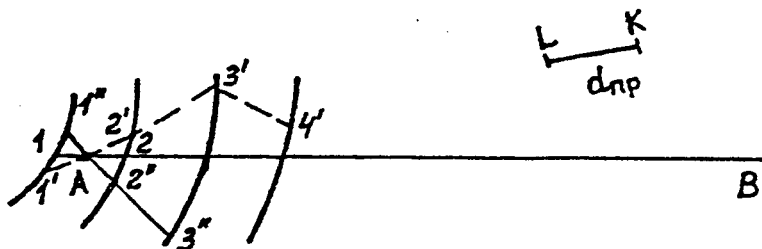


Рис.19

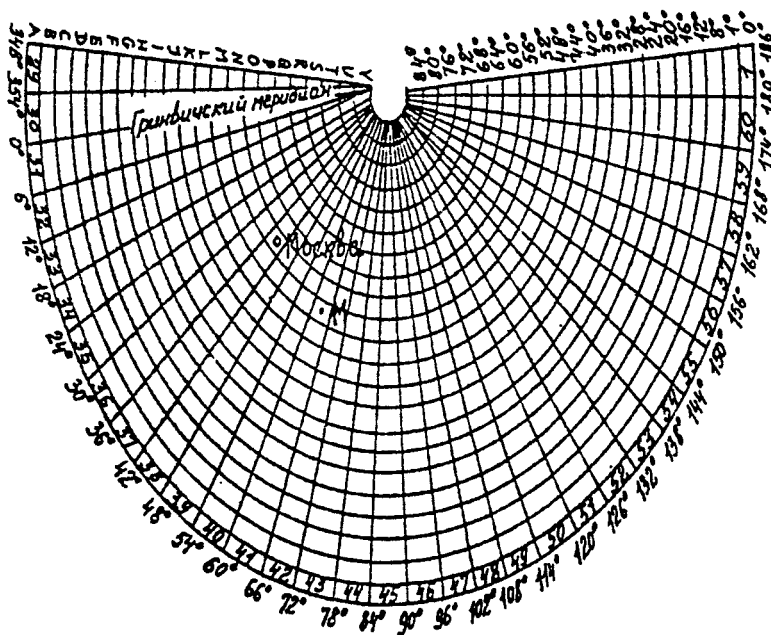


Рис.20

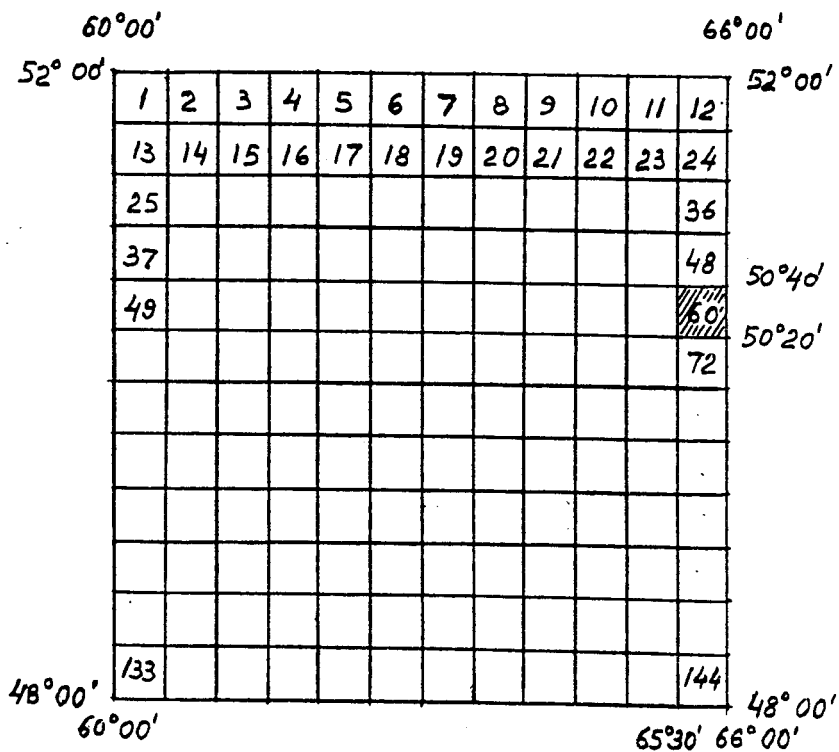


Рис.21

M-44-60

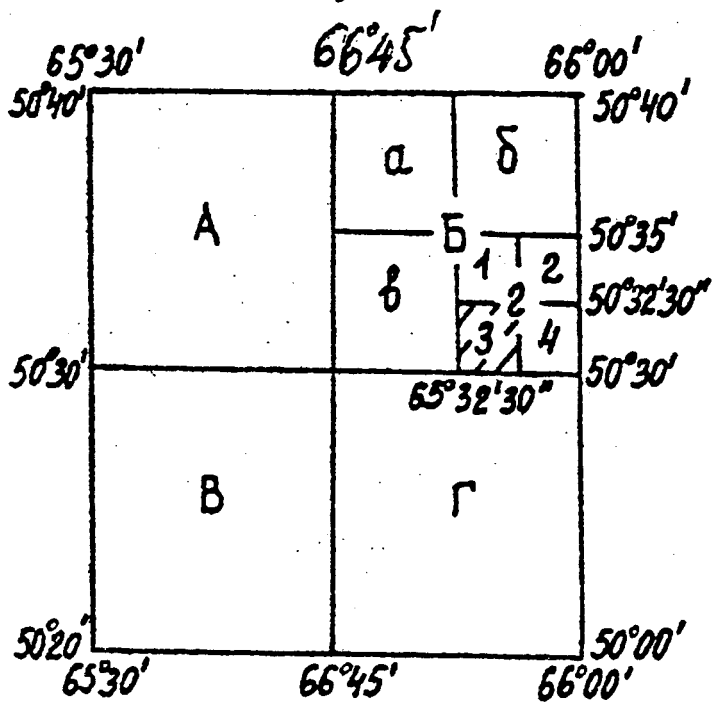


Рис.22

