

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Факультет инженерной экологии и городского хозяйства

Кафедра городского хозяйства, геодезии, землеустройства и  
кадастров

# **ГЕОДЕЗИЯ**

Методические указания

Орехов Михаил Михайлович  
Соловьев Александр Николаевич  
Терещенко Татьяна Юрьевна  
Волков Алексей Васильевич

**Санкт-Петербург  
2016**

УДК 528.48:69

*Рецензент* канд. воен. наук, доцент В. Н. Зиновьев (СПбГАСУ)

**Инженерная геодезия:** метод. указания / сост.: М. М. Орехов, А.Н. Соловьев, Т.Ю. Терещенко, А. В. Волков; СПбГАСУ. – СПб., 2016. – с.

Содержание методических указаний соответствует программе дисциплин «Геодезия» и «Геодезия и картография» для обучения по направлениям «Строительство», «Архитектура», «Землеустройство и кадастры» и помогает студентам очной и заочной форм обучения самостоятельно выполнять расчетно-графическую работу по топографической карте.

Методические указания включают рассмотрение восьми задач входящих в расчетно-графическую работу по определению полных прямоугольных координат, геодезических координат, нанесению точек на топографическую карту по заданным координатам, построение линий заданного уклона, вычисление графически и аналитически площади заданного участка карты, построению продольных профилей по заданным линиям. Для каждого типа задач даны примеры решения с подробными пояснениями.

Табл. . Ил. .

© М. М. Орехов, А.Н. Соловьев, Т.Ю.  
Терещенко, А. В. Волков. 2016  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2016

## Введение

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графической работы студентами всех форм обучения по направлениям «Строительство», «Архитектура», «Землеустройство и кадастры».

К основным целям расчетно-графической работы относятся:

1. Закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами на лекциях, лабораторных и практических занятиях, а также в ходе самостоятельного изучения учебного материала с использованием топографических карт и планов;
2. Формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций;
3. Оценка уровня подготовки студентов.

### 1. Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа выполняется на учебной топографической карте с номенклатурой У-34-37-В-в-4, масштаба 1 : 10 000.

Исходные данные для выполнения работы берутся студентом из приложения по номеру варианта, который указывается преподавателем.

К исходным данным относятся:

- Сокращенные прямоугольные координаты исходной точки  $A$  –  $x_A$  и  $y_A$ ;
- Дирекционный угол с точки  $A$  на точку  $B$  –  $\alpha_{AB}$ ;
- Расстояние от точки  $A$  до точки  $B$  –  $D_{AB}$ ;
- Геодезические координаты точки  $C$  –  $B_C$  и  $L_C$ ;
- Заданная величина уклона с точки  $A$  на точку  $B$  –  $i_3$ ;
- Координаты участка местности;

Расчетно-графическая работа выполняется на листах бумаги формата А4, на которых производятся соответствующие вычисления, расчеты, вычерчиваются рисунки, схемы и т.д. Ситуация с топографической карты и результаты решения задач переносятся на кальку или ксерокопию ее фрагмента. Записи выполняются аккуратно, без исправлений и подчисток. Схемы и все

построения на выполняются остро заточенным карандашом. Все листы расчетно-графической работы должны быть скреплены и оформлены в соответствии с принятыми правилами.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо решить следующие задачи:

1. По известным сокращенным прямоугольным координатам нанести точку  $A$  на топографическую карту и найти:

- полные прямоугольные координаты –  $x_A$  и  $y_A$ ;
- геодезические координаты –  $B_A$  и  $L_A$ ;
- абсолютную высоту точки  $A$  –  $H_A$ .

2. По известным полярным координатам нанести точку  $B$  на топографическую карту и определить:

- сокращенные прямоугольные координаты точки  $B$  –  $x_B$  и  $y_B$ ;
- абсолютную высоту точки  $B$  –  $H_B$ ;
- среднюю величину уклона линии  $AB$  в промилле –  $i$  ‰;
- значение истинного азимута  $A_{AB}$  направления  $AB$ .

3. По заданным геодезическим координатам точки  $C$  нанести точку  $C$  на топографическую карту и определить:

- сокращенные прямоугольные координаты –  $x_A$  и  $y_A$
- абсолютную высоту точки  $C$  –  $H_C$ ;
- расстояние между точками  $B$  и  $C$  –  $D_{ac}$ ;
- расстояние между точками  $A$  и  $C$  –  $D_{ac}$ ;
- дирекционные углы направлений  $\alpha_{AC}$  и  $\alpha_{BC}$ ;
- магнитный азимут направления  $BC$  –  $A_{M BC}$  (на год решения расчетно-графической работы).

4. Построить линию заданного уклона  $i_3$  с точки  $A$  на точку  $B$ .

5. Дать топографическое описание участка местности, соответствующего заданным квадратам.

6. Обозначить на ксерокопии фрагмента топографической карты, в пределах района ограниченного точками  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , водораздельные линии и тальвеги. Водораздельные линии показать коричневым или красным цветом, тальвеги зеленым или синим.

7. Вычислить графически и аналитически площадь участка местности, ограниченного его вершинами  $A$ ,  $B$ ,  $C$  –  $S$  м<sup>2</sup>.

8. Построить продольный профиль земной поверхности по линии  $AB$ . Горизонтальный масштаб – 1:2000. Вертикальный масштаб – 1:200.

## 2. Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

### Задача 1

По известным сокращенным прямоугольным координатам нанести точку  $A$  на топографическую карту и найти:

- полные прямоугольные координаты –  $x_A$  и  $y_A$ ;
- геодезические координаты –  $B_A$  и  $L_A$ ;
- абсолютную высоту точки  $A$  –  $H_A$ .

Для нанесения точки  $A$  на топографическую карту необходимо отыскать квадрат, образованный линиями координатной сетки карты, значения которых соответствуют заданным координатам в километрах. Положение точки  $A$ , показанное на рисунке 1, внутри найденного квадрата определяют путем откладывания по осям  $x$  и  $y$  с помощью циркуля-измерителя или линейки отрезков  $l_x$  и  $l_y$ , длины которых соответствуют оставшемуся числу метров, выраженному в масштабе карты.

Для определения полных прямоугольных координат точки  $A$  по осям абсцисс и ординат определяют значение координатных линий сетки карты, соответствующие целому числу сотен километров, относительно которых определялись сокращенные координаты точки. Число сотен километров подписано мелким шрифтом около ближайших к углам рамки карты координатных линий. Найденные значения сотен километров суммируют с значениями сокращенных координат точки. Кроме того, к координате  $y$  приписывают слева значение номера зоны.