М-4I-60-Б-В-2	М-4I-60-Б-Г-I	М-4I-60-Б-Г-2
М-4I-60-Б-В-4	М-4I-60-Б-Г-3	М-4I-60-Б-Г-4
М-4I-60-Г-а-2	М-4I-60-Г-б-I	М-4I-60-Г-б-2

Рис.23

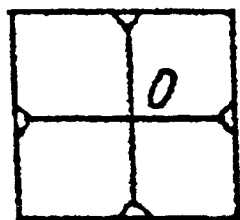
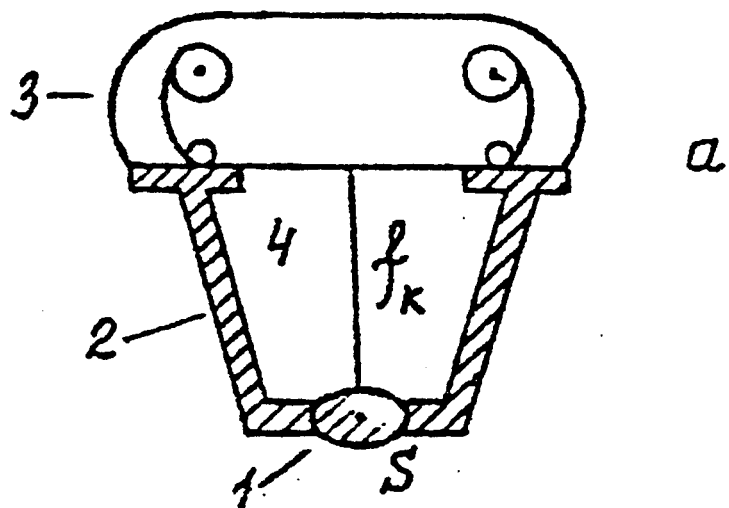


Рис.24

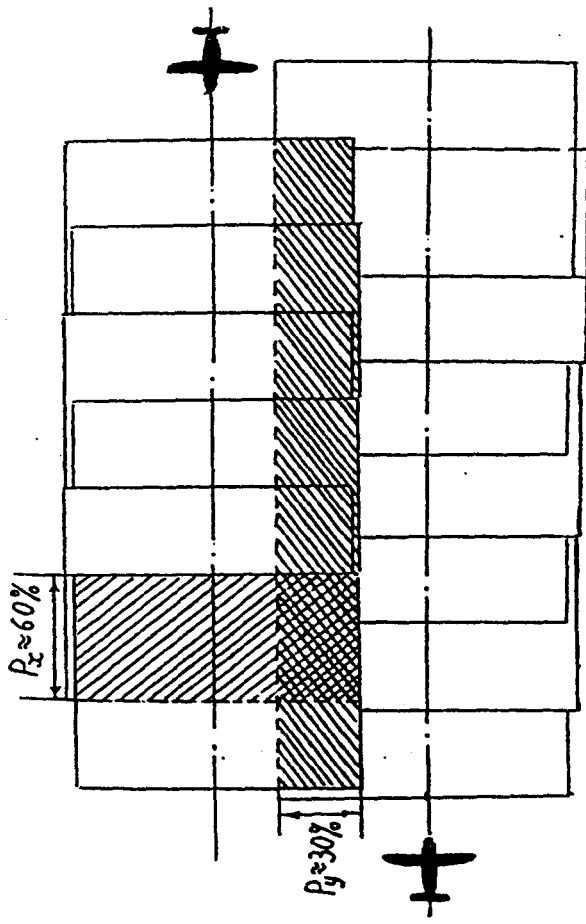


Рис.25

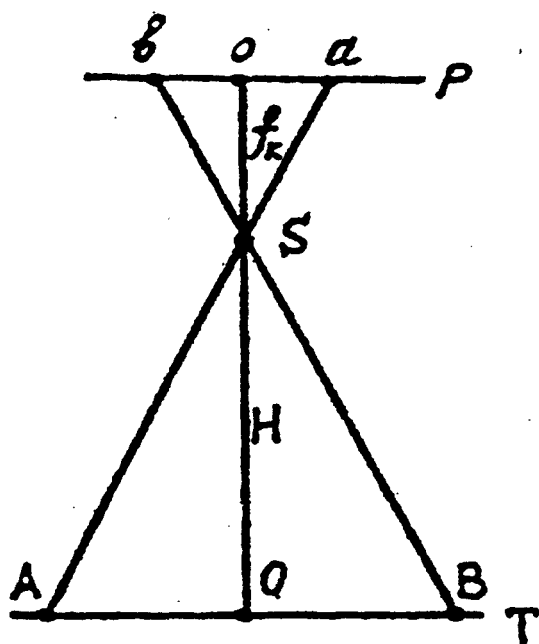


Рис.26

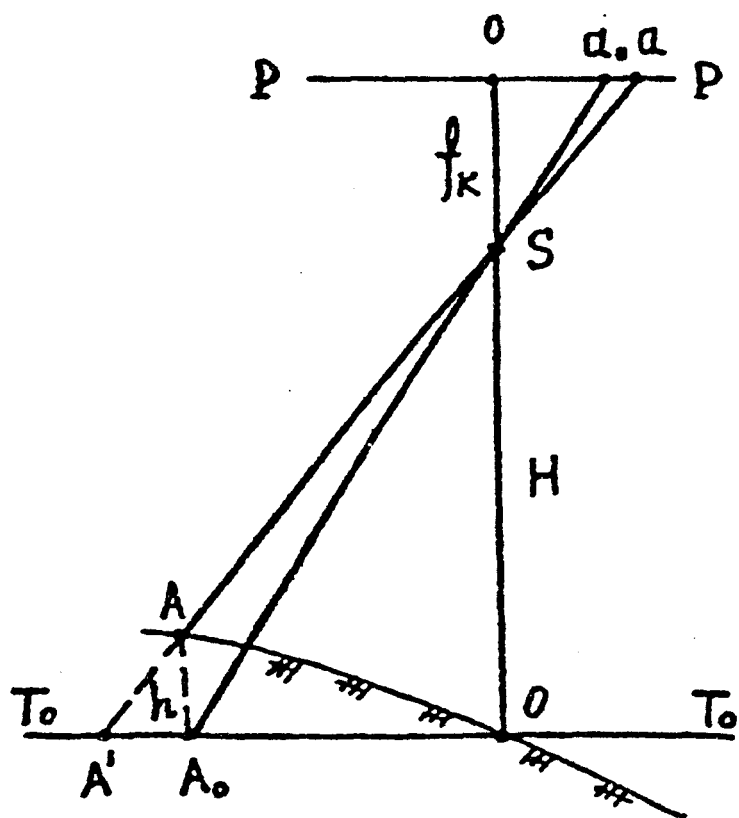


Рис.27