**Пример.** Нанести на топографическую карту точку  $A$  по ее сокращенным координатам и найти ее полные прямоугольные координаты (см. рис.1).

Дано:  $x_A = 66\ 785.0$ ;  $y_A = 11\ 835.0$ .

Решение: Для масштаба 1:10 000 1см на карте соответствует 100м на местности, поэтому  $l_x = 785:100=7.85$ см и  $l_y=835:100=8.35$ см. Откладываем соответствующие значения от линий координатной сетки, и ставим точку  $A$ .

Полные прямоугольные координаты соответствуют значениям  $x_A = 6\ 066\ 785.0$  м;  $y_A = 4\ 311\ 835.0$  м.

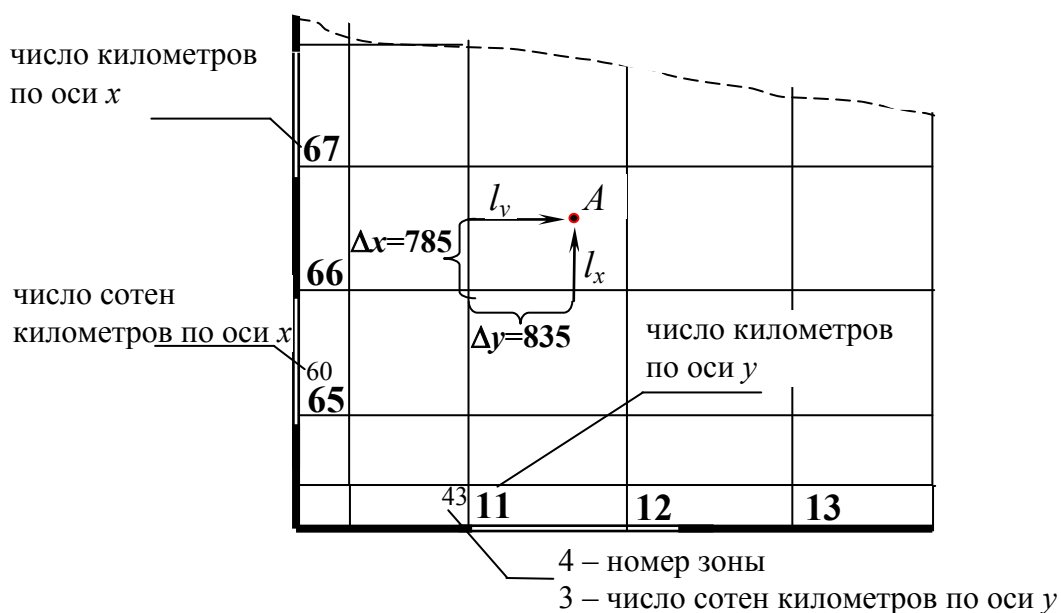


Рис. 1. Нанесение точки  $A$  на фрагмент топографической карты по прямоугольным координатам

Геодезические координаты точки  $A$  определяют от ближайших к ней линий меридиана и параллели, широта и долгота которых подписана в углах внутренней рамки топографической карты. Между внутренней и внешней рамками топографической карты расположена шкала, на которой показаны выходы меридианов и параллелей через одну минуту и через 10 секунд.

Для определения геодезических координат опускают перпендикуляры из точки  $A$  на западную (восточную) и южную (северную) стороны рамки карты. Искомые значения широты и долготы считываются в точках пересечения перпендикуляров с соответствующими сторонами рамки карты, по минутной и секундной шкале.

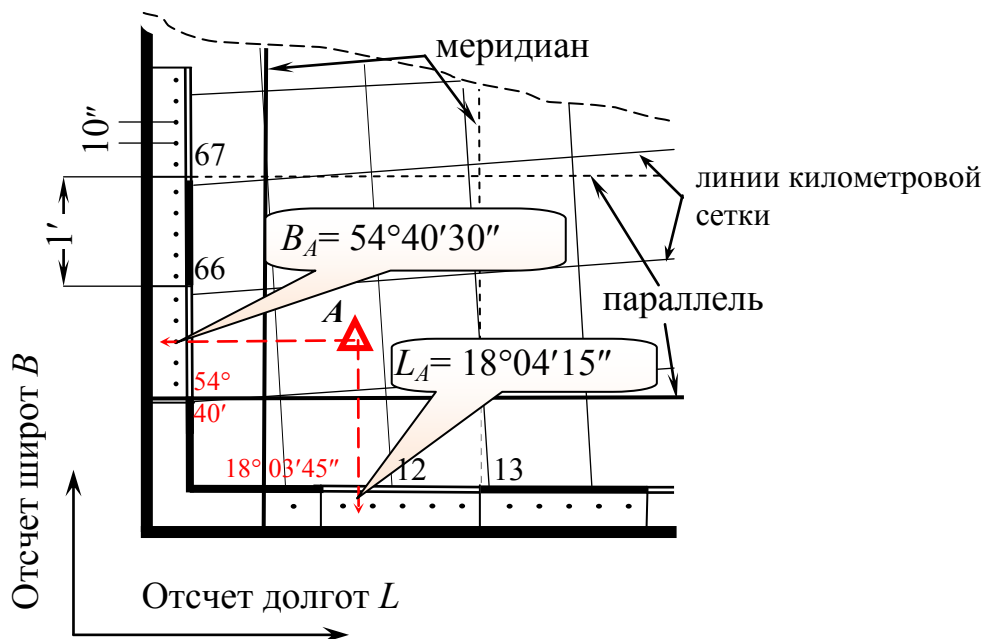


Рис. 2. Определение геодезических координат точки  $A$

Абсолютная высота точки  $A$  по топографической карте может быть определена относительно горизонталей или подписанных отметок высот. На рисунке 3 показаны эти способы.

Порядок определения абсолютной высоты относительно горизонталей следующий:

*a.* найти на карте ближайшую к точке  $A$  основную горизонталь с надписью ее значения;

*b.* определить высоту сечения рельефа (подписывается под южной рамкой топографической карты) и направление ската;

*c.* рассчитать отметки горизонталей, между которыми располагается точка  $A$ ;

*d.* измерить величину заложения  $d$  между этими горизонталями и расстояние  $l$  от одной из них до определяемой точки  $A$ ;

*e.* в соответствии с полученными результатами рассчитать значение абсолютной высоты точки  $A$ .