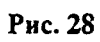


Рис. 28

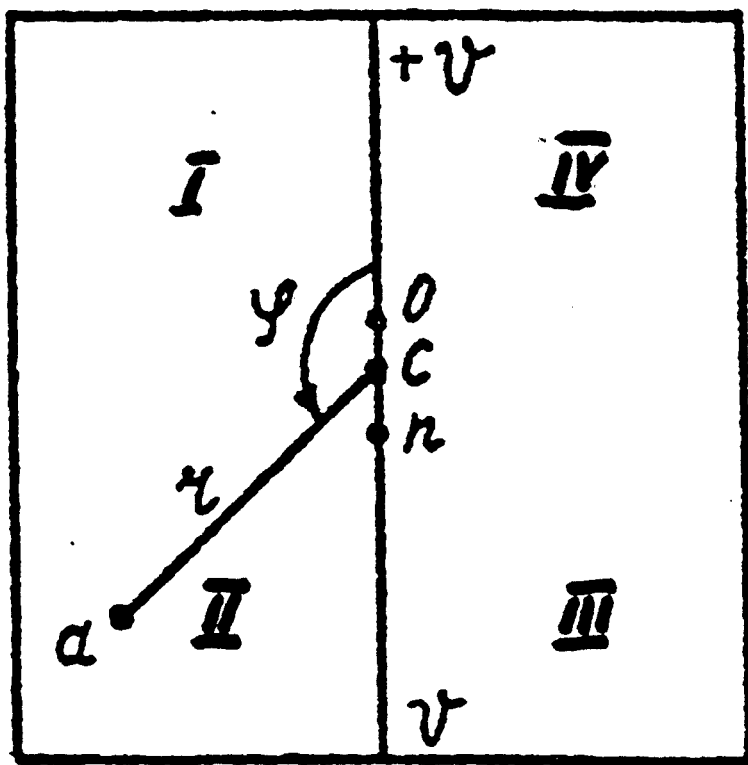


Рис.29

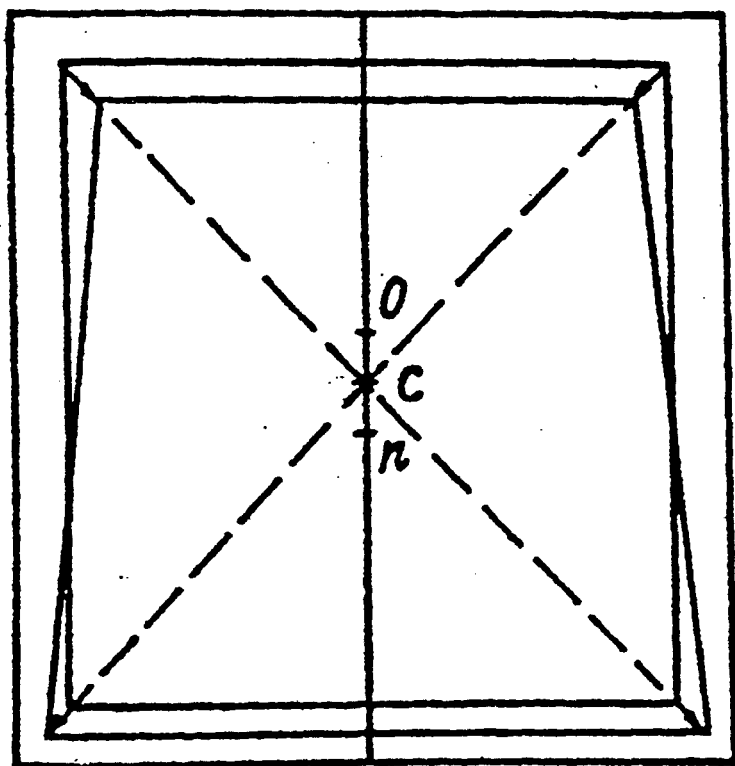


Рис.30

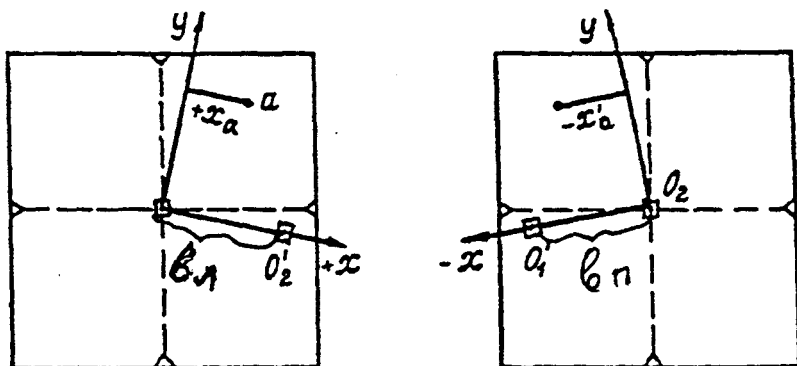


Рис.31

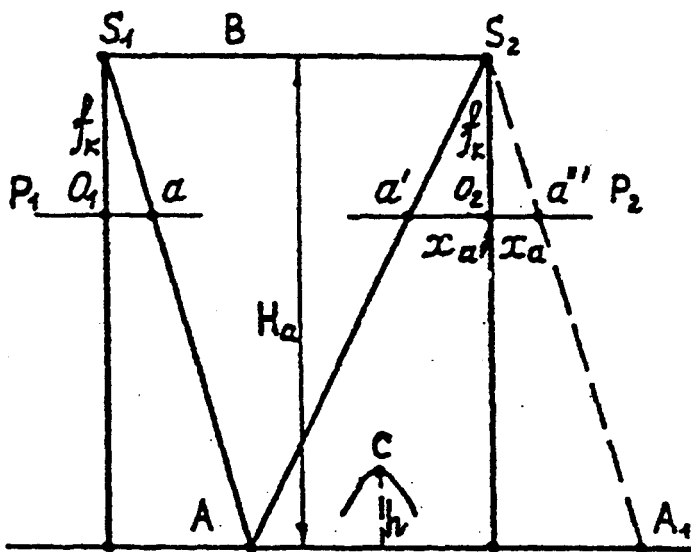


Рис.32

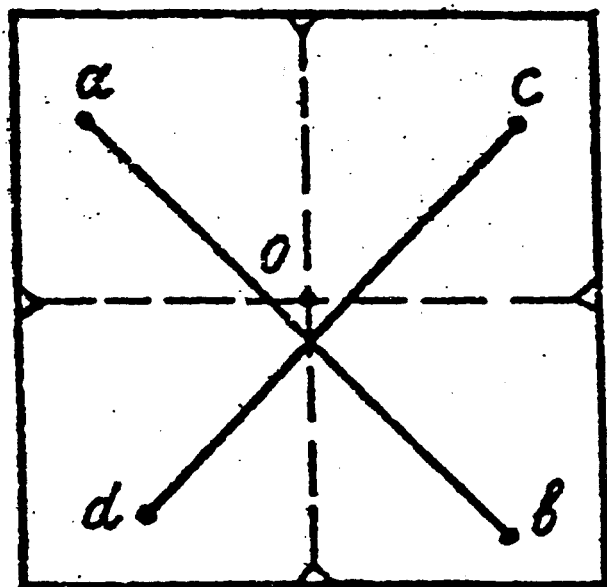


Рис.33

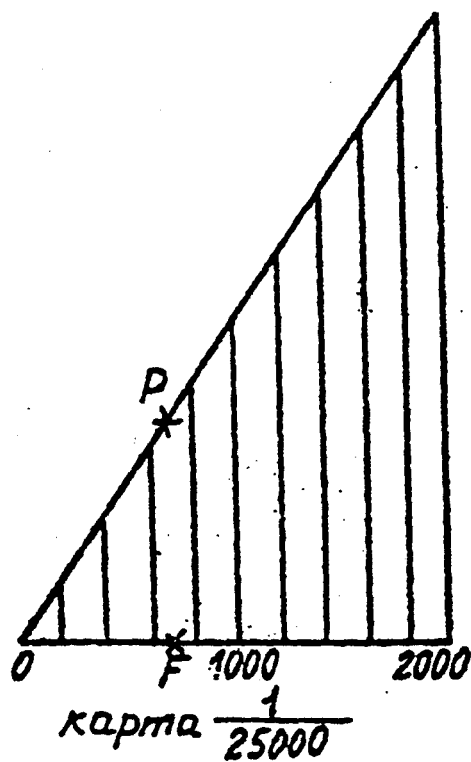