Порядок определения абсолютной высоты относительно подписанных отметок высот следующий:

*f.* найти на карте ближайший к точке  $A$  топографический объект с указанной абсолютной высотой (пункты государственной геодезической сети, нивелирные знаки, отметки урезов воды и т.д.);

g. учитывая высоту сечения рельефа и направление ската, определить отметку ближайшей к этому топографическому объекту основной горизонтали;

h. выполнить пункты c, d, e.

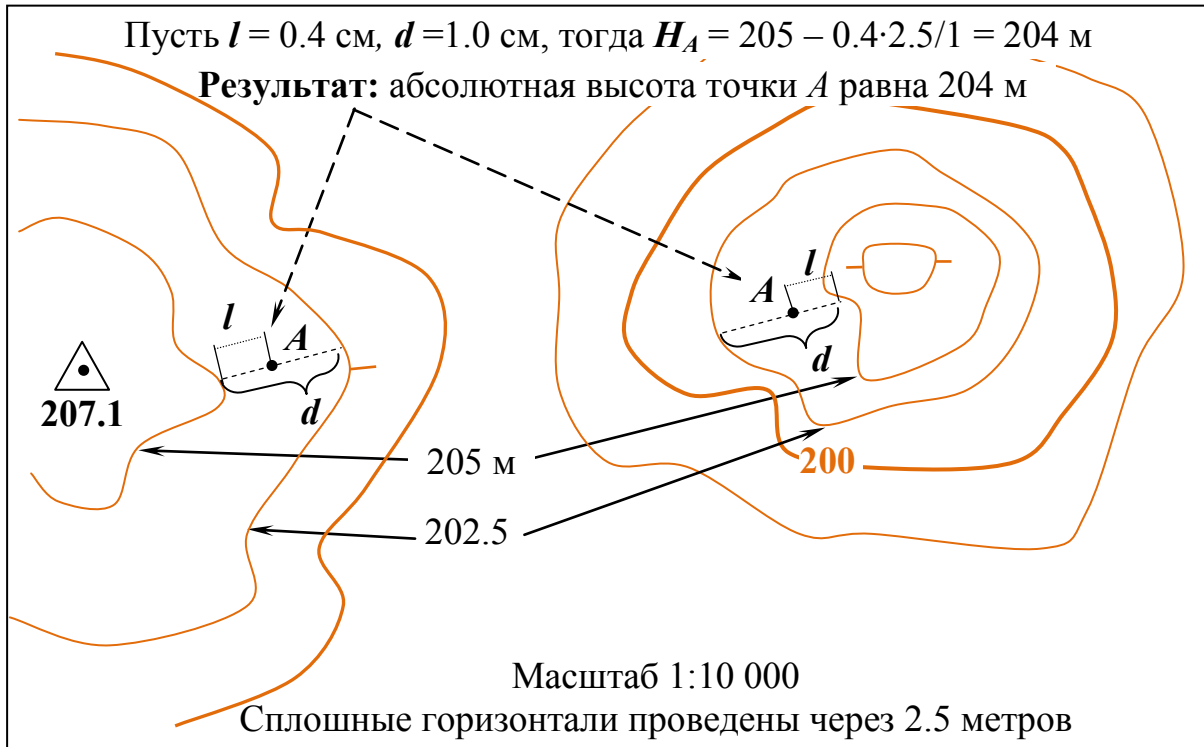


Рис. 3. Способы определения абсолютной высоты точки  $A$

## Задача 2

По известным полярным координатам нанести точку  $B$  на топографическую карту и определить:

- сокращенные прямоугольные координаты точки  $B$  –  $x_B$  и  $y_B$ ;
- абсолютную высоту точки  $B$  –  $H_B$ ;
- среднюю величину уклона линии  $AB$  в промилле –  $i$  ‰;
- значение истинного азимута  $A_{AB}$  направления  $AB$ .

Для нанесения точки  $B$  на карту по заданным полярным координатам необходимо произвести следующие построения.

Через точку  $A$ , являющуюся полюсом для системы полярных координат, проводят вертикальную линию параллельно линии координатной сетки топографической карты – полярную ось. Относительно полярной оси, из полюса, с помощью транспортира, откладывают заданный угол положения или дирекционный угол



$\alpha_{AB}$ , показанный на рисунке 4а и проводят луч, на котором откладывают радиус-вектор, соответствующий горизонтальному проложению заданного расстояния (рис. 4б). Для этого, необходимо выбранное из таблицы исходных данных расстояние  $D_{AB}$ , выразить в масштабе карты.

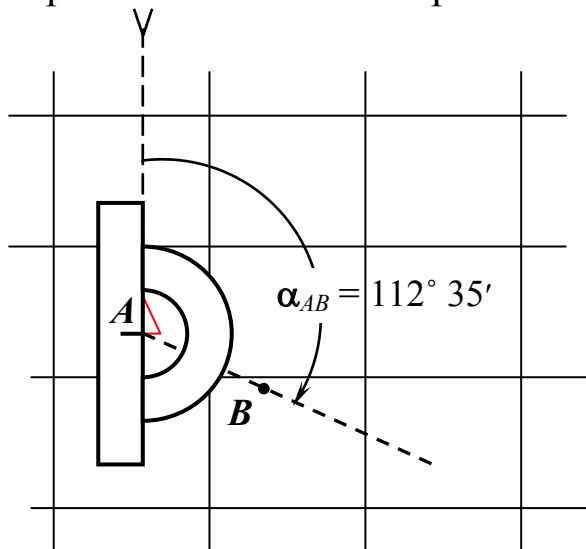


Рис. 4а. Построение заданного угла положения

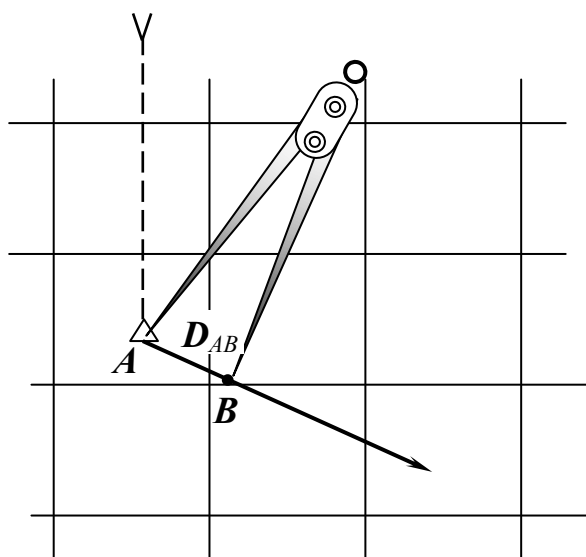


Рис. 4б. Построение заданного радиус-вектора

**Пример.** Нанести точку  $B$  на топографическую карту масштаба 1:10 000.

Даны полярные координаты точки  $B$ . Угол положения равен  $112^\circ 35'$ . Горизонтальное проложение  $D_{AB} = 850$  м.