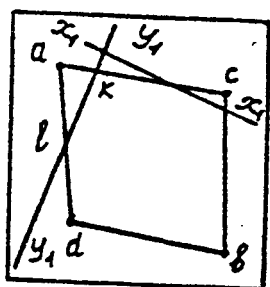


Рис.34

СНИМОК



Карта

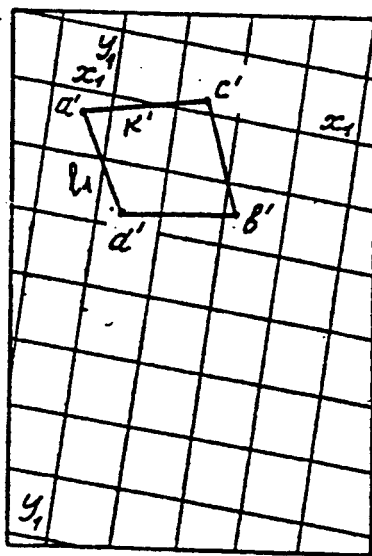
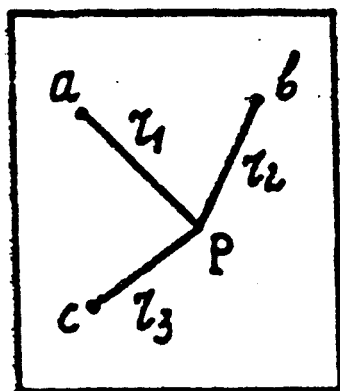