Решение: С помощью транспортира откладывают заданный угол и проводят луч. Для масштаба 1:10 000 в 1 мм 10 м, тогда радиус-вектор равен  $850 : 10 = 85$  мм. С помощью циркуля-

измерителя найденную величину откладывают по линии построенного направления и обозначают точку  $B$ .

Наклон линии местности  $AB$  (рис.5) характеризуется углом наклона линии и находится через тангенс этого угла, который называют уклоном.

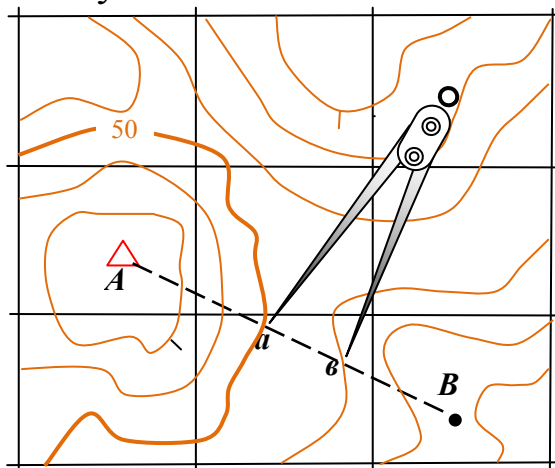


Рис. 5. Измерение заложения на топографической карте

Величину угла наклона определяют по графику масштаба заложений. Масштаб заложений помещается под южной стороной рамки топографической карты (рис. 6) и дается обычно для двух высот сечений: один для заложений между основными горизонталями, а другой между утолщенными, в случае, если, горизонталы располагаются очень плотно. На рисунке 6 величина угла наклона равна  $2,5^\circ$ .

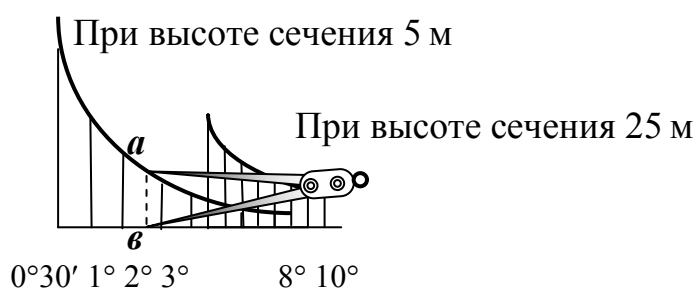


Рис. 6. Масштаб заложений на топографической карте масштаба 1:50 000

Уклон линии вычисляют по формуле:

$$i = \operatorname{tg} v = h/d, \quad (1)$$

где  $i$  – уклон;  $v$  – угол наклона;  $h$  – высота сечения рельефа, м;  $d$  – заложение, м.

Для определения средней величины уклона линии  $AB$  (рис. 6), проходящей через несколько горизонталей используют формулу:

$$i = [(H_B - H_A)/D_{AB}] \cdot 1000, \quad (2)$$

где  $i$  – уклон;  $(H_B - H_A)$  – разность высот точек  $A, B$  м;  $D_{AB}$  – горизонтальное проложение, м.

Уклон обычно выражают в тысячных (промилле) ‰.

Углы ориентирования отсчитывают от северного направления соответствующей линии по ходу часовой стрелки до заданного направления. На рисунке 7 показана схема таких углов ориентирования до направления  $AB$ . Угол ориентирования, отсчитываемый от меридиана, называют азимутом (истинным азимутом)  $A$ , от северного конца магнитной стрелки – магнитным азимутом  $A_m$ , от северного направления вертикальной линии километровой сетки – дирекционным углом  $\alpha$ .

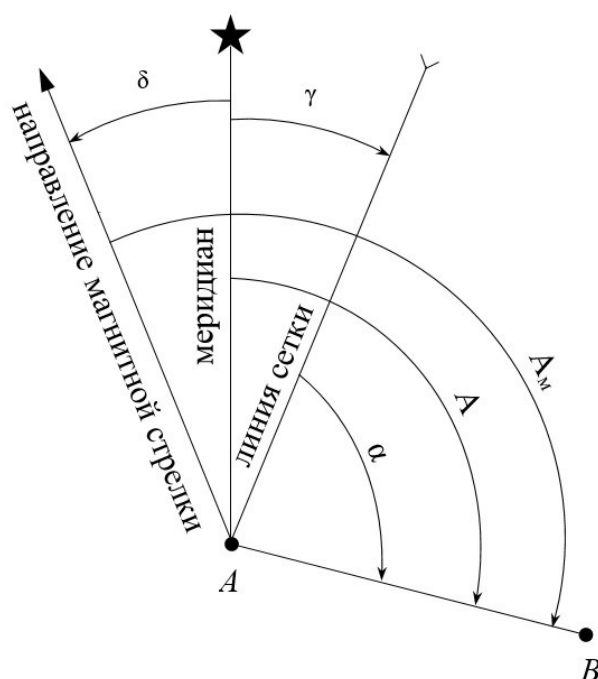


Рис. 7. Схема углов ориентирования линии  $AB$

Угол между северным направлением меридиана и магнитной стрелки называют склонением магнитной стрелки и обозначают  $\delta$ . Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от меридиана, склонение магнитной стрелки будет восточным (положительным), а если к западу, то западное (отрицательное).

Угол между северным направлением меридиана и северным направлением вертикальной линии километровой сетки называют сближением меридианов  $\gamma$ . Если северный конец линии сетки отклоняется к востоку от меридиана, сближением меридианов

будет восточным (положительным), а если к западу, то западное (отрицательное).

Угол между северным направлением вертикальной линии километровой сетки и направлением магнитной стрелки называют отклонением магнитной стрелки (поправкой направления)  $\Pi$ . Отсчитывается от северного направления вертикальной линии километровой сетки. Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от вертикальной линии километровой сетки, поправка будет положительная, а если к западу, то отрицательная.

Азимут с магнитным азимутом выражен через формулу:

$$A = A_m + \delta, (3)$$

где,  $A$  – азимут;  $A_m$  – магнитный азимут;  $\delta$  – склонение магнитной стрелки.

Азимут с дирекционным углом выражен через формулу:

$$A = \alpha + \gamma, (4)$$

где,  $A$  – азимут;  $\alpha$  – дирекционный угол;  $\gamma$  – сближение меридианов.

Измеренный на местности магнитный азимут направления связан с дирекционным углом этого направления формулой:

$$A_m = \alpha - \Pi, (5)$$

где,  $A_m$  – магнитный азимут;  $\alpha$  – дирекционный угол;  $\Pi$  – поправка направления.

Чтобы избежать ошибок при определении величины и знака поправки направления, целесообразно пользоваться помещаемой на топографических картах схемой взаимного расположения линий исходных направлений, показанной на рисунке 8.



Рис. 8. Схема взаимного расположения линий исходных направлений

### Задача 3

По заданным геодезическим координатам точки  $C$  нанести точку  $C$  на топографическую карту и определить:

- сокращенные прямоугольные координаты –  $x_A$  и  $y_A$
- абсолютную высоту точки  $C$  –  $H_C$ ;
- расстояние между точками  $B$  и  $C$  –  $D_{bc}$ ;
- расстояние между точками  $A$  и  $C$  –  $D_{ac}$ ;
- дирекционные углы направлений  $\alpha_{AC}$  и  $\alpha_{BC}$ ;
- магнитный азимут направления  $BC$  –  $A_{M BC}$  (на год решения расчетно-графической работы).

Измерение расстояние между точками на топографической карте (плане) выполняется одним из двух способов.

1. С помощью линейки с миллиметровыми делениями и численного масштаба.

Для этого измеренное на карте (плане) расстояние в сантиметрах, умножают на знаменатель численного масштаба в метрах (величину масштаба).

Например, если на топографической карте масштаба 1: 10 000 расстояние между двумя точками равно 4.7 см, то на местности оно будет равно  $4.7 \times 100 = 470$  м.

2. С помощью циркуля-измерителя и линейного масштаба.

Циркулем-измерителем берут раствор, соответствующий расстоянию  $AC$  на топографической карте и переносят на линейный масштаб. При этом правая ножка циркуля устанавливается в точку соответствующую числу километров 0 или 1, а относительно левой снимают отсчет (рис. 9).

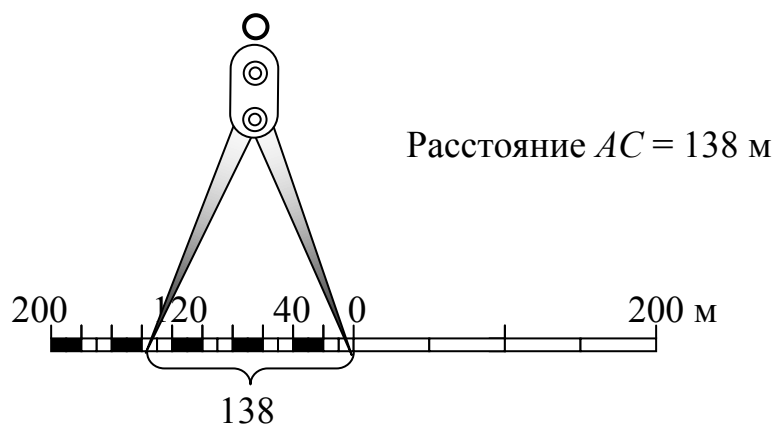


Рис. 9. Измерение расстояний с помощью линейного масштаба

Для определения магнитного азимута направления  $BC - A_{M BC}$  на год решения расчетно-графической работы применяют следующий порядок.

1. Определяют значение магнитного склонения  $\delta$  на год решения расчетно-графической работы, например, 2016 г. Для этого высчитывают количество лет –  $n$ , прошедшее с момента измерения склонения:  $2016 - 1971 = 45$  лет.

2. Вычисляют, величину изменения магнитного склонение за прошедшие 45 лет. Для этого количество лет умножают на годовое изменение магнитного склонения:

$$\Delta\delta = n \cdot \Delta\delta_{1 \text{ год}};$$

$$\Delta\delta = 45 \cdot (+ 0^\circ 02') = + 1^\circ 30'$$

3. Рассчитывают магнитное склонение на 2016 год:

$$\delta_{2016} = \delta_{1971} + \Delta\delta$$

$$\delta_{2016} = 6^\circ 12' + 1^\circ 30' = + 7^\circ 42'$$

4. Определяют значение поправки направления –  $\Pi$ :

$$\Pi = (\pm\delta) - (\pm\gamma) = + 7^\circ 42' - (- 2^\circ 22') = + 10^\circ 04'$$

5. По значениям поправки направления и величине дирекционного угла  $\alpha_{AB}$ , вычисляют магнитный азимут этого направления:  $A_M = \alpha - (\pm\Pi) = 112^\circ 35' - 10^\circ 04' = 102^\circ 31'$

#### Задача 4

При построении линии заданного уклона  $i_3$  с точки  $A$  на точку  $B$  необходимо:

1. Перенести ситуацию на кальку или сделать ксерокопию указанного участка топографической карты (плана).

2. Определить, расчетную величину заложения  $d_{\text{расч}}$ , при котором уклон линии на данном участке местности будет равен заданному уклону  $i_3$ .

3. На линии  $AB$  выделить участки, для которых величины заложения  $d > d_{\text{расч}}$ , т. е.  $|i| < i_3$  (участки «вольного хода») и участки, для которых величины заложения  $d \leq d_{\text{расч}}$ , т. е.  $|i| > i_3$  (участки «напряженного хода»).

4. На участке «напряженного хода» построить на кальке линию заданного уклона, т. е. линию, вдоль которой уклон местности удовлетворяет условию  $|i| = i_3$ .

Нанося на кальку линию заданного уклона, следует стремиться к тому, чтобы она не имела бы пилообразной формы (резко не меняла направление при пересечении с горизонталями) (рис. 10).  $ab=bc=cd=de=d_{\text{расч}}$  Из выражения (1):  $d_{\text{расч}} = h : i (\text{‰})$ .

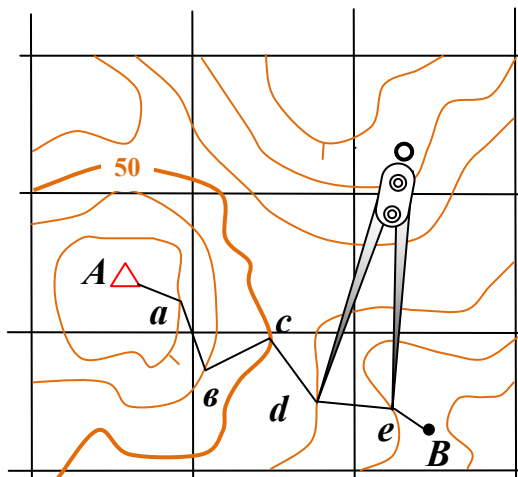


Рис. 10. Построение линии заданного уклона

**Пример.** Построить линии заданного уклона  $i_3$  на топографической карте масштаба 1:10 000.

Дано:  $i_{\text{задан}} = 21\text{‰}$ ;  $h = 2.5$  м.

Решение: Найдем величину заложения  $d_{\text{расч}}$  для заданного уклона:

$$d_{\text{расч}} = 2.5 : 0.021 = 119 \text{ м}$$

В масштабе карты 1:10 000 это значение будет равно отрезку на карте равному  $1.19 \text{ см} = 119 : 100$ .

Полученное заложение берем в раствор циркуля и укладываем между смежными горизонталями, начиная от исходной точки.

## Задача 5

Для выполнения топографического описания участка местности, соответствующего заданным квадратам, вначале изучают заданный участок по топографической карте. Обозначение участка местности задается сочетанием подписей километровых линий координатной сетки, образующих юго-западный угол квадрата. Например, квадрат 6512 с юга ограничен линией 65, с запада линией 12.

Описание участка местности выполняется в произвольной форме и должно отражать топографическую ситуацию. Для этого в описании

указывают все местные предметы, их характеристики и взаимное расположение. Порядок описания должен соответствовать содержанию, представленному в условных знаках для топографической карты масштаба 1:10 000 и включать:

- геодезические пункты, их вид и отметки;
- населенные пункты и отдельные строения, их тип, количество жителей, число домов, огнестойкость построек, выдающиеся строения;
- промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты;
- железные дороги и сооружения при них с основными характеристиками;
- шоссейные и грунтовые дороги, их тип, размеры проезжей части и вид покрытия, выемки и насыпи;
- гидрографию;
- объекты гидротехнические и водного транспорта;
- объекты водоснабжения;
- мосты и переправы;
- рельеф;
- растительность;
- основные сельскохозяйственные угодья;
- грунты и микроформы земной поверхности;
- болота и солончаки;
- границы и ограждения.

## Задача 6

Обозначить на ксерокопии фрагмента топографической карты, в пределах района ограниченного точками *A*, *B*, *C*, водораздельные линии и тальвеги. Водораздельные линии показать коричневым или красным цветом, тальвеги зеленым или синим.

При выполнении задачи следует руководствоваться тем, что линия, разделяющая сток атмосферных вод по двум склонам, направленным в разные стороны, называется водоразделом, а линия по дну, к которой направлены скаты и которая соединяет низшие точки, самые глубокие части дна – тальвегом.

На рисунке 11 показан пример построения водораздельных линий и тальвегов.



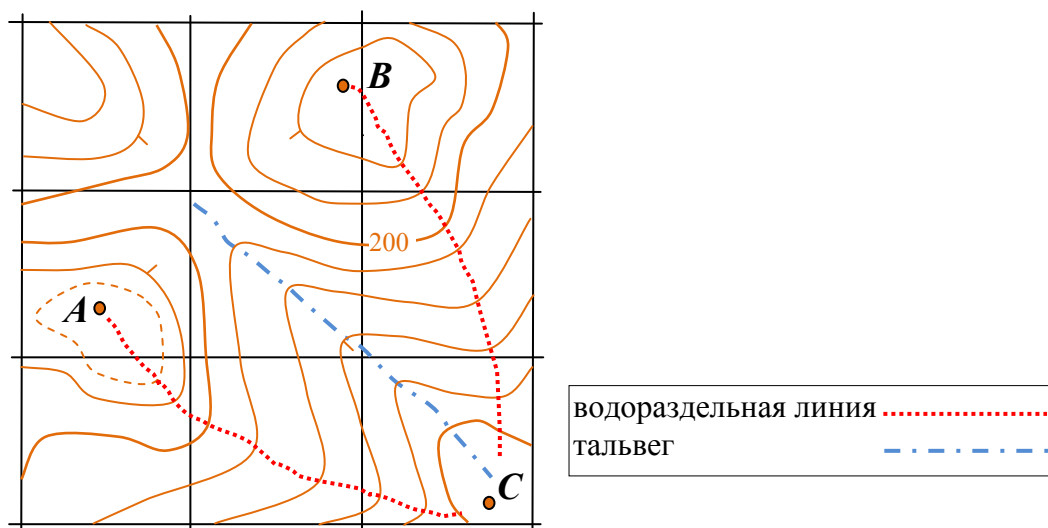


Рис. 11. Построение водораздельных линий и тальвегов

### Задача 7

Вычислить графически и аналитически площадь участка местности, ограниченного его вершинами  $A$ ,  $B$ ,  $C$  –  $S$  м<sup>2</sup>.

В зависимости от формы участка местности, технического оснащения и требуемой точности, площадь этого участка, изображенного на карте, может быть вычислена одним из способов:

- подсчетом квадратов координатной сетки, покрывающих этот участок. Каждый квадрат, образуемый линиями координатной сетки на карте масштаба 1: 10 000, соответствует на местности 1 км<sup>2</sup>;
- графическими методами с использованием палеток или разбиением участка на простые геометрические фигуры;
- аналитическими методами по координатам вершин участка местности;
- методами, использующие современные компьютерные технологии.

Палетки для определения небольших участков с криволинейными границами обычно изготавливают на прозрачном материале, таком как, пластик, восковка, лавсан (рис. 12). На материал наносят сетку квадратов размером, как правило, 2 x 2 мм. Тогда такая палетка называется квадратная. Если наносят параллельные линии, палетку называют параллельной. Наложив

квадратную палетку на план, подсчитывают число квадратов, уместившихся в измеряемой площади, оценивая неполные квадраты приближенно и считают площадь по формуле:

$$S = S_{\text{кв}} \cdot n, \quad (6)$$

где:  $S_{\text{кв}}$  – площадь одного квадратика палетки;  $n$  – число квадратиков палетки, в пределах площади участка.

При определении площади по параллельной палетке, отрезки линий палетки, ограниченные контуром участка, рассматривают как средние линии трапеций –  $a_i$ . Измерив длины средних линий  $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \dots$  циркулем-измерителем находят площадь по формуле:

$$S = h \sum_{i=1}^n a_i, \quad (7)$$

где:  $h$  – расстояние между линиями палетки, выраженное в масштабе карты,  $a_i$  – длина отрезка палетки, ограниченного контуром участка;

При вычислениях необходимо не забывать о соответствии размеров на карте к размерам на местности в соответствии с масштабом карты.

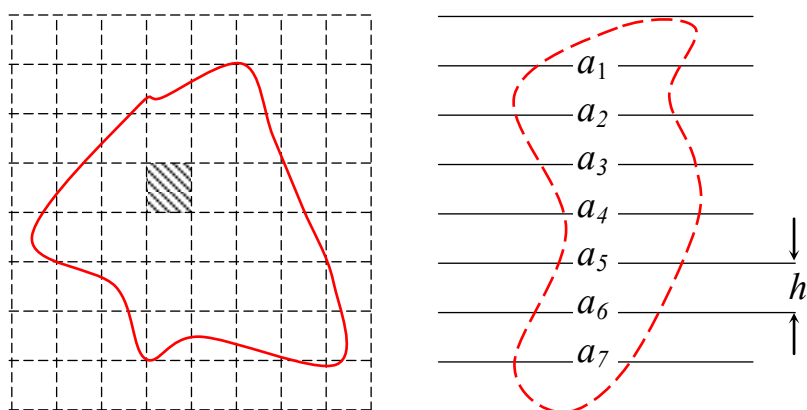


Рис. 12. Квадратная и параллельная палетки

Площадь участка местности, если известны координаты его вершин  $x_i, y_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) находят по формулам:

$$S = \frac{1}{2} \sum_1^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}); \quad (9)$$

$$S = \frac{1}{2} \sum_1^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}), \quad (10)$$

где:  $S$  – площадь участка местности,  $n$  – число вершин участка местности,  $x_i, y_i$  – координаты вершин участка местности.

При использовании этих формул для расчета площадей необходимо учитывать, что если  $i = 1$ , то  $i - 1 = n$ , и если  $i = n$ , то  $i + 1 = 1$ . Другими словами, для координаты вершины  $C$  ( $x_i$ ) последующая вершина ( $y_{i+1}$ ) будет  $B$ , а предыдущая ( $y_{i-1}$ ) будет  $A$  (рис. 13).

Для треугольника формулу 9 можно представить в виде:

$$S = 0.5 (x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)). \quad (11)$$

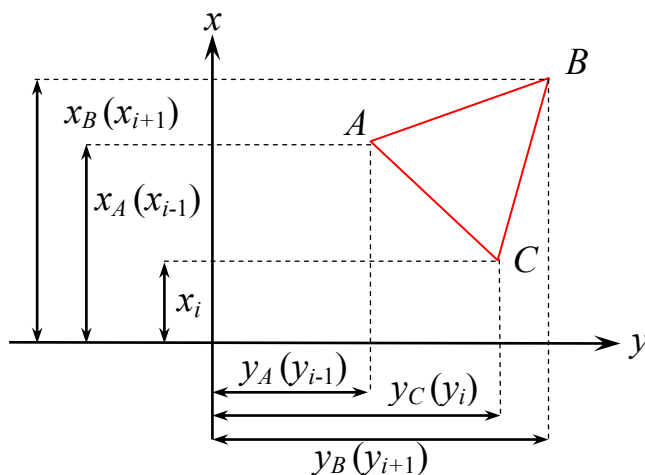


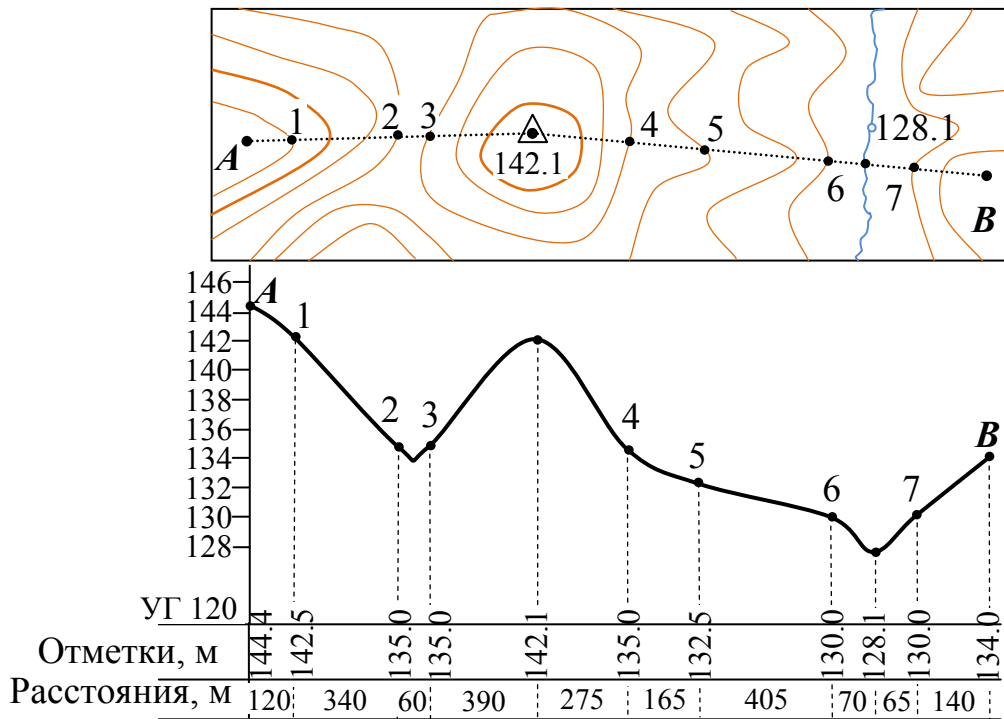
Рис. 13. Сущность аналитического способа вычисления площадей по координатам вершин участка местности

При использовании современных компьютерных технологий площадь участков вычисляется по растровым изображениям, загруженным в специализированные программные продукты. После привязки растровых изображений по известным координатам углов рамки трапеции топографической карты, выполняется векторизация (цифрование) такого растра с получением контура искомого участка. При замыкании участка, его площадь вычисляется в программе автоматически.

## Задача 8

Построить продольный профиль земной поверхности по линии  $AB$ . Горизонтальный масштаб – 1:2000. Вертикальный масштаб – 1:200.

Профилем является чертеж, на котором изображен разрез местности заданной вертикальной плоскостью (рис. 14).



Масштабы: горизонтальный – 1:2000; вертикальный – 1:200

Рис. 14. Продольный профиль земной поверхности по линии  $AB$

Порядок построения продольного профиля земной поверхности следующий:

- соединим прямой линией на карте точки  $A$  и  $B$ ;
- отметим точки пересечения линии  $AB$  с горизонталями и точками перегиба профиля (вершины и впадины), находящимися между горизонталями. Если линия  $AB$  пересечет ряд горизонталей, расположенных через равный небольшой интервал (до 3 мм) и изображающих один и тот же склон местности, то на профиле допустимо отметить только точки пересечения линии  $AB$  с крайними горизонталями, таким образом сократив количество точек профиля;

- запишем в строку «Отметки» значения высот точек пересечения линии *AB* с горизонталями и точками перегиба профиля. Вычислять эти значения следует с учетом высоты сечения рельефа и направления ската;
- определим превышение между самой высокой и самой низкой отметкой высоты и установим вертикальный масштаб профиля (в задаче он равен 1:200);
- выберем значение высоты условного горизонта УГ таким образом, чтобы его высота была на 10...15 м меньше самой низкой отметкой высоты;
- измерим расстояние между точками *AB* и выберем горизонтальный масштаб профиля (в задаче он равен 1:2000);
- запишем в строку «Расстояния» определенные значения расстояния между точками пересечения линии *AB* с горизонталями и точками перегиба профиля;
- отложим последовательно на линии УГ, в горизонтальном масштабе профиля, значения расстояний записанные в строке «Расстояния»;
- проведем из конца каждого полученного отрезка, на линии УГ, перпендикуляр до отметки высоты, записанной в строке «Отметки»;
- соединим плавной линией полученные таким образом точки.

### **Библиографический список**

1. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000. – Москва: Недра, 1977. – 143 С.
2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – ГКИНП-02-033-82. – Москва: Недра, 1982. – 128 С.
3. Орехов М. М. Инженерная геодезия: учебное пособие / М.М. Орехов, В.И. Зиновьев, И.Н. Фомин. – СПб.: СПбГАСУ, 2016. – 275 С.
4. Соловьев А. Н. Основы топографии и инженерной геодезии: учебное пособие / А.Н. Соловьев. – СПб.: ЛТА, 2015. – 114 С.

### Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

№ вар.	сокращенные прямоугольные координаты точки А		полярные координаты точки В		геодезические координаты точки С	
	X, (м)	Y, (м)	$\alpha_{AB}$	$d_{AB}$	$B_C$	$L_C$
1	68 096.762	12651.818	241°09'	584.806	54°41'44"	18°05'35"
2	66 535.166	12345.648	9°34'	526.683	54°41'26"	18°04'54"
3	68186.167	12809.413	170°31'	1307.742	54°41'25"	18°04'11"
4	67376.371	12143.991	39°24'	1048.0	54°41'37"	18°06'28"
5	65874.666	12438.127	164°41'	470.7	54°40'45"	18°04'55"
6	67307.800	12898.500	96°29'	458.713	54°41'47"	18°06'06"
7	65726.251	13060.813	152°22'	741.562	54°40'51"	18°06'46"
8	66579.907	11680.554	168°58'	1119.885	54°41'26"	18°05'49"
9	64682.812	13056.452	53°49'	1002.502	54°40'41"	18°06'25"
10	65874.666	12438.127	174°48'	739.949	54°40'45"	18°04'55"
11	68074.427	11816.249	88°32'	833.431	54°41'44"	18°05'34"
12	65877.789	11814.396	1°19'	911.284	54°41'24"	18°03'57"
13	64709.127	12960.078	117°44'	693.304	54°40'32"	18°06'26"
14	66628.210	14396.926	301°15'	274.485	54°41'40"	18°07'22"
15	67471.954	14620.766	300°23'	926.535	54°41'51"	18°06'18"
16	67600.876	13042.656	171°13'	2078.0	54°41'34"	18°06'24"
17	65874.695	13479.568	171°40'	406.7	54°40'42"	18°06'16"
18	65879.214	11813.929	116°48'	1780.157	54°40'24"	18°05'02"
19	66788.027	11835.048	116°18'	570.499	54°41'45"	18°05'10"
20	67549.207	10991.150	97°55'	559.266	54°42'05"	18°04'32"
21	68681.528	10891.781	89°14'	1160.022	54°42'05"	18°04'32"
22	68521.313	11199.561	78°18'	866.117	54°42'05"	18°04'32"
23	67829.849	12280.348	344°58'	897.684	54°42'05"	18°04'32"
24	67829.849	12280.348	344°58'	897.684	54°41'47"	18°04'36"
25	67829.849	12280.348	177°06'	1296.788	54°41'47"	18°04'36"
26	66796.369	13545.484	91°55'	631.770	54°41'13"	18°06'25"
27	65137.392	14546.410	322°48'	600.339	54°40'26"	18°06'35"
28	65137.392	14546.410	322°48'	600.339	54°40'11"	18°06'13"
29	66336.059	13425.094	288°26'	625.463	54°40'58"	18°05'16"
30	66336.059	13425.094	296°32'	670.639	54°40'58"	18°05'16"
31	66535.746	12345.327	78°13'	490.127	54°40'50"	18°05'14"
32	68641.568	13677.005	168°18'	715.870	54°42'02"	18°06'08"
33	66336.059	13425.094	296°32'	670.639	54°41'18"	18°05'23"
34	67471.926	11544.727	229°13'	915.650	54°41'25"	18°04'11"
35	66535.746	12345.327	78°13'	490.127	54°41'45"	18°05'10"
36	68641.568	13677.005	149°48'	918.291	54°42'02"	18°06'08"
37	67471.926	11544.727	228°13'	918.37	54°41'26"	18°04'54"

38	67471.926	11544.727	228°09'	915.6	54°41'20"	18°04'41"
39	64648.863	11370.658	76°39'	549.08	54°40'56"	18°04'55"
40	68641.568	13677.005	149°48'	918.291	54°41'53"	18°06'00"

## Содержание

Введение

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

Приложение