Рис. 35

снимок



карта

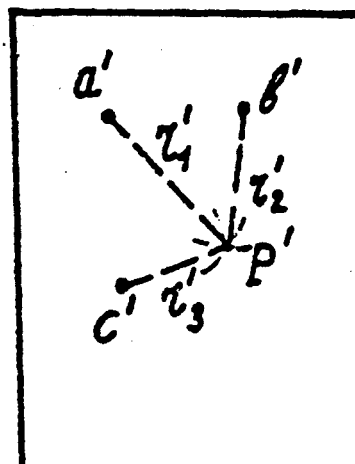
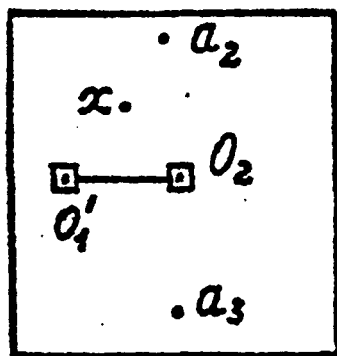
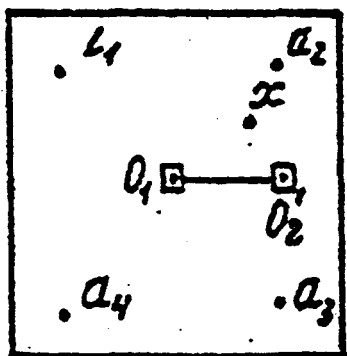


Рис. 36

СНИМКИ



лучевые восковки

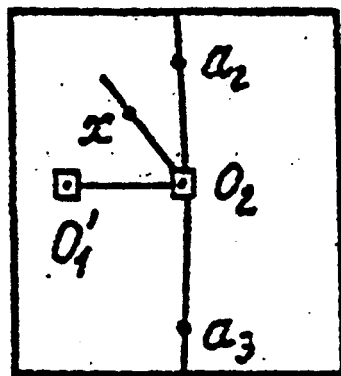
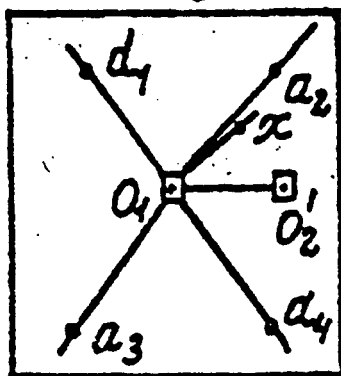


Рис. 37

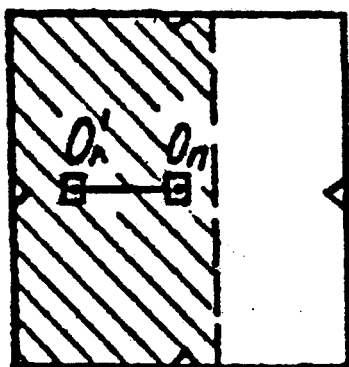
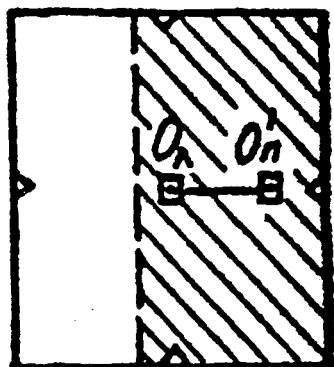


Рис. 38

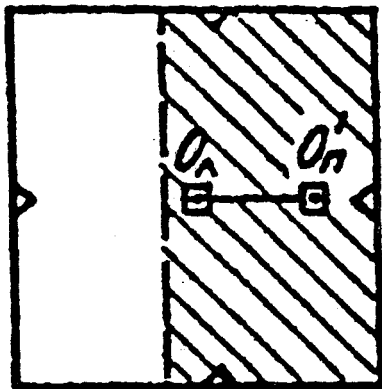
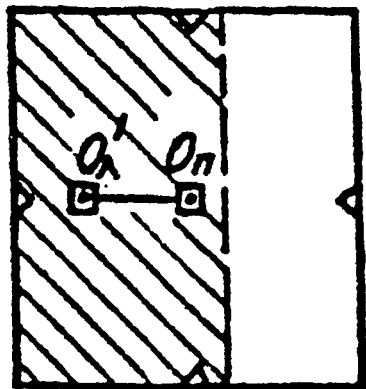


Рис. 39

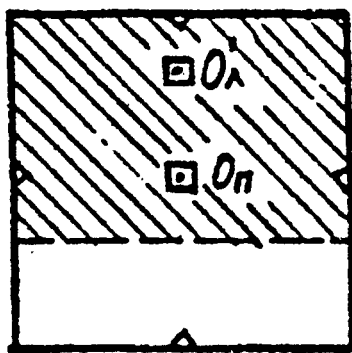
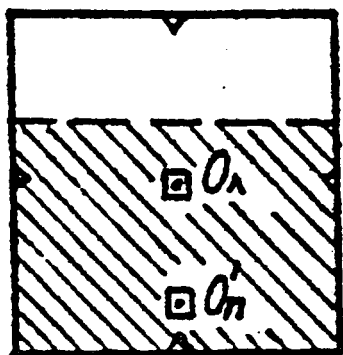


Рис.40

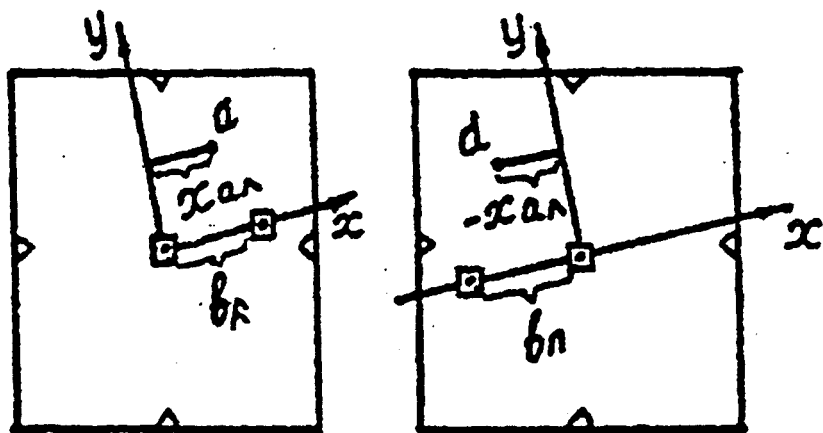


Рис.41

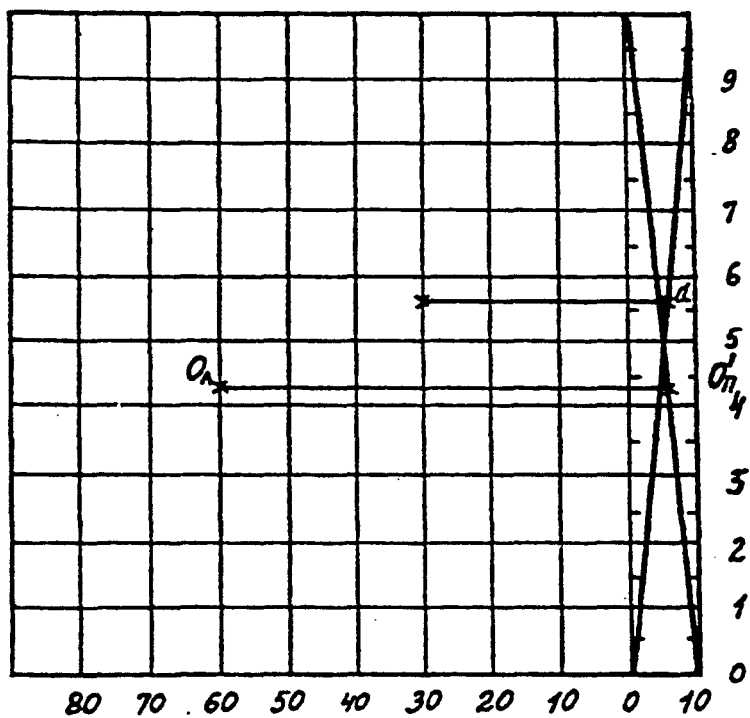


Рис. 42

Заказ **433**

Тираж **300**

Отдел оперативной полиграфии
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина