

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В. В. Серватинский  
\_\_\_\_\_ инициалы, фамилия  
подпись  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.15 «Автомобильные дороги»**

«Способы детальной разбивки горизонтальных кривых  
при строительстве автомобильных дорог»

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

должность, ученая степень

Е. В. Горяева  
инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Г. Оганесян  
инициалы, фамилия

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Способы детальной разбивки горизонтальных кривых при строительстве автомобильных дорог» содержит 75 страниц текстового документа, 47 иллюстраций, 98 формул, 0 приложений, 26 использованных источников, 5 листов графического материала.

РАЗБИВКА, КРИВАЯ, АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, РЕЛЬЕФ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ПИКЕТАЖ, НИВЕЛИРОВАНИЕ, ГЕОДЕЗИЯ, ГИС.

Задачи:

- Изучить существующие виды круговых кривых и способы их детальной разбивки;

- Изучить геодезическое оборудование и программное обеспечение, используемое для производства разбивочных работ;

- Изучить способы подготовки данных для детальной разбивки круговых и переходных кривых;

- Разработать методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования.

В данной выпускной квалификационной работе были разработаны методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Геодезические работы, выполнение при разбивке автомобильных дорог ...	5
1.1. Прокладка трассы на местности. Измерение углов поворота и линии трассы .....	5
1.2. Разбивка пикетажа, плюсовых точек и поперечников.....	7
1.3. Круговые кривые, их элементы и главные точки.....	10
1.4. Переходные и суммарные кривые .....	12
1.5. Расчет пикетажных значений главных точек круговой кривой.....	14
1.6. Привязка трассы к пунктам опорной геодезической сети.....	16
1.7. Нивелирование трассы и поперечников. Журнал нивелирования .....	20
1.8. Высотная привязка трассы к реперам государственной нивелирной сети. Нивелирование через реки и овраги .....	25
2. СПОСОБЫ РАЗБИВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КРУГОВЫХ КРИВЫХ ...	29
2.1. Способ полярных координат .....	29
2.2. Способ прямоугольных координат .....	32
2.3. Способ прямой угловой засечки .....	35
2.4. Способ линейной засечки .....	41
2.5. Способ промеров по створу.....	42
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	46
3.1. Геоинформационные системы .....	46
3.2. Современные методы разбивочных работ при строительстве автомобильных дорог.....	51
3.2.1. Спутниковые радионавигационные системы .....	52
3.2.2. Разбивка круговой кривой электронным тахеометром .....	55
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КРУГОВЫХ КРИВЫХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	59
4.1. Общие положения .....	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	73

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие транспортной инфраструктуры – одно из основных условий успешного развития экономики региона, поэтому дорожное строительство развивается быстрыми темпами. Строительство автомобильных дорог сложное и дорогостоящее мероприятие, которое требует тщательной подготовки. Основой в этой подготовке являются геодезические разбивочные работы. Точность разбивочных работ обеспечивает возведение сооружения по проектным данным и влияет на качество и долговечность всего сооружения в целом. Наиболее сложным и ответственным элементом трассы автомобильной дороги являются кривые, разбивка которых требует тщательного расчета, подбора приборов и метода разбивки в конкретных природно-климатических условиях, особенно в стесненных условиях или при расположении угла поворота в недоступных условиях местности. Разбивочные работы регламентируются ТТК «Геодезические разбивочные работы при строительстве автомобильных дорог»[1] и ВСН 5-81/Минавтодор РСФСР «Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений»[2]. В этих документах изложены стандартные способы разбивочных работ, в том числе круговых и переходных кривых. Эти нормативные документы не отвечают современному уровню развития геодезического оборудования и не освещают вопросов детальной разбивки круговых кривых в неблагоприятных или стесненных условиях местности и рельефа.

Профессиональная подготовка специалистов в области дорожного хозяйства должна отвечать современным требованиям и реалиям производственных процессов. Поэтому возникает необходимость усовершенствования методов разбивочных работ с использованием современного геодезического оборудования.

Цель работы – разработать методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования.

В работе поставлены следующие задачи:

- Изучить существующие виды круговых кривых и способы их детальной разбивки;
- Изучить геодезическое оборудование и программное обеспечение, используемое для производства разбивочных работ;
- Изучить способы подготовки данных для детальной разбивки круговых и переходных кривых;
- Разработать методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования.

# 1. Геодезические работы, выполнение при разбивке автомобильных дорог

## 1.1. Прокладка трассы на местности. Измерение углов поворота и линии трассы

Трассой дороги называют ее продольную осевую линию. В процессе изысканий и проектирования дороги трасса ее предварительно наносится на плане или карте. Вынесение положения трассы с карты на местность называют разбивкой трассы (рисунок 1.1).

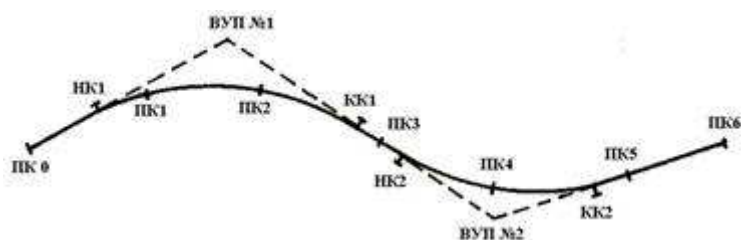


Рисунок 1.1 – Схематический чертеж трассы дороги

При разбивке трассы выполняют следующие геодезические работы:

- закрепление вершин углов поворота трассы;
- вешение прямолинейных участков трассы между вершинами углов поворотов;
- измерение длин линий и углов поворота трассы;
- разбивка круговых и переходных кривых;
- разбивка пикетажа, плюсовых точек и точек поперечников;
- съемка полосы местности вдоль трассы;
- нивелирование трассы;
- привязка трассы к пунктам опорной геодезической сети;
- гидрометрические работы для изысканий мостовых переходов.

Направление маршрута на земле выбирается или задается с помощью привязки к местным объектам, по магнитному азимуту линии, измеренной на карте, или с помощью привязки к точкам геодезической эталонной сети.

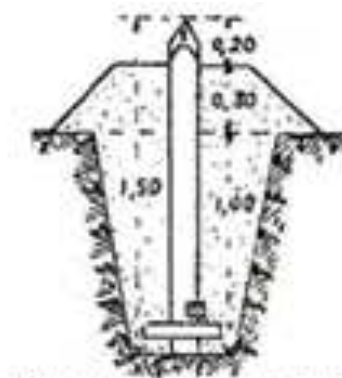


Рисунок 1.2. Закрепление вершин углов поворота

Углы поворота маршрута, выбранного на площадке, фиксируются деревянными столбами (рисунок 1.2). Начало, середина, конец кривой и точки сопряжения круговой и переходной кривых со столбцами определяются на кривых.

Линии трассы измеряют рулетками или дальномерами в прямом и обратном направлениях с предельной относительной погрешностью 1:1000 – 1:2000. На участках трассы с наклоном более  $2^\circ$  в непосредственно измеренные длины вводят поправки за наклон со знаком плюс.

На вершинах поворотов трассы теодолитом способом приемов измеряют углы.

По измеренным правым по ходу углам  $\beta$  (рисунок 1.3) вычисляют углы поворота трассы  $\varphi$  по формулам:

$$\varphi_{\text{п}} = 180^\circ - \beta_1, \quad (1.1)$$

$$\varphi_{\text{л}} = \beta_2 - 180^\circ. \quad (1.2)$$

Углом поворота трассы  $\varphi$  называется угол между продолжением предыдущего и последующим направлением трассы. При этом, если значение

измеренного угла  $\beta$  меньше  $180^\circ$ , то угол поворота трассы будет правый, а если угол  $\beta$  больше  $180^\circ$ , то угол поворота будет левый.

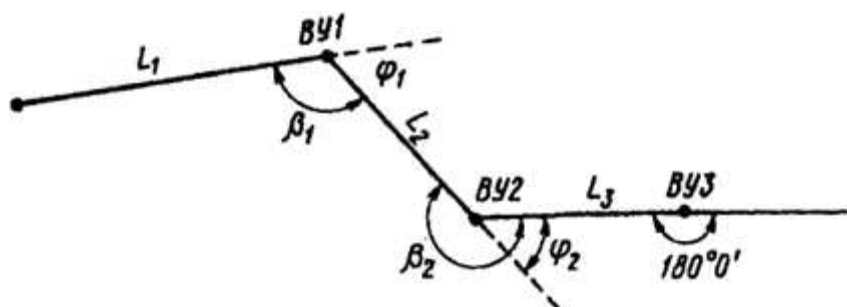


Рисунок 1.3. Определение углов поворота на трассе

Одновременно с измерением углов вдоль компаса определяются магнитные азимуты предыдущего и последующих направлений пути, чтобы контролировать измеренный угол между ними.

## 1.2 Разбивка пикетажа, плюсовых точек и поперечников

Съемка дорожной полосы. Пикетажный журнал

Перед измерением длины линий маршрута, подвесьте прямые участки маршрута между угловыми точками углов поворота. Повешение происходит по методу теодолита на себе, посредством чего вехи устанавливаются каждые 200-250 м в зависимости от местности.

Одновременно с измерением длины линий в прямом направлении пикеты прикрепляются каждые 100 метров вдоль оси пути. Пикеты обозначены двумя ручками, одна из которых находится на уровне земли и называется точкой, а вторая, длиной около 40 см, вбивается в землю на полпути вдоль своей длины и называется сторожкой. Ворота заблокированы на расстоянии около 20 см от направления движения. При выравнивании дорожки на точке ставится рельс, а на сторожке стоит номер пикета. Ворота забиты так, что пикет можно найти.

Помимо пикетов вдоль оси маршрута, существуют также характерные точки, а именно: перегибы на поверхности земли, водяные трения, пересечение



маршрута с линиями связи, линии электропередач, с другими дорогами, начало и конец изогнутых участков и т. Д. В этих точках упоминается плюс (промежуточный). Запишите номер предыдущей линии пикета и расстояние от нее до точки плюс на воротах. Например, ПК точка 1 + 35 (рисунок 1.4). При удалении пикетов в наклонной местности, горизонтальная позиция должна быть назначена для ленты геодезии.

В то же время, когда рухнула линия пикета, поперечные сечения длиной от 20 до 50 м были разорваны в обоих направлениях от оси маршрута в наклонных участках горы. Поперечные сечения разбиты теодолитом или Эккером в точках, где наклоны крена круче 1:10, перпендикулярно оси дорожки. Точки на диаметрах устанавливаются так же, как пикеты, а на воротах расстояние от оси полосы движения обозначается меткой «вправо» или «слева» относительно положения точки от оси маршрута.

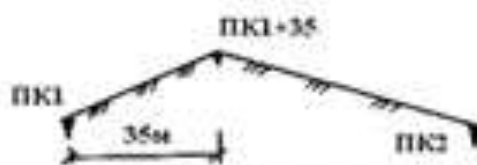


Рисунок 1.4. Плюсовая точка

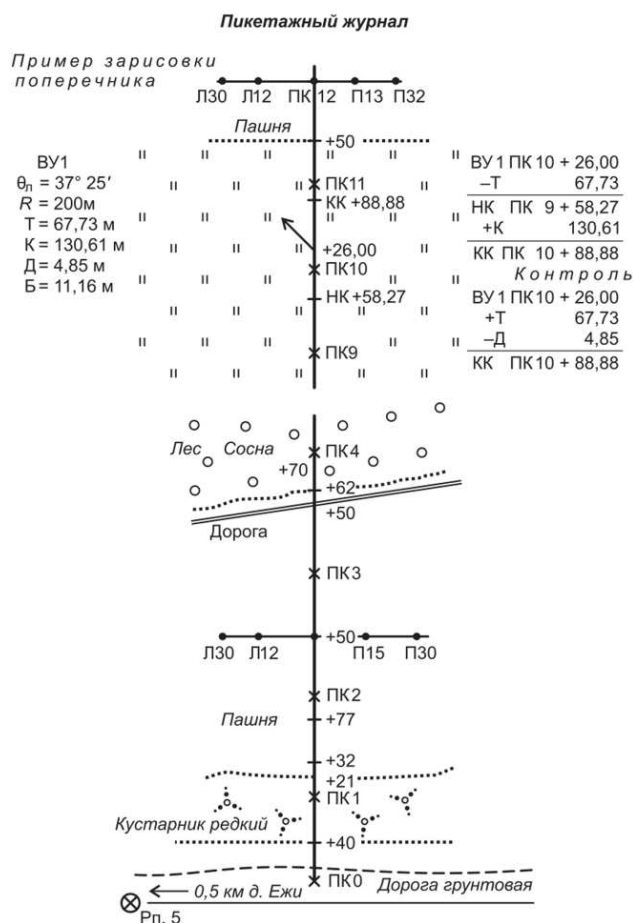


Рисунок 1.5. Пример оформления пикетажного журнала

Дорожка запускается, когда пикеты демонтируются с использованием метода прямоугольных координат (перпендикулярно) с обеих сторон оси маршрута на 20-50 метров. Возьмите контуры земли через улицу, линии связи, линии электропередач и т. Д.

Когда пикеты разбираются, как правило, на миллиметровой бумаге масштаба 1: 2000, ведется журнал пикетов (Рисунок 1.5). В журнале пикетов вдоль оси дорожки рисуется прямая линия с пикетами и точками плюс, вдоль которой отображаются диаметр, контур ситуации, ссылки на ориентиры, элементы кривой и другие данные.

Разделение пикетов через 100 м затрудняет использование дальномеров. Поэтому в некоторых случаях используется метод полевого слежения, когда не каждый 100-метровый пикет разбит на земле, а только точки, которые находятся на характерных рельефах местности и важных элементах ситуации. Пикеты

размещаются на планах и продольных профилях, их разметка определяется путем интерполяции между следующими плюсовыми точками. Если для строительства требуются пикеты, они будут удалены на земле, когда маршрут будет восстановлен.

В журнале пикетов вдоль оси дорожки рисуется прямая линия с пикетами и точками плюс, вдоль которой отображаются диаметр, контур ситуации, ссылки на ориентиры, элементы кривой и другие данные. Разделение линии пикета через 100 м усложняет использование дальномеров. Поэтому в некоторых случаях используется метод полевого слежения, когда не каждый 100-метровый пикет разбит на земле, а только точки, которые находятся на характерных рельефах местности и важных элементах ситуации. Пикеты размещаются на планах и продольных профилях, их разметка определяется путем интерполяции между следующими плюсовыми точками. Если для строительства требуются пикеты, они будут разбиты на земле при восстановлении маршрута.

### 1.3 Круговые кривые, их элементы и главные точки

#### Разбивка главных точек круговых кривых

В плане этажа ось дороги представляет собой комбинацию прямых и изогнутых участков. В каждой вершине кривой следа две соседние линии сопряжены кривой. Кривые могут принимать форму круговой или общей кривой. Общая кривая состоит из двух переходных кривых и круговой кривой.

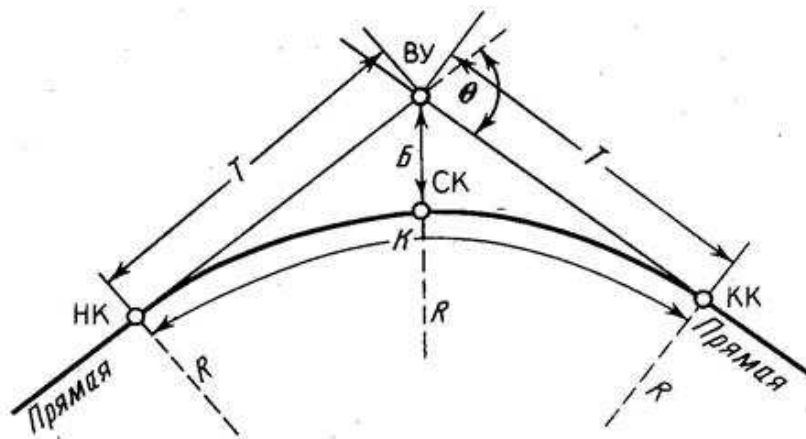


Рисунок 1.6. Основные элементы круговой кривой

Рассмотрим круговую кривую (рисунок 1.6). Круглая кривая — это дуга, которая вписана в угол, образованный двумя соседними линиями пути. Круглая кривая состоит из трех основных точек и шести элементов.

Главными точками круговой кривой являются начало круговой кривой (НКК), конец круговой кривой (ККК) и середина круговой кривой (СКК).

На плане и на местности эти точки могут быть получены, если известны следующие элементы кривой:

1 – угол поворота трассы  $\varphi$ ;

2 – радиус круговой кривой  $R$ ;

3 – расстояние от вершины угла поворота ВУП до начала или конца кривой, которое называется тангенс  $T$ ;

4 – длина кривой, расстояние от ее начала до ее конца  $K$ ;

5 – расстояние от вершины угла поворота до середины кривой, которое называется биссектриса кривой  $B$ ;

6 – домер, показывающий, на сколько путь от начала до конца кривой по касательной больше, чем по кривой  $D$ .

Угол поворота трассы ( $\varphi$ ) измеряют при трассировании, а величину радиуса кривой ( $R$ ) выбирают в соответствии с техническими условиями.

Остальные элементы круговой кривой могут быть определены из прямоугольного треугольника ( $O$  – НКК – ВУП) на рисунке 1.6 по следующим формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \varphi / 2, \quad (1.1)$$

$$K = \pi R \varphi / 1800, \quad (1.2)$$

$$B = R / \cos \varphi / 2 - R, \quad (1.3)$$

$$D = 2T - K. \quad (1.4)$$

По вышеприведенным формулам составлены таблицы, в которых по известным  $\varphi$  и  $R$  находят элементы  $T$ ,  $K$ ,  $B$  и  $D$  (например, Власов Д. И., Логинов В. Н. "Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах" [3]).

Так, например, для  $\varphi = 24030'$ ;  $R = 400$  м;  $T = 86,85$  м;  $K = 171,04$  м;  $B = 9,32$  м;  $D = 2,65$  м.

На местности начало и конец кривой получают, откладывая величины тангенса от вершины угла поворота (ВУП) по линиям трассы, а середину кривой (СКК) – отложением величины  $B$  по биссектрисе угла ( $\beta/2$ ):

$$\beta/2 = (180^\circ - \varphi^\circ) / 2. \quad (1.5)$$

Этот угол осаждается с теодолитом. Точка  $O$  на сайте не определена и не показана (см. Рисунок 1.6). Чтобы облегчить разделение длинных кривых, желательно разделить их на несколько равных частей, которые называются множественными кривыми.

Чтобы определить элементы круговых кривых для больших углов поворота при любой величине радиуса, например  $R = 600$  м, можно определить из таблицы 1 [3] элементы для радиуса  $R = 100$  м и найденные значения умножить на отношение радиусов  $600:100 = 6$ , так как величины  $T$ ,  $K$ ,  $B$ ,  $D$  пропорциональны радиусу кривой. Это видно из формул (1.3).

#### **1.4 Переходные и суммарные кривые**

Чтобы избежать внезапного изменения центробежной силы, которая действует на поезд или вагон, когда он движется от прямой части пути к круговой кривой или наоборот, используются переходные кривые, радиус которых изменяется от бесконечности до радиуса круговой кривой. Кривые перехода также вставляются между соседними круговыми кривыми с разными радиусами. Клотоиды используются в качестве переходной кривой на дорогах (рисунок 1.7).

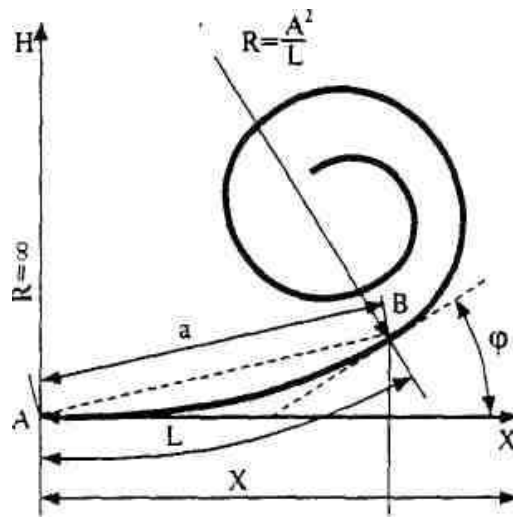


Рисунок 1.7. Клотоиды

Уравнение клотоиды (радиальной спирали) имеет вид

$$\rho = C / \ell, \tag{1.6}$$

где  $\rho$  – переменный радиус кривизны;

$C$  – постоянная величина, называемая параметром переходной кривой;

$\ell$  – длина переходной кривой от ее начала до любой заданной точки.

Размер кривых перехода на улицах принят в качестве стандартного множителя длины, равного 20 м, в зависимости от радиуса кривой и категории улиц. Для дорог данной категории (на высоких скоростях) длина переходных кривых велика.

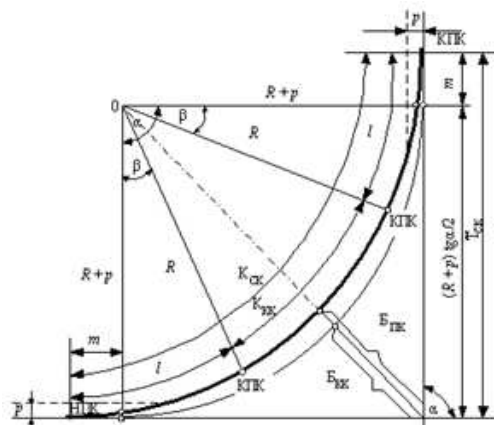


Рисунок 1.8 – Основные элементы суммарной кривой

На рисунке 1.8 показана суммарная кривая, состоящая из круговой кривой радиуса  $R$  и двух переходных кривых.

Элементами переходных кривых являются:

$\ell$  – длина переходной кривой;

$p$  – сдвигка круговой кривой;

$m$  – добавочный тангенс.

Величины  $p$  и  $m$  определяют по формулам или выбирают из таблиц по заданному радиусу  $R$  и длине переходной кривой  $\ell$  в нижней части страницы таблицы 1 [3]:

$$p = \ell^2 / 24R, \quad (1.7)$$

$$m = \ell / 2 \quad (1.8)$$

Элементы суммарной кривой определяют по формулам

$$T_c = T + m = (R + p) \operatorname{tg} \alpha / 2 + m, \quad (1.9)$$

$$K_c = K + \ell = \pi R \alpha / 1800 + \ell, \quad (1.10)$$

$$B_c = (R + p) / \cos \alpha / 2 - R, \quad (1.11)$$

$$D_c = 2T_c - K_c. \quad (1.12)$$

Радиусы круговой кривой и длины переходных кривых определяются техническими условиями. Угол  $\alpha$  измеряется с помощью теодолита. Эти значения являются начальными. Таблицы создавались для всех остальных элементов общих кривых, с помощью которых они разбивались по земле. Порядок разбивки аналогичен разбивке круговых кривых.

## 1.5 Расчет пикетажных значений главных точек круговой кривой

Вынос пикетов с тангенса на кривую

Для разбивки трассы необходимо знать не только пикетажное значение вершины угла поворота, но и пикетажное положение главных точек кривой: начала кривой (НКК), середины кривой (СКК) и конца кривой (ККК). Для этого используют следующие соотношения:

$$\text{НКК} = \text{ВУП} - T, \text{ Контроль:}$$

$$\text{СКК} = \text{НКК} + K / 2, \text{ ККК} = \text{НКК} + T - Д, \quad (1.13)$$

$$\text{ККК} = \text{НКК} + K. \text{ СКК} = \text{ВУП} - Д / 2. \quad (1.14)$$

Пример. Определить пикетажное значение главных точек кривой, если вершина угла поворота (ВУП) находится в точке ПК4 + 28,30, а элементы кривой:

$$\alpha = 24030'; R = 400 \text{ м}; T = 86,85 \text{ м}; K = 171,04 \text{ м}; Б = 9,32 \text{ м}; Д = 2,65 \text{ м}$$

Вычисление пикетажа Контроль

$$\begin{array}{r} \text{ВУП} \dots\dots\dots \text{ПК4} + 28,30 \quad \text{ВУП} \dots\dots\dots \text{ПК4} + 28,30 \\ - T \dots\dots\dots 86,85 \quad + T \dots\dots\dots 86,65 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{НКК} \dots\dots\dots \text{ПК3} + 41,45 \quad \Sigma \dots\dots\dots \text{ПК5} + 15,15 \\ + K \dots\dots\dots \text{ПК1} + 71,04 \quad - Д \dots\dots\dots 2,65 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{ККК} \dots\dots\dots \text{ПК5} + 12,49 \quad \text{ККК} \dots\dots\dots \text{ПК5} + 12,50 \\ \text{НКК} \dots\dots\dots \text{ПК3} + 41,45 \quad \text{ВУП} \dots\dots\dots \text{ПК4} + 28,30 \\ + K/2 \dots\dots\dots 85,42 \quad - Д/2 \dots\dots\dots 1,32 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{СКК} \dots\dots\dots \text{ПК4} + 26,97 \quad \text{СКК} \dots\dots\dots \text{ПК4} + 26,98$$

$$K - x = 0,20$$

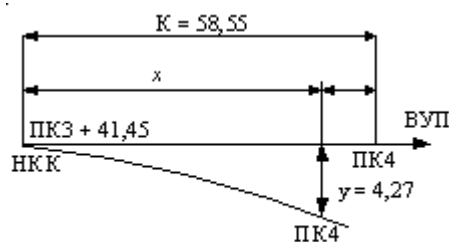


Рисунок 1.9. Вынос пикета с тангенса на кривую

Расхождение между двумя вычисленными значениями СКК и ККК допускается  $\pm 1$  см. Все вычисления по определению положения главных точек кривой заносят в пикетажный журнал.

В верхней части маршрута все пикеты и плюсовые точки, которые лежат на касательных, удаляются с кривой. Для этого они используют метод



прямоугольных координат, ядро которого мы рассмотрим на примере (рисунок 1.9).

Пример. Вынести на круговую кривую с  $R = 400$  м пикет 4, лежащий на тангенсе. Для этого вычисляют расстояние  $K$  от НКК до ПК4:

$$K = \text{ПК4} - \text{ПК3} + 41,45 = 400 \text{ м} - 341,45 \text{ м} = 58,55 \text{ м}.$$

По таблицам 5 [3], интерполируя, находят значения  $K - x$  и ординаты  $y$ . При  $K = 58,55$  м получим:

$$(K - x) = 0,20 \text{ м}; y = 4,27 \text{ м}.$$

От пикета 4 отмеряют рулеткой по тангенсу в сторону НКК расстояние  $(K - x) = 0,20$  м, из полученной точки по перпендикуляру к тангенсу откладывают рулеткой ординату  $y = 4,27$  м и забивают колышек, который и будет определять положение ПК4 на кривой (см рисунок 1.9).

Аналогично выносят остальные пикеты и плюсовые точки, лежащие на тангенсах.

## **1.6 Привязка трассы к пунктам опорной геодезической сети**

Ориентация маршрута к точкам геодезической эталонной сети осуществляется с целью определения национальных координат точек и угла направления линий маршрута. Расстояние по автомагистрали между соединенными точками определяется техническими условиями и может составлять от 1 до 20 км. Результаты привязки позволяют определить запланированное положение трека на поверхности земли и получить данные для надежного контроля полевых измерений. Рассмотрим некоторые из наиболее распространенных методов вложения.

### **1 Привязка трассы к близко лежащим пунктам опорной сети**

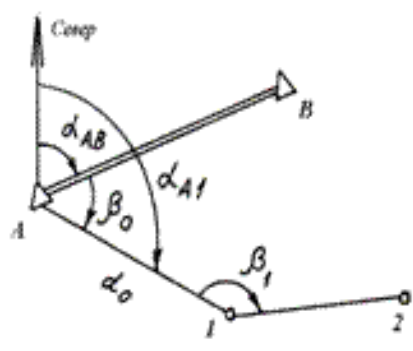


Рисунок 1.10. Привязка трассы

Пусть на местности имеется два пункта опорной геодезической сети А и В (рисунок 1.10). В этом случае для привязки точки 1 трассы от пункта А опорной сети необходимо измерить примычный угол  $\beta_0$  и расстояние  $d_0$ .

По известному дирекционному углу  $\alpha_{AB}$  вычисляют дирекционный угол линии А1:

$$\alpha_{A1} = \alpha_{AB} + \beta_0. \quad (1.15)$$

Затем по формулам прямой геодезической задачи получают координаты точки 1 трассы:

$$X_1 = X_A + d_0 \cos \alpha_{A1}, \quad (1.16)$$

$$Y_1 = Y_A + d_0 \sin \alpha_{A1}. \quad (1.17)$$

Если точка 1 полосы движения не видна из точки А или находится на большом расстоянии, то из точки А в точку 1 проложен многострочный курс теодолита для привязки полосы движения, в которой измеряются угол движения и длины сторон. Для каждой стороны курса теодолита приращения координат рассчитываются по формулам.

$$\Delta X = d \cos \alpha,$$

$$\Delta Y = d \sin \alpha.$$

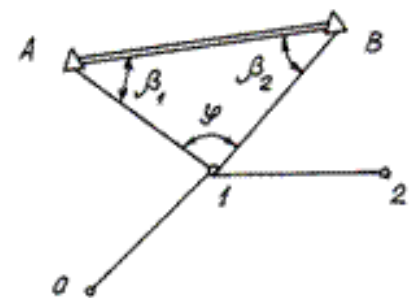


Рисунок 1.11. Способ прямоугольной засечки

Прибавив к координатам точки А суммы приращений координат по привязочному ходу, получают координаты точки 1 трассы.

2 Привязка трассы к двум опорным пунктам (способ прямой угловой засечки)

Пусть на точках А и В опорной геодезической сети измерены углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рисунок 1.11), при этом координаты пунктов А и В известны.

Тогда координаты точки 1 трассы можно вычислить из прямой угловой засечки, через котангенсы измеренных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  по следующим формулам:

$$X_1 = X_A + \frac{(X_B - X_A) \operatorname{ctg} \beta_1 - (Y_B - Y_A)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}, \quad (1.18)$$

$$Y_1 = Y_A + \frac{(Y_B - Y_A) \operatorname{ctg} \beta_1 - (X_B - X_A)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}. \quad (1.19)$$

Определение координат точки 1 будет более надежным, если угол засечки  $\phi$  будет не менее 30° и не более 150°.

3 Привязка трассы к трем опорным точкам геодезической сети (способ обратной угловой засечки)

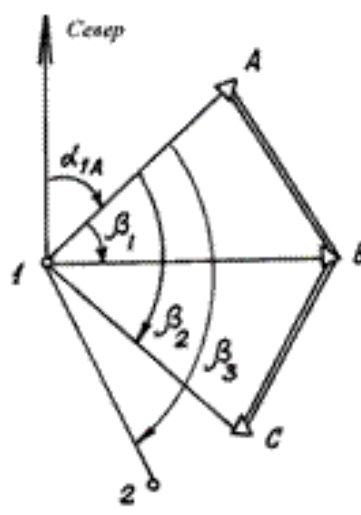


Рисунок 1.12. Способ обратной угловой засечки

Если на местности из точки 1 трассы видно не менее трех опорных пунктов геодезической сети А, В и С (рисунок 1.12), то на точке 1 трассы достаточно измерить углы  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\beta_3$ , чтобы вычислить координаты точки 1 и дирекционный угол  $\alpha_{12}$  линии трассы. Данный способ привязки называется обратной угловой засечкой.

Согласно рисунку 1.12 можно написать формулы для вычисления дирекционных углов:

$$\begin{aligned} \alpha_{1B} &= \alpha_{1A} + \beta_1, \\ \alpha_{1C} &= \alpha_{1A} + \beta_2, \\ \alpha_{12} &= \alpha_{1A} + \beta_3. \end{aligned} \tag{1.20}$$

Дирекционный угол  $\alpha_{1A}$  можно определить из равенства:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{1A} &= (Y_A - Y_B) \operatorname{ctg} \beta_1 + (Y_C - Y_A) \operatorname{ctg} \beta_2 + (X_B - X_C) / \\ &/ [(X_A - X_B) \operatorname{ctg} \beta_1 + (X_C - X_A) \operatorname{ctg} \beta_2 + (Y_C - Y_B)]. \end{aligned} \tag{1.10}$$

По тангенсу находим величину румба, а название его – по знакам приращений координат. Дирекционные углы остальных линий вычисляем по формулам (1.9). Координату X точки 1 трассы получим по формуле

$$X_1 = X_A \operatorname{tg} \alpha_{1A} - X_B \operatorname{tg} \alpha_{1B} + (Y_B - Y_A) / (\operatorname{tg} \alpha_{1A} - \operatorname{tg} \alpha_{1B}). \tag{1.11}$$

Координату Y точки 1 трассы можно получить с контролем по формулам:

$$Y_1 = Y_A + (X_1 - X_A) \operatorname{tg} \alpha_1 A,$$

$$Y_1 = Y_C + (X_1 - X_C) \operatorname{tg} \alpha_1 C.$$

Для полного контроля полевых и вычислительных работ на местности можно измерить угол на четвертую точку опорной геодезической сети. Привязка будет более надежной, если углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  не будут меньше 300 и более 1500.

Если рядом с маршрутом нет точек геодезической эталонной сети, углы направления линий маршрута можно определить по магнитным азимутам сторон маршрута, измеренным с помощью теодолита и эталонного компаса, используя следующую формулу связи:

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma, \quad (1.21)$$

где  $\alpha$  – дирекционный угол;

$A_m$  – магнитный азимут;

$\delta$  – склонение магнитной стрелки;

$\gamma$  – сближение меридианов.

Подход к меридиану и магнитное склонение обычно указываются в полях на листе карты для конкретной области или определяются на ближайших метеостанциях.

### **1.7 Нивелирование трассы и поперечников. Журнал нивелирования**

Маршрут выравнивается после обрушения линий пикета, обычно в два уровня на двусторонних рельсах. Первое устройство выравнивает все точки на маршруте: пикеты, плюс точки, ориентиры и основные точки кривой. Вторым инструментом выровнен только для проверки по контрольным точкам, соединительным столбам, а также поперечным сечениям и геологическим работам на шоссе. Километры и ориентиры, как и точки подключения, должны быть выровнены с обоих уровней. Связующие называются точками, которые являются общими для двух мест на уровне. Все остальные точки на маршруте называются промежуточными точками.

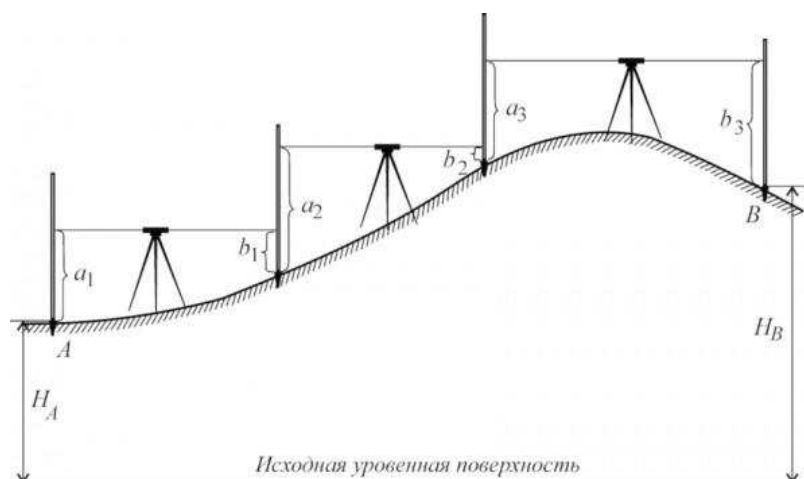


Рисунок 1.13. Порядок нивелирования по трассе

Маршрут выравнивается путем прокладки выравнивающего пути вдоль маршрута, который состоит из нескольких станций (рис. 1.13).

Выравнивание по пути обычно выполняется по центру с использованием метода, при этом плечи проверяются «на глаз». Кроме того, в зависимости от увеличения телескопа, точки подключения могут быть взяты через 100 или 200 м. В первом случае они служат всеми пикетами, а во втором - 50% (через пикет). Высота между точками соединения и пикета определяется черной и красной сторонами рельсов и при работе с односторонними рельсами на двухуровневых горизонтах.

Условия местности (крутые склоны и т. Д.). Часто вынуждают вас значительно сократить расстояние между точками подключения, что нежелательно, поскольку увеличение количества станций в курсе увеличивает объем работы и увеличивает ошибки в общем избытке.

Сначала рассмотрим выравнивание маршрута, используя метод от центра на расстоянии 50 м от плоскости до точек соединения (см. Рис. 1.13):

$$h = h_1 + h_2 + h_3 = \Sigma h = \Sigma(З - П) = \Sigma З - \Sigma П, \quad (1.22)$$

$$Н_{пк2} = Н_{рп1} + \Sigma h.$$

Если второго уровня нет, дорожка выравнивается дважды вдоль ломаной линии пикета: вперед и назад. Линия связана с контрольными точками на большой высоте, выравнивая движения от контрольных точек к точкам трека.

Если условия местности позволяют это сделать, необходимо выбрать соседние пикеты и выровнять все промежуточные точки между ними с одной станции.

При выравнивании маршрута на станции рекомендуется следующая последовательность работ:

а) В точках соединения рейки укладывают рейки вплотную к полу на колышке. В зависимости от рельефа уровень между точками соединения регулируется таким образом, чтобы горизонтальное положение прицельного луча можно было использовать для измерений вдоль задних и передних рельсов, одновременно пытаясь обеспечить примерно одинаковое расстояние от уровня до рельсов.

б) После размещения вертикальной оси плоскости в вертикальном положении, направьте трубку к черной стороне задней стойки, возьмите ориентир вдоль среднего горизонтального хода сетки резьбы и запишите его в столбец 3 протокола нивелирования (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Журнал нивелирования трассы

Номер станции	Наблюдательная точка	Отсчеты по рейке	Превышения	Средние превышения	Горизонт нивелира	Абсолютные (условные) отметки				
задней	передней	промежуточной								
+	-	+	-							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	РП №1	0343	1628			1285		+2		59,667
	ПК 0	5132	6415			1283		1284		58,385
2	ПК 0	1134	2034	944		900		+2	59,519	58,385
	+20	5921	6819	712		898		899		58,575
	+60									58,807
	ПК 1									57,488

Номер станции	Наблюдается точка	Отсчеты по рейке	Превышения	Средние превышения	Горизонт нивелира	Абсолютные (условные) отметки				
задней	передней	промежуточной								
+	-	+	-							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	ПК 1	482	975	815		493		+2	57,970	57,488
	+30	5269	5762	2248		493		493		57,155
	+35			1110						55,722
	+80									56,860
	ПК 2									56,997
	Σ	18231	23633					-		
								2676		

Контроль:  $(\Sigma З - \Sigma П) / 2 = (18281 - 23633) / 2 = 2676$ ,  $\Sigma h_{cp} = -2676$ .

Например:  $h_{ч} = З_{ч} - П_{ч} = 343 - 1285 = -1285$  мм,

$h_{к} = З_{к} - П_{к} = 5132 - 6415 = -1283$  мм.

Разница между двумя значениями превышения не должна превышать 5 мм. Если это приемлемо, рейка устанавливается по одному в положительных точках, при этом пробы отбираются только на черной стороне рейки и регистрируются в столбце 5 журнала.

с) Если разность превышения составляет более 5 мм, выполните выравнивание на этой станции.

В районах с большими уклонами земной поверхности в качестве точек подключения часто необходимо использовать точки плюс или специально определенные точки х. Это может быть в том случае, если невозможно выровнять два соседних пикета с одной станции (рис. 1.14, а).

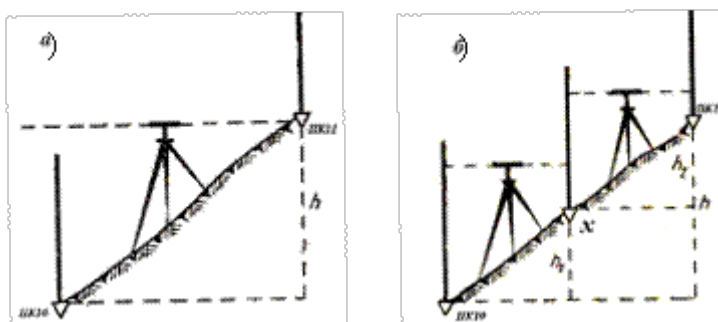


Рисунок 1.14 – Применение иксовой точки



Затем одна или несколько точек  $x$  выбираются между точками пикетирования, чтобы их можно было выровнять по ним (рис. 1.14, б). Точки  $X$  используются только для переноса маркировки, поэтому расстояния от пикетов не измеряются, и эти точки не применяются к профилю.

На изогнутых участках маршрута начало, середина и конец кривой, а также все точки и точки плюс, взятые из касательной к кривой, выровнены как промежуточные точки.

Выравнивание маршрута через пикеты возможно только на ровной местности. В этом случае расстояние от плоскости до точек подключения составляет приблизительно 100 м. В этом случае плоскость должна быть не менее 10 м от оси пути. На одном уровне пикеты служат точками соединения, а все остальные уровни служат промежуточными точками.

Компенсировать диаметр. Ригели - это прямые линии, перпендикулярные направлению пути. Они обычно ломаются с помощью Эккера или теодолита на расстоянии 20–50 м слева и справа от оси пути. Если условия местности позволяют это, диаметры нивелируются от станций ближайшего к ним продольного выравнивания трассы. В противном случае диаметры совпадают с отдельными станциями, и показания направляющей во всех точках диаметра выполняются только на черной стороне направляющей. Образцы записываются на отдельных страницах в конце протокола выравнивания. Пример записи приведен в таблице 1.2.

Станции нивелирования выбираются таким образом, чтобы измеренные значения были видны для всех характерных точек поперечного сечения (справа и слева от его оси), а также для одной или двух точек на дорожке (обычно для задних или передних пикетов или точек плюс) (рис. 1.15, а). На крутых склонах невозможно выровнять диаметр от одной станции, так что диаметр выравнивается от нескольких станций. В этих случаях высоты точек передаются на последующие нивелирующие станции через точки подключения на дорожке (рис. 1.15, б).

Таблица 1.2 – Нивелирования поперечника

Номер С. станции	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке	Превы шение	Средние превышения	Горизонт нивелира	Абсолютные (условные) высоты	8	9	10	11
	задней	передней	промежуточной							
+	-	+	-							
1	2	3	4	5	6	7				
	ПК 3	1181		2171					57,081	55,900
	Пр +18			2730						54,910
	Пр +34			2890						54,351
	Пр +50			785						54,191
	Лево+27			220						56,296
	Лево+50									56,861

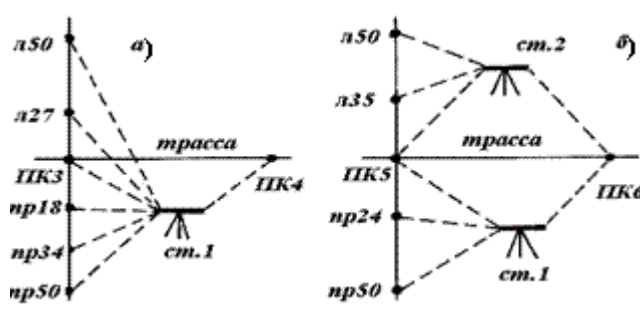


Рисунок 1.15 – Схема нивелирования поперечников

Высота точек на диаметрах рассчитывается над горизонтом уровня. Высоты точек на сечениях образуют поперечные профили маршрута.

### 1.8 Высотная привязка трассы к реперам государственной нивелирной сети. Нивелирование через реки и овраги

Для передачи абсолютных отметок в точки маршрута, для дополнительного контроля и для повышения точности нивелирования маршрута через 5–10 км они привязываются к ближайшим контрольным отметкам и отметкам для выравнивания штатов.

Маршрут выравнивается путем прокладки трассы, состоящей из одной или нескольких станций, от ближайшего ориентира до точки на маршруте. В этом случае одна направляющая устанавливается на отметке, а вторая - на штифт, костыль или башмак, который вбивается в землю на расстоянии от 100 до 200 м

от отметки в направлении пути. Выравнивание на станции осуществляется по методу от центра и при выравнивании маршрута. Есть некоторые функции при снятии отметок на стене.

Стенная маркировка обычно выше горизонта устройства. Поэтому желательно иметь специальный подвесной рельс при обвязке. Маркировочная и подвесная рейки имеют отверстия одинакового диаметра. Стальной штифт вставляется в фирменное отверстие, и на него ставится подвесная планка. Нулевой рельс выровнен с центром отверстия. Согласно рисунку 1.16 превышение точки В над маркой А в этом случае

$$h = -З - П = -(З + П) \quad (1.24)$$

где З и П – отсчеты по рейкам.

При отсутствии подвесного рельса проекция средней горизонтальной линии нити накала плоского телескопа отмечается карандашом на стене под меткой, а расстояние от центра метки до проекции нити измеряется измерительной лентой. Схема привязки к бренду или эталону показана в отчете о нивелировании.

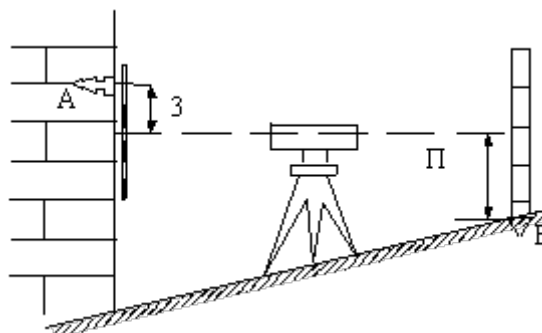


Рисунок 1.16 – Привязка к стенной марке

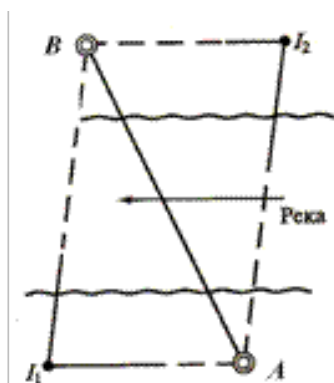


Рисунок 1.17. Нивелирование через реку

Выравнивание через реки и ущелья. Выравнивание по рекам шириной до 100 м производится по общим правилам. При ширине реки от 100 до 300 м две сваи А и В заблокированы на обоих берегах реки, примерно на одной высоте над горизонтом воды (рис. 1.17), и станции И1 и И2 в их окрестностях выбраны так, что  $I1A = I2B \approx 10$  м и  $I1B = I2A$ . После того, как тщательно откалиброванный уровень был установлен в точке И1, посчитайте сначала с обеих сторон стержня в точке А, а затем с обеих сторон стержня в точке В. Затем, не меняя фокус трубы, перенесите уровень через реку и установите его в точке И2. Подсчет производится на рельсе в точке А, а затем изменяется фокус трубки на рельсе в точке В. После расчета двойного излишка из точки В над точкой А конечный результат принимается за среднее значение. Для достижения наилучших результатов наблюдения следует проводить в период спокойных изображений. Рекомендуется каждый раз брать образцы на три горизонтальные нити.

Если ширина реки составляет более 300 метров и невозможно проводить измерения непосредственно на рельсе из-за больших расстояний, используются специальные щиты, которые перемещаются речным судном вдоль рельсов вдоль рельсов по указанию наблюдателя. выровнять с проекцией нити. Обратный отсчет по отметке осуществляется заместителем наблюдателя или речником. Зимой выравнивание можно проводить по широким рекам на льду. В то же время спиртовой уровень и рейки устанавливаются на специально замороженных во льду сваях. Выравнивание на льду должно быть сделано как можно скорее, так

как лед нельзя считать неподвижным. На прямых участках реки разница в отметках уровня воды на противоположных берегах невелика (до  $\pm 30$  см), что может использоваться для приблизительного переноса отметок на широкие водоемы.

Широкие и глубокие ущелья выровнены в два этапа: сначала определите излишки между точками, определенными на берегах в соответствии с правилами передачи высот по рекам, а затем выровняйте ущелье между точками на берегах.

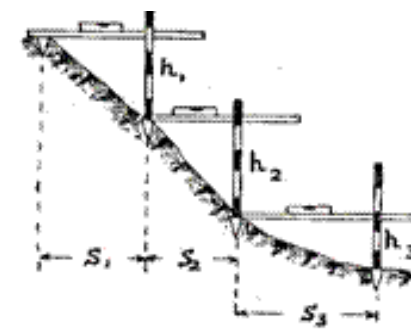


Рисунок 1.18. Нивелирование крутого склона

Выравнивание склонов и дна ущелья можно сделать с помощью уровня. Характерной особенностью здесь являются небольшие расстояния между точками подключения, что заставляет нас выбирать станции, которые находятся на расстоянии 10–15 м от автомагистрали. Выравнивание крутых склонов ущелья также можно выполнить выравниванием с помощью двух рельсов, один из которых должен быть снабжен цилиндрической плоскостью, а другой - круглым. Суть этого метода выравнивания показана на рисунке 1.18.

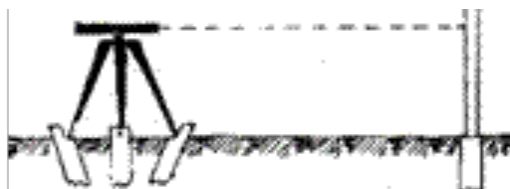


Рисунок 1.19. Нивелирование заболоченных участков

При выравнивании водно-болотных угодий для установки уровней и рельсов сваи забиваются на твердой почве (Рисунок 1.19). В этом случае наиболее точные результаты получаются при использовании самовыравнивающихся уровней с компенсатором.

## 2. Способы разбивки горизонтальных круговых кривых

### 2.1. Способ полярных координат

Метод полярных координат часто используется при разделении осей зданий, сооружений и сооружений от точек движения теодолита или многоугольника, если эти точки находятся относительно близко к материальным точкам.

В этом методе положение конкретной точки  $C$  (рис. 2.1) на полу определяется путем построения расчетного угла  $\beta$  и расстояния  $S$  от направления  $AB$ . Расчетный угол  $\beta$  получается из разности между направленными углами  $\alpha_{AB}$  и  $\alpha_{AC}$ , рассчитанной как расстояние  $S$  от решения обратных задач относительно координат точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Для контроля положения неподвижной точки  $C$  можно проверить это измеряя угол  $\beta$  на 'в точке  $B$  и сравнивая его со значением, полученным как разность между углами направления  $\alpha_{BA}$  и  $\alpha_{CA}$ .

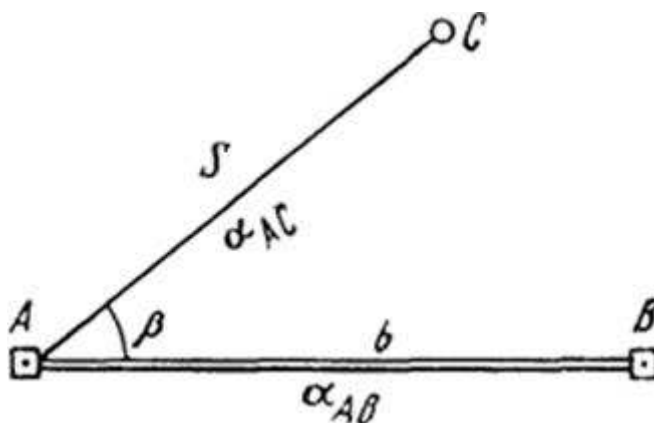


Рисунок 2.1. Схема разбивки способом полярных координат

Среднеквадратичная ошибка расстояния точки С по природе определяется по формуле

$$m_C^2 = m_{сз}^2 + m_{исх}^2 + m_{\psi}^2 + m_{\beta}^2 \quad (2.1)$$

Фактический полярный пробой зависит от ошибки  $m_{\beta}$  при построении угла  $\beta$  и ошибки  $m_S$  при разделении расчетного расстояния  $S$

$$m_{сп}^2 = m_S^2 + \left( \frac{m_{\beta}}{\rho} \right)^2 \cdot S^2 \quad (2.2)$$

Влияние ошибок в исходных данных при  $m_A = m_B = m_{AB}$  выражается формулой

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{S}{b} \right)^2 - \frac{S}{b} \cdot \cos \beta \right] \quad (2.3)$$

а ошибок центрирования

$$m_{\psi}^2 = l^2 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{S}{b} \right)^2 - \frac{S}{b} \cdot \cos \beta \right] \quad (2.4)$$

Из этих формул следует, что для уменьшения влияния ошибок исходных данных и центрирования необходимо, чтобы угол  $\beta$  и отношение  $\frac{S}{b}$  были минимальны, полярный угол был бы меньше прямого, а проектное расстояние - меньше базиса разбивки, т. е.  $\beta < 90^\circ$ ,  $S < b$ .

Для приближенных расчетов, приняв  $\beta = 90^\circ$  и  $S = b$ , получим

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \cdot \sqrt{2}, \quad m_{\psi}^2 = l^2 \cdot \sqrt{2} \quad (2.5)$$

а для суммарной погрешности в положении точки сломан метод полярных координат,

$$m_C^2 = m_S^2 + \left( \frac{m_{\beta}}{\rho} \right)^2 \cdot S^2 + 2m_{AB}^2 + 2e^2 + m_{\beta}^2 \quad (2.6)$$

Например, мы оцениваем точность деления расчетной «точки С» на точки многоугольных движений, для которых  $b = 250$  м  $m_{AB} = 10$  мм. Примем  $S = 100$

$$m, \frac{m_S}{S} = \frac{1}{5000}, \beta = 45^\circ, m_\beta = 10'', e = 1 \text{ мм и } m_\phi = 1 \text{ мм.}$$

Ошибка отложения проектной линии составит

$$m_S = \frac{100}{5000} = 20 \text{ мм ;}$$

линейная величина ошибки построения проектного угла —

$$\frac{m_\beta}{\rho} \cdot S = \frac{10 \cdot 100000}{206000} = 5 \text{ мм,}$$

величины  $m_\beta$  и  $\rho$  выражены в секундах;

влияние ошибок исходных данных -

$$m_{\text{исх}} = 10 \cdot \sqrt{1 + (0,4)^2} - 0,4 \cdot 0,7 = 9,4 \text{ мм .}$$

Из соотношения полученных значений видно, что ошибками в центрировании и фиксации можно пренебречь. Таким образом,

$$m_C = \sqrt{20^2 + 5^2 + 9,4^2} = 23 \text{ мм .}$$

Расчет показывает, что для этих условий уменьшение погрешности в положении удаленного предмета возможно только по меньшей мере в два раза при значительном уменьшении погрешности при расчете расчетного расстояния.



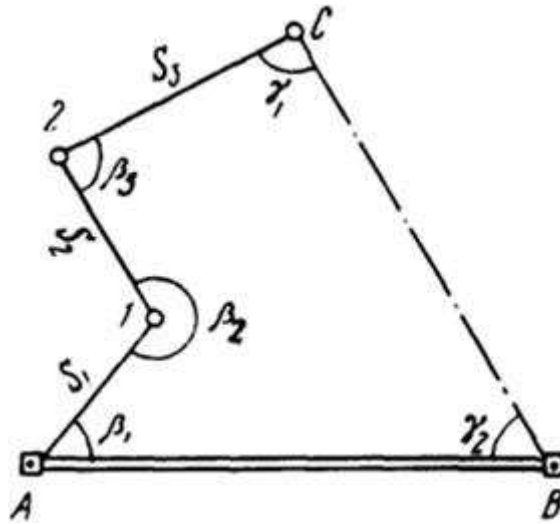


Рисунок 2.2. Схема разбивки способом проектного полигона

Если точка, подлежащая разрыву, находится на значительном расстоянии от начальной точки, расчетные углы и расстояния должны быть несколько раз смещены полярно, а расчетный курс должен быть определен (рис.2.2). При прямой видимости из точки C в точку B углы поворота измеряются в целях управления  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , Формируем замкнутый многоугольник. Поэтому этот метод называется методом многоугольника проектирования. В случае точной работы по выравниванию углы многоугольника компенсируются, из них вычисляются координаты точки C, а расчетные расстояния сравниваются с расчетными расстояниями и, при необходимости, уменьшаются до проектного положения.

При редкой базе пробоя базовый метод проектирования может использоваться для разрушения всех пересечений основных осей конструкции от начальной точки. В этом случае строительное движение полностью смещается с учетом строительных углов и расстояний.

## 2.2. Способ прямоугольных координат

Метод прямоугольных координат в основном используется, когда на месте или в цехе промышленной компании имеется строительная сетка, в системе координат которой указано положение всех основных точек и осей проекта.

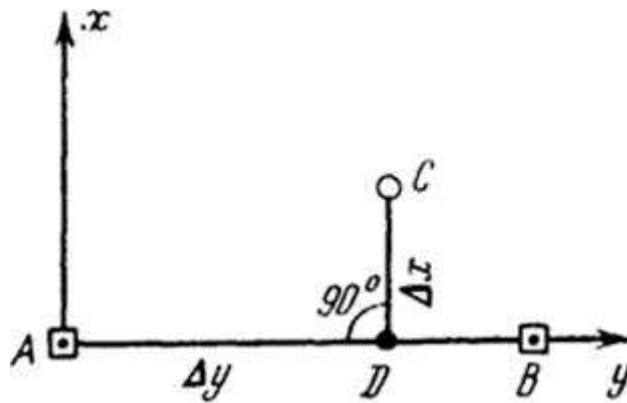


Рисунок 2.3. Схема разбивки способом прямоугольных координат

Расчетная точка С (рис. 2.3) разбивается в соответствии с рассчитанными значениями приращений ее координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  от следующей точки сетки. Большой прирост ( $\Delta y$  на рисунке) размещен вдоль выравнивания точек сетки АВ. В полученной точке D устанавливается теодолит, а со стороны сетки строится прямой угол. Меньшее приращение смещается в соответствии с вертикалью, и определяется полученная точка С. Для целей контроля положение точки С может быть определено из другой точки на сетке здания.

Диаграмма метода прямоугольных координат по существу объединяет схему затвора линейным и полярным методами.

Среднеквадратичная ошибка в положении точки С, определяемая методом прямоугольных координат, может быть выражена формулой

$$m_C^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left( \frac{m_{\rho}}{\rho} \right)^2 \Delta x^2 + m_{\text{тех}}^2 + m_{\text{к}}^2 + m_{\text{ф}}^2 \quad (2.7)$$

где  $m_{\Delta x}$  и  $m_{\Delta y}$  - ошибки отложения приращения координат.

Если ордината построена вертикально, значение  $\Delta x$  заменяется на  $\Delta y$  в формуле.

Из формулы следует, что больший прирост по измерительной стороне решетки и меньший прирост по вертикали должны быть смещены. В этом случае влияние ошибки в построении прямого угла меньше.

Влияние ошибок в положении исходных пунктов при условии  $m_A = m_B = m_{AB}$  выражается формулой

$$m_{\text{исх}}^2 = m_{AB}^2 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\Delta x}{b} \right)^2 + \left( \frac{\Delta y}{b} \right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right] \quad (2.8)$$

а ошибок центрирования

$$m_{\phi}^2 = l^2 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\Delta x}{b} \right)^2 + \left( \frac{\Delta y}{b} \right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right] \quad (2.9)$$

где  $b$  - длина стороны строительной сетки.

Если точка  $C$  разделена вдоль перпендикуляра со стороны абсциссы в формулах последнего члена, вместо  $\Delta y$  следует использовать  $\Delta x$ .

Например, давайте вычислим точность точки проекции  $C$ , которая расположена в середине квадрата строительной сетки со стороной 200 м и должна быть принята в природе. Возьмем относительную погрешность расстояния осаднения равной 1: 1000,  $m_{\beta} = 10''$ ,  $m_{AB} = 10$  мм,  $l = 1$  мм,  $m_{\phi} = 1$  мм.

Поскольку точка  $C$  расположена в середине квадрата строительной сетки, то  $\Delta x = \Delta y = 100$  м. Для этого случая

$$m_{\Delta x} = m_{\Delta y} = \frac{100000}{10000} = 10 \text{ мм}; m_{\text{исх}} = m_{AB} = 10 \text{ мм};$$

$$m_{\phi} = l = 1 \text{ мм}; \quad \frac{m_{\beta}}{\rho} \cdot \Delta x = \frac{10 \cdot 10000}{206000} = 5 \text{ мм.}$$

Подставив эти данные в формулу получим

$$m_C = \sqrt{10^2 + 10^2 + 5^2 + 10^2} = 18 \text{ мм.}$$

Центрирование и исправление ошибок можно игнорировать, потому что они малы по сравнению со значениями других ошибок.

### 2.3. Способ прямой угловой засечки

Техника углового надреза используется для взлома недоступных точек, которые находятся на значительном расстоянии от исходных точек. Различают угловые засечки вперед и назад.

При использовании метода прямого углового надреза в области проектной точки С (рис.2.4) расчетные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  разделяются в начальных точках А и В. Основание выемки является либо специально измеренной стороной, либо стороной центральной сети. Расчетные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  рассчитываются как разность углов направления сторон. Углы направления являются результатом решения обратной геодезической задачи с помощью проектных координат определенной точки и известных координат начальных точек.

Точность разбивки методом прямого углового надреза определяется ошибками самого прямого надреза, исходных данных, центрирования теодолитных и целевых целей, фиксации точки выравнивания, т.е.

$$m_C^2 = m_{сз}^2 + m_{\text{всх}}^2 + m_{\text{в}}^2 + m_{\text{ф}}^2 \quad (2.10)$$

Средняя квадратическая ошибка собственно засечки равна

$$m_{сз} = \frac{m_{\beta} \cdot b}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} \quad (2.11)$$

или

$$m_{сз} = \frac{m_{\beta}}{\rho \cdot \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \quad (2.12)$$

где  $m_{\beta}$  - среднеквадратичная ошибка осаждения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

Иногда необходимо определить погрешность положения точки вдоль координатных осей. В этом случае ошибка надреза рассчитывается по формулам

$$m_x^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2 \cdot \sin^2 \gamma} \cdot (S_1^2 \cdot \cos^2 \alpha_2 + S_2^2 \cdot \cos^2 \alpha_1) \quad (2.13)$$

$$m_y^2 = \frac{m_B^2}{\rho^2 \cdot \sin^2 \gamma} \cdot (S_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_2 + S_2^2 \cdot \sin^2 \alpha_1) \quad (2.14)$$

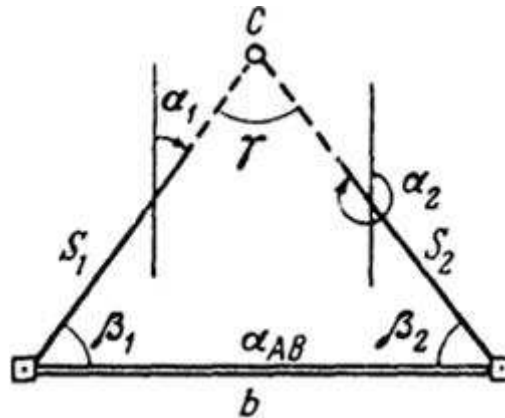


Рисунок. 2.4. Схема разбивки способами прямой угловой и линейной засечек

Для приближенных расчетов принимают  $S_1 = S_2 = S$ . Тогда формула (30) будет иметь вид

$$m_B = \frac{m_B \cdot \sqrt{2}}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot S \quad (2.15)$$

При заданной ошибке  $m_B$  величина ошибки засечки будет зависеть от угла  $\gamma$  и расстояния  $S$  до определяемой точки. С учетом влияния угла  $\gamma$  и расстояния  $S$  ошибка засечки будет минимальной при  $\gamma = 109^\circ 28'$ .

Ошибка исходных данных является следствием ошибок в положении пунктов  $A$  и  $B$ . Если принять, что  $m_A = m_B = m_{AB}$ , то

$$m_{\text{исх}}^2 = m_{AB}^2 \cdot \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = m_{AB}^2 \cdot \frac{S_1^2 + S_2^2}{b^2} \quad (2.16)$$

Для приближенных расчетов, приняв  $S_1 = S_2 = S$  и  $\gamma = 90^\circ$ , можно записать

$$m_{\text{исх}} = \frac{m_{AB} \cdot \sqrt{2}}{b} \cdot S \quad (2.17)$$

По аналогии с формулами совместное влияние ошибок центрирования теодолита и визирной цели выразится формулами

$$m_u = l^2 \cdot \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = l^2 \cdot \frac{S_1^2 + S_2^2}{b^2} \quad (2.18)$$

$$m_u = \frac{l \cdot \sqrt{2}}{b} \cdot S \quad (2.19)$$

где  $l$  - величина линейного элемента центрирования.

При выравнении, центрировании теодолита и прицеливании с помощью оптического отвеса фиксация заданного значения может выполняться относительно точно. Поэтому основными ошибками, которые определяют точность метода прямого разреза, являются ошибки самого разреза и исходных данных. Общее количество этих ошибок

$$m_C^2 = \left( \frac{m_\rho^2 \cdot b^2}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} + m_{AB}^2 \right) \cdot \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} \quad (2.20)$$

или

$$m_C^2 = \left( \frac{m_\rho^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} + \frac{m_{AB}^2}{b^2} \right) \cdot (S_1^2 + S_2^2) \quad (2.21)$$

При  $S_1 = S_2 = S$  и  $\gamma = 90^\circ$  ошибка в положении выносимой в натуру точки выразится приближенной формулой

$$m_C = \sqrt{\left( \frac{m_\rho}{\rho} \right)^2 \cdot b^2 + m_{AB}^2} \quad (2.22)$$

При проектировании работ по выравнению вопрос о необходимой точности осаждения элементов выравнения часто решается, если задана точность определения проектного положения точки, взятой в натуральной форме. Для прямого углового надреза определяется погрешность разделения расчетных углов.

Так, например, для  $b = 500$  м,  $m_C = 20$  мм,  $m_{AB} = 8$  мм, используя формулу, будем иметь

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{(m_C^2 - m_{AB}^2) \cdot \rho^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{(20^2 - 8^2) \cdot (2 \cdot 10^5)^2}{(5 \cdot 10^5)^2}} \approx 2,3''$$

С такой точностью довольно сложно выделить угол. Требуемая точность разбивки в этом случае может быть достигнута следующим образом. Отложив углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  с возможной точностью, положение точки С определяется по своей природе. Затем в контрольных точках точное значение отсроченных углов измеряется с соответствующим количеством приемов. Для приведенного примера при использовании теодолита 3Т2КР необходимо выполнить как минимум четыре трюка. Угол  $\gamma$  также измеряется в точке С. Распределив остаток в треугольнике равномерно по всем трем углам, определяются координаты точки С. Сравнивая их с расчетными значениями, они находят поправки (сокращения), на которые они приблизительно смещаются в натуральную (уменьшенную) точку С. Этот метод называется методом замкнутого треугольника.

Принцип редукции также основан на применении для пробоя метода обратного углового надреза. На земле они находят приблизительное положение О 'ломаной расчетной точки О (рис. 2.5). В этой точке устанавливается теодолит, и углы измеряются с требуемой точностью как минимум тремя начальными точками с известными координатами. Используя формулы резекции, рассчитываются координаты приблизительно определенной точки и сравниваются с расчетными значениями. Используя разницу в координатах, рассчитываются значения Редукции (угловые и линейные элементы), и точка сдвигается в проектную позицию. Для контроля в этой точке измеряются строительные леса, снова рассчитываются их координаты и сравниваются с проектными. В случае недопустимых расхождений все действия повторяются.

Для вычисления координат точки  $O'$  можно использовать формулы Деламабера и Гаусса. Применительно к (рис. 9), они будут иметь вид:

$$tg\alpha_{AC} = \frac{(Y_C - Y_A) \cdot ctg\beta_1 + (Y_B - Y_A) \cdot ctg\beta_2 - (X_B - X_C)}{(X_C - X_A) \cdot ctg\beta_1 + (X_B - X_A) \cdot ctg\beta_2 - (Y_B - Y_C)} \quad (2.23)$$

$$X_O = \frac{X_B \cdot tg\alpha_{BC} - X_A tg\alpha_{AO} + (Y_A - Y_B)}{tg\alpha_{BO} - tg\alpha_{AO}} \quad (2.24)$$

$$Y = Y_B + (X_O - X_B) \cdot tg\alpha_{BO}; \quad (2.25)$$

$$Y = Y_C + (X_O - X_C) \cdot tg\alpha_{CO}; \quad (2.26)$$

$$\alpha_{BO} = \alpha_{OA} + \beta_1 \pm 180^\circ; \quad \alpha_{CO} = \alpha_{OA} - \beta_1 \pm 180^\circ \quad (2.27)$$

Точность деления по процессу надреза угла реверса зависит от ошибок самого надреза, исходных данных, центрирования теодолита и прицельных целей, фиксации точки выравнивания и уменьшения. Очевидно, что влияние первых двух источников наиболее значительно на относительно больших расстояниях от определенных до сильных сторон; другими ошибками можно пренебречь.

Фактическая ошибка резекции может быть рассчитана с использованием приблизительной формулы

$$m_{cz} = \frac{m_p \cdot S_A}{\rho \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_B}{b_{AB}}\right)^2 + \left(\frac{S_C}{b_{AC}}\right)^2} \quad (2.28)$$

где  $S$  - расстояние от определяемого до соответствующих опорных пунктов;  $b$  - расстояние между соответствующими опорными пунктами;  $\omega_{BAC}$  - угол между исходными сторонами.

Если для приближенных расчетов принять,  $S_A = S_B = S_C = S_{cp}$ ;  $b_{AB} = b_{AC} = b_{cp}$ , то формула примет вид

$$m_{cz} = \frac{m_p \cdot S_{cp} \cdot \sqrt{2}}{\rho \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \cdot \frac{S_{cp}}{b_{cp}} \quad (2.29)$$



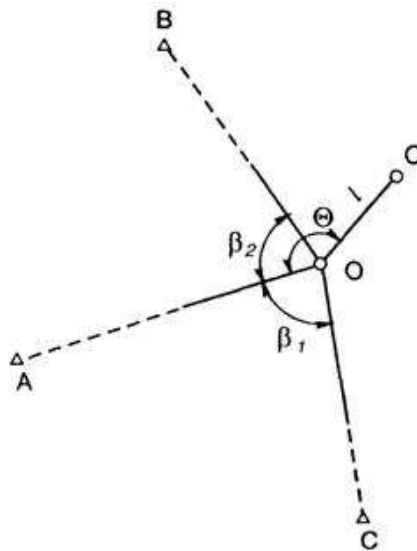


Рис. 2.5. Схема способа обратной угловой засечки

Ошибки исходных данных учитывают по формуле

$$m_u = \frac{m_{ABC}}{\sin \tau} \cdot \sqrt{\frac{S_A^2 + S_B^2}{b_{AB}^2} + \frac{S_A^2 + S_C^2}{b_{AC}^2} + \frac{S_B^2 \cdot S_C^2}{b_{AB} \cdot b_{AC}}} \cdot \cos \tau \quad (2.23)$$

где  $m_A = m_B = m_C = m_{ABC}$  - ошибка в положении исходного пункта;  $\tau = \beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC} - 180^\circ$ .

Для приближенных расчетов

$$m_u = \frac{m_{ABC}}{\sin \tau} \cdot \frac{S_{CP}}{b_{CP}} \cdot \sqrt{4 + \cos \tau} \quad (2.31)$$

В качестве примера соответственно по формулам рассчитаем точность определения положения точки  $O'$  при  $S_{CP} \approx 1350$  м,  $b_{CP} \approx 2200$  м,  $\omega_{BAC} \approx 80^\circ$ ,  $m_B = 2''$ ,  $m_{ABC} = 5$  мм.

Получим  $m_{сз} = 11,5$  мм,  $m_u = 6,2$  мм, а общая ошибка

$$m_{O'} = \sqrt{m_{сз}^2 + m_u^2} = 13,1 \text{ мм.}$$

## 2.4. Способ линейной засечки

В методе линейного надреза положение точки С (рис.2.6), взятой в природе, определяется на пересечении расчетных расстояний S1 и S2, которые смещены относительно начальных точек А и В. Этот метод обычно используется для разборки осей строительных конструкций в том случае, если расчетные расстояния не превышают длину счетчика.

Самое удобное деление с двумя веслами. Измерьте расстояние S1 от точки А на ленте и от точки В на второй рулетке - S2. Если вы перемещаете обе рулетки по объединенным нулям с центрами точек А и В на пересечении концов отрезков S1 и S2, вы найдете положение конкретной точки С.

Среднеквадратичная ошибка в положении конкретной точки в целом выражается формулой, аналогичной выражению для угловой выемки. Погрешность фактического линейного надреза с одинаковой точностью tS разделения расстояний S1 и S2 можно рассчитать по формуле

$$m_{сз} = \frac{m_S \cdot \sqrt{2}}{\sin \gamma} \quad (2.32)$$

Минимальной ошибка собственно линейной засечки будет при угле  $\gamma = 90^\circ$ . В этом случае

$$m_{сз} = m_S \sqrt{2} \quad (2.33)$$

Влияние ошибок исходных данных в линейной засечке выражается формулой

$$m_{исх}^2 = \frac{m_A^2 + m_B^2}{2 \sin^2 \gamma} \quad (2.34)$$

При  $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m_{исх} = \frac{m_{AB}}{\sin \gamma} \quad (2.35)$$

Для засечки при  $\gamma = 90^\circ$   $m_{исх} = m_{AB}$ .

Ошибки центрирования не возникают с измерительными приборами. Тогда общая ошибка в определении положения точки С, подлежащей разделению, зависит, главным образом, от общей ошибки фактической выемки и исходных данных и выражается формулой

$$m_C^2 = \frac{1}{\sin \gamma} \cdot (2m_S^2 + m_{AB}^2) \quad (2.36)$$

Для приближенных расчетов, приняв  $\gamma = 90^\circ$ , будем иметь

$$m_C = \sqrt{2m_S^2 + m_{AB}^2} \quad (2.37)$$

Можно определить необходимую точность нанесения межцентровых расстояний, если задана точность определения расчетного местоположения точки, взятой в природе, и известна ошибка в положении начальных точек. Так, например, при  $m_C = 10$  мм и  $m_{AB} = 5$  мм из формулы можно получить

$$m_S = \sqrt{\frac{m_C^2 - m_{AB}^2}{2}} = \sqrt{\frac{100 - 25}{2}} \approx 6 \text{ мм.}$$

При использовании наборов дальномеров с центрированием на штативах для линейного надреза влияние ошибок центровки можно определить по формуле

$$m_u = \frac{l}{\sin \gamma} \quad (2.38)$$

## 2.5. Способ промеров по створу

Техника линейного засечек на крыле и крыле обычно используется для выполнения осей выравнивания зданий и сооружений, а также осей крепления конструкций и технологических устройств.

Положение расчетной точки С в целевом методе надрезания определяется на пересечении двух участков, которые определены между начальными точками 1 - 1' и 2 - 2' (рис. 2.7). Ворота обычно заполнены теодолитом, центрированным над начальной точкой (например, 1), а телескоп ориентирован так, что цель

центрируется в другой начальной точке (в данном случае 1'). Положение точки С фиксируется в заданной ориентации.

Средняя квадратическая ошибка створной засечки зависит от ошибок построения первого  $m_{C1}$  и второго  $m_{C2}$  створов, а также ошибки фиксации

$$m_C^2 = m_{см1}^2 + m_{см2}^2 + m_{\phi}^2 \quad (2.39)$$

Основными ошибками при проектировании каждой из целей являются ошибки в расположении начальных точек, ошибки в центрировании теодолита и целевых целей, ошибки в наведении и изменении фокуса телескопа при наведении на цель и целевую точку, т.е.

$$m_{см}^2 = m_{сц}^2 + m_{сц}^2 + m_{\psi}^2 + m_{\phi}^2 \quad (2.40)$$

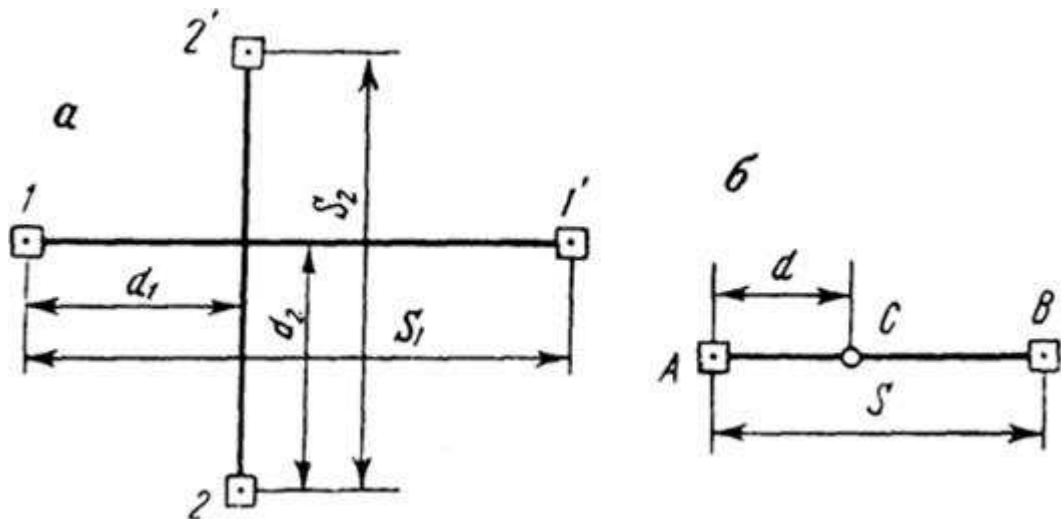


Рис. 2.7. Схемы разбивки способами створной (а) и створно-линейной (б) засечек

Ошибки в расположении начальных точек для указания ориентации существенны только в направлении, перпендикулярном ориентации, т.е. Одна из координат  $x$  или  $y$  для каждой ориентации. Их влияние определяется по формуле

$$m_{сц}^2 = m_{xy}^2 \cdot \left[ \left( 1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left( \frac{d}{S} \right)^2 \right] \quad (2.41)$$

где  $d$  - расстояние от точки установки теодолита до определяемой точки;  $S$  - расстояние между исходными точками (длина створа). Совместное влияние ошибок центрирования теодолита и визирной цели выражается формулой

$$m_{\text{в}}^2 = \frac{l^2}{2} \cdot \left[ \left( 1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left( \frac{d}{S} \right)^2 \right] \quad (2.42)$$

Если проанализировать формулы, то можно сделать вывод, что наименьшее влияние ошибки исходных данных и центрирования оказывает на положение конкретной точки в середине выравнивания. По мере приближения к исходным точкам эти ошибки возрастают.

Визуальная ошибка в угловом или линейном измерении рассчитывается по формулам.

При создании трассы вы должны дважды договориться: сначала в пункте назначения, в начальной точке, затем в пункте назначения, чтобы определить положение точки, которая будет использоваться совместно в трассе. В обоих случаях линейная величина визуального дефекта для конкретной точки пропорциональна расстоянию  $d$  от теодолита до этой точки. Следовательно, ошибка визирования (в мм) одинакова для целевых конструкций

$$m_{\text{виз}} = \frac{m_{\text{виз}}'' \cdot d \cdot \sqrt{2}}{\rho''} \quad (2.43)$$

или с учетом формулы

$$m_{\text{виз}} = \frac{20'' \cdot d \cdot \sqrt{2}}{\Gamma'' \cdot \rho''} \quad (2.44)$$

При построении створа приходится визировать на точки, расположенные от теодолита на разных расстояниях, что приводит к необходимости менять фокусировку трубы. Изменение хода фокусирующей линзы вызывает смещение визирной оси трубы и приводит к ошибке, которую необходимо учитывать при точных работах.

В современных высокоточных теодолитах ошибка из-за перефокусировки трубы примерно равна ошибке визирования. Поэтому для приближенных расчетов можно принять  $m_{\text{фок}} = m_{\text{виз}}$ . С учетом этого совместное влияние ошибок визирования и фокусирования при створных построениях может быть выражено формулой

$$m_{\text{виз.фок}} = \frac{20'' \cdot d \cdot \sqrt{3}}{\Gamma^{\times} \cdot \rho} \quad (2.45)$$

Для примера оценим точность разбивки проектного положения точки способом створной засечки, если точка находится посередине обоих створов. Примем  $d = 100$  м,  $\Gamma^{\times} = 25$ ,  $m_{xy} = 5$  мм,  $l = 1$  мм,  $m_{\phi} = 1$  мм.

Так как в каждом створе определяемая точка находится в одинаковых условиях, то достаточно сделать расчет для одного створа. Используя формулу, для ошибок исходных данных будем иметь

$$m_{\text{исх}} = \sqrt{5^2 \cdot \left[ \left(1 - \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \right]} = 3,5 \text{ мм}.$$

По формуле для ошибки центрирования получим

$$m_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left[ \left(1 - \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \right]} = 0,5 \text{ мм}.$$

На основании формулы для ошибок визирования и фокусирования запишем

$$m_{\text{виз.фок}} = \frac{20 \cdot 100000 \cdot \sqrt{3}}{25 \cdot 206000} = 0,7 \text{ мм}.$$

Общая ошибка разбивки с учетом ошибок двух створов будет равна

$$m_{\text{с}} = \sqrt{2 \left[ (3,5)^2 + (0,5)^2 + (0,7)^2 \right] + (1,0)^2} = 5,3 \text{ мм}.$$

В приведенном расчете наиболее существенной оказалась ошибка исходных данных.

Створно-линейный способ позволяет определить проектное положение выносимой в натуру точки  $C$  (рис. 2.7) путем отложения проектного расстояния  $d$  по створу  $AB$ .

### **3. Геодезическое оборудование и программное обеспечение, применяемое для разбивочных работ в транспортном строительстве**

#### **3.1. Геоинформационные системы**

Геоинформационная система (ГИС) – автоматизированная информационная система, предназначенная для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит геоинформация.

ГИС-Транспорт - автоматизированная система управления информацией для решения задач в области инвентаризации, планирования и управления железнодорожными и автомобильными транспортными системами.

ГИС может быть представлена в виде трехуровневой структуры, включающей системный уровень:

- сбор и первичная обработка информации;
- моделирование, хранение и обновление информации;
- представление.

Отличия ГИС от других автоматизированных систем:

- На уровне сбора информации ГИС они включают методы получения пространственно-временных данных, которые отсутствуют в автоматизированных системах управления (АСУ), технологии использования спутниковых навигационных систем, технологии реального времени и т. Д. ;

- На уровне хранения и моделирования ГИС они включают технологии пространственного анализа, использование цифровых моделей и видеобаз, а также комплексный подход к принятию решений.

- На уровне презентации ГИС дополняется технологиями ACS с интеллектуальной графикой, которые являются более доступными и понятными для руководства и государственных служащих.

ГИС-технологии используют три типа экспертных систем (ЭС):

- на уровне сбора информации - система автоматического распознавания образов при обработке фотографий или сканировании картографических изображений;

- на уровне моделирования - ЭС автоматизированной обработки картографических данных. Для анализа и принятия решений используются анализы ES атрибутивных данных, данных о пользовательских требованиях и т.д.

- на уровне представления данных - ES обобщение картографических изображений.

Как и в других автоматизированных системах, в качестве базовых моделей данных в ГИС используются инфологические (объектные), иерархические, реляционные и сетевые модели. Особенностью ГИС является наличие большого объема пространственной, временной и графической информации. Положение объектов ГИС определяется классом координатных (позиционных) данных. Класс данных атрибутов используется для определения временных параметров и организации описательной информации.

Источники данных ГИС:

- существующий топографический, геодезический и картографический материал;

- материалы дистанционного зондирования;

- данные измерений почвы;

- атрибутивные данные из предметной области.

Класс координатных данных отражает информацию метрики ГИС, представленную серией геометрических элементов: точек, линий, контуров и областей. Основной формой отображения координатных данных являются



цифровые модели. Графические модели используются для визуализации координатных данных.

Класс данных атрибута представляет собой набор временных и описательных данных из объектов ГИС. Данные атрибута обычно представлены в табличной форме.

Качество данных в ГИС определяется следующими особенностями:

- точность позиционирования;
  - точность атрибутов;
  - логическая последовательность;
  - полнота;
- происхождение.

Графическая среда и визуализация данных в ГИС основаны на векторных и растровых моделях. Функция организации графических данных в ГИС - поддержка оверлейных структур. Отличие от систем САПР состоит в том, что слои в ГИС могут быть векторными или растровыми. Векторные слои в ГИС являются слоями объектов, то есть содержат информацию об объекте, а не об отдельных элементах объекта, как в САПР.

Векторные модели могут быть топологическими (если они поддерживают графическую топологию) или нетопологическими.

ГИС может поддерживать как растровые, так и векторные фигуры для одновременного отображения графики. Такие ГИС называются гибридными.

Современная ГИС позволяет пространственное моделирование объектов и явлений.

При моделировании в ГИС выделяются следующие типы операций с данными:

- операции по преобразованию форматов данных и представлений;
- проекционные преобразования;
- анализ геометрических данных;

- оверлейные операции;
- функциональное моделирование операций.

Процессы преобразования формата и представления доступны в каждой ГИС и необходимы для обмена данными с другими автоматизированными системами.

Тип формата определяется используемым программным обеспечением и технологиями сбора данных. Конвертация форматов осуществляется с помощью конвертерных программ.

Графические данные могут иметь растровое или векторное представление и значительно различаться. Представление вектора имеет больше функций анализа, чем представление раstra. Преобразование растрового изображения в вектор (векторизация) является одним из наиболее важных при обработке графических данных в ГИС. Каждая ГИС содержит специальную программу векторизации - графический редактор. Существуют специальные программы векторизации.

Существует множество систем координат для определения положения объектов в пространстве. Различные математические модели - картографические проекции - используются для представления поверхности Земли в одной плоскости. Группа математических ГИС-процедур, которые переносятся из одной системы координат в другую, из пространственной системы координат в проекцию карты или из проекции карты в другую, называется преобразованием проекции.

Особенностью цифровых карт в ГИС является возможность организовывать их в виде множества слоев (покрытий или подложек карт). Главное с оверлейными операциями — это наложение противоположных слоев с образованием производных объектов и наследованием атрибутов.

С помощью программного обеспечения ГИС вы можете выполнять ряд операций геометрического анализа. Для векторных моделей такими операциями

являются определение расстояний, длин кривых, площадей фигур; Преобразование точек объекта и т.д.

В ГИС используются различные аналитические операции: расчет и построение буферных зон, сетевой анализ, обобщение, цифровое моделирование и т.д. Развитие автоматизированных методов обработки пространственной информации привело к новому направлению в моделировании - цифровому моделированию. Основными элементами цифрового моделирования являются: цифровая модель рельефа (DEM), цифровая модель местности (DTM), цифровая модель объекта (DTM).

Цифровые модели широко используются в ГИС, САПР и АСУ.

ЦФС – это автоматизированные компьютерные системы обработки данных дистанционного зондирования, служащие для получения координатных данных, цифровых карт, ЦММ, ЦМР и ЦМО.

Развитие технологий цифровых карт привело к появлению электронных карт. Они обеспечивают динамическую визуализацию цифровых карт с использованием видеомониторов и соответствующего программного интерфейса. Электронные карты могут создаваться как в виде электронных атласов, так и в качестве навигационных систем. Они часто используются для определения местоположения движущихся транспортных средств (режим реального времени). По сути, электронные карты могут быть классифицированы как специализированная ГИС.

Работа с информацией в ГИС осуществляется рядом программ, управляемых конкретной операционной системой. ГИС обычно состоит из двух основных частей: графического редактора и системы управления базами данных (СУБД). В каждой ГИС выполняются:

- ввод и вывод информации;
- Управление графическими и тематическими базами данных, обеспечение связи между этими базами данных для правильной и синхронной работы с объектами. Управление - это создание и доработка базовой структуры, поиск

информации в базах данных, сортировка, редактирование и обновление информации, вывод информации о потребностях и ряд других процессов.

- визуализация информации, d. Н. Визуальное представление (отображение) информации, хранящейся в цифровом виде в графических и тематических базах данных на экране монитора; Однако информация может отображаться на экране в виде картографического изображения, а также в виде таблиц, графиков, диаграмм и т.д., Причем отображаются результаты анализа информации.

- работа с картографическим изображением: перемещайте его в любом направлении; Масштабирование Настройка элементов дизайна изображения (цвет, тип линий и т.д.); Окно управления на экране; Редактирование изображений и т.д .;

- общий анализ графической и тематической информации для выявления взаимосвязей и закономерностей между объектами и явлениями, а также динамики развития определенных процессов. Основной целью создания ГИС для железнодорожного и автомобильного транспорта является предоставление комплексных областей согласованной информации по всем направлениям деятельности. Благодаря мощным инструментальным средствам ГИС вы можете интегрировать любую базу данных и существующие автоматизированные системы инвентаризации, проектирования и управления. Информация, полученная через ГИС, в свою очередь успешно используется в автоматизированных системах инвентаризации (сертификации), САПР и АСУ.

### **3.2. Современные методы разбивочных работ при строительстве автомобильных дорог**

Использование современных методов топографической съемки значительно повышает производительность труда, упрощает и сокращает время обработки результатов измерений, устраняет ошибки производительности, возникающие при визуальном отборе проб, и регистрирует результаты измерений в журналах и расчетах.

К таким методам можно отнести съемки с помощью:

- спутниковых радионавигационных систем (СРНС);
- лазерных сканеров;
- комплексных систем;
- электронных тахеометров;
- объединенных систем.

### **3.2.1. Спутниковые радионавигационные системы**

В настоящее время спутниковые радионавигационные системы (СРНС) часто используются в геодезии, что требует знания положения объектов в космосе. К ним относятся глобальная система GPS NAVSTAR (навигационная спутниковая система синхронизации и глобального позиционирования - США) и ГЛОНАСС (навигационная спутниковая система GLOBAL - Россия). Европейские страны разрабатывают еще одну аналогичную систему Galileo. Спутниковая система NAVSTAR GPS (GPS для краткости) является сегодня самой распространенной и распространённой. Система состоит из трех секторов: космического сектора, наземного сектора управления и пользовательского сектора.

Космический сектор состоит из 24 искусственных спутников Земли, вращающихся вокруг Земли по шести круговым орбитам на высоте около 20 183 км, что соответствует периоду вращения, соответствующему половине звездного дня (11 ч 57 мин 58,3 с). Наклонение орбиты  $-55^\circ$ . Кроме того, если нет препятствий, одновременная видимость на высоте более  $15^\circ$  от 4 до 11 спутников гарантируется повсюду на Земле.

Каждый спутник имеет: водородный стандарт частоты и времени, который генерирует опорную частоту 10,23 МГц с ежедневной нестабильностью 10-14-10-15 и высокочастотные несущие частоты L1 и L2, радиопередатчик (для отправки сигналов потребителям) и один Приемник (для получения информации) генерируется из зоны наземного контроля). Также имеется

встроенный компьютерный процессор, солнечные батареи, батареи, системы ориентации и коррекции циркуляции.

Сектор наземного управления определяет параметры орбит и ошибок спутниковых часов, табулирует навигационную информацию для спутников и контролирует работу технического оборудования системы. Сектор включает в себя главный пост управления, станции слежения, посты управления. Пользовательский сектор состоит из множества технических устройств, расположенных на поверхности земли, в воздухе или в околоземном космическом пространстве, которые получают информацию со спутников для измерения параметров, которые связывают положение пользовательского оборудования с местоположением спутников. Координаты получателя пользователя и, при необходимости, скорость его перемещения получают путем обработки измеренных параметров.

Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС разработана в 70-е годы на основе опыта эксплуатации предшествующей доплеровской СРНС "Цикада". Первые спутники системы ГЛОНАСС ("Космос-1413", "Космос-1414" и "Космос-1415") были запущены в 1982 г. Далее сеть спутников наращивалась с темпом 1 – 2 запуска в год. В 1988–1991 гг. началась эксплуатация системы. С 1995 г. Она используется для гражданского применения. Параметры системы ГЛОНАСС приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры СРНС

Тип системы	ГЛОНАСС	GPS
Число ИСЗ в системе	24	24
Число орбит	3 (через 120°)	6 (через 60°)
Число ИСЗ на орбите	8 (через 45°)	4 (через 90°)
Тип орбиты	Круговая	Круговая
Высота орбиты	19 100 км	20 145 км
Наклонение орбиты	64,8°	55°
Период обращения	11 ч 15 мин 44 с	11 ч 57 мин 58,3 с
Система координат	ПЗ-90	WGS-84

В системе ГЛОНАСС частоты, испускаемые спутниками, также модулируются кодами измерения расстояния и навигационными сообщениями. В отличие от GPS, коды всех спутников одинаковы, а разделение сигналов от разных спутников осуществляется по частоте.

Для проведения измерений датчик устанавливается на штатив или 1,5-метровый стержень (рис. 3.1), с помощью которого проводятся краткосрочные измерения. Приемник управляется через клавиатуру и дисплей контроллера (рисунок 3.2).



Рисунок 3.1. Пример установки датчика



Рисунок 3.2. Комплект: приемник TOPCON HIPER VR UHF/GSM и контроллер FC-500

Результаты измерений сохраняются на жестких дисках и обрабатываются на ПК с использованием специального программного обеспечения.

### 3.2.2. Разбивка круговой кривой электронным тахеометром

Использование электронных тахеометров также в контексте традиционных технологий для создания проектно-изыскательских работ позволило существенно изменить технологию инженерно-геодезических работ при изыскательских работах. А использование системы выравнивания SAURO на грейдерах и дорожных покрытиях выходит на совершенно новый уровень в дорожном строительстве.

Возможности современных электронных тахеометров для внутреннего производства таковы, что при использовании одного инструмента несколько основных технологических цепочек, которые используются в контексте традиционных технологий измерения дорог, могут быть немедленно заменены



Рисунок 3.3. Инженерный тахеометр SOKKIA FX-101





Рисунок 3.4. Роботосканер TOPCON GTL-1003

Среднеквадратичная ошибка измерения вертикальных углов тахеометров обеспечивает тригонометрическое выравнивание пути с точностью, значительно превышающей нормированную допустимую точность двойного геометрического выравнивания дорог  $\pm 100$  мм. Таким образом, использование электронных тахеометров для выравнивания технологии Успешная замена геометрического продольного выравнивания дорог и возможность определять не только излишки, но и сразу же высоту точек, записанных на магнитных носителях, устраняет все рутинные операции, связанные с чтением образцов, записью в полевых отчетах и последующей их обработкой вручную. Это приводит к значительному увеличению производительности полевых работ и значительному повышению качества полевых измерений.

Используя электронный тахеометр в качестве основного геодезического инструмента при выполнении изыскательских работ в рамках традиционного проекта, вы можете заменить следующие необходимые цепочки процессов: трассировка; поломка пикета; измерение полосы движения; продольное выравнивание вдоль оси пути; разбивка и регистрация диаметров.

Использование электронных тахеометров для измерения дорог может быть завершено, когда все технологические цепочки, перечисленные выше, были заменены, или частично, если дорога уже пройдена. В последнем случае электронный тахеометр измеряет только длину линий вдоль маршрута (вместо разборки пикетов) и тригонометрическое продольное выравнивание маршрута (вместо двойной геометрии). Также можно использовать электронную общую станцию слежения с обозначением характерных точек местности вдоль маршрута через охранники и точек с надписями на щитках расстояний от устройства с использованием портативных радиопередатчиков типа «Алан 39» и т. Д. использовать. , В этом случае продольное выравнивание дорожки может быть выполнено посредством обычного двойного геометрического выравнивания. Выравниватель, который прошел курсы дистанционного обучения по гидравлике, просто необходим в любой дорожной организации.

При трассировании автомобильных дорог с использованием электронного тахеометра учитывают следующие особенности:

- Расстояние между станциями (оборудование стоянки) при навесе длинных линий составляет не более 500-700 м (максимальное расстояние при работе с небольшим отражателем).
- Следующая станция удаляется путем размещения угла  $180^\circ$  вдоль ножки горизонтального круга с двумя кругами теодолита. Надежная сторожка и точка врезаны в землю. Небольшой отражатель прикреплен к стойке и штативу над точкой, которая находится в центре и перпендикулярно.
- Замены производятся через равные промежутки по длине каждого участка маршрута.
- Подвешивание линий между станциями с установкой запасных частей выполняется с использованием тахеометрического этапа с небольшим отражателем, в то же время создавая тригонометрическое продольное выравнивание трассы. Разрешенные висячие линии на обычной улице;
- В верхней части углов поворота измерения углов выполняются как обычно с полным приемом.

При тригонометрическом продольном нивелировании трассы с помощью электронного тахеометра учитывают следующие особенности:

- Высоты передаются от станции к станции с помощью двух кругов теодолита. В этом случае учитывается разница высот между устройством и небольшим отражателем на штативе.
- При выравнивании абсолютных высот системы \* на каждой станции абсолютная высота соответствующей станции заносится в память тахеометра. В этом случае абсолютные высоты всех характерных точек маршрута сразу же получаются во время последующего нивелирования;
- Выравнивание выполняется с помощью небольшого отражателя, прикрепленного к тахеометру телескопа. Перед выравниванием на каждой станции высота отражателя на тахеометре устанавливается равной высоте устройства.
- При продольном выравнивании трассы определяются высоты следующих характерных точек, которые обозначены на площадке сторожками или сторожками и точками: характерные полочки; Точки местности с уклоном не менее 80-100 м; Национальные границы; Пересечения воздушных и подземных коммуникаций; пересеченные улицы; самые низкие точки в журналах; Водопроводные трубы из постоянных ручьев; Точки, где требуется перекрестное исследование; Основные точки маршрута (начало и конец кривых перехода, круговые кривые и центры кривых);
- Продольное выравнивание выполняется по главной цепи теодолита, в результате чего результаты измерений записываются в полевой отчет или результаты измерений в электронном полевом отчете на магнитном носителе.
- Разбивка горизонтальных кривых выполняется при выравнивании кривых характерных точек маршрута. Разделение кривых на открытой местности обычно выполняется по методу полярных координат с установкой тахеометра на верхнем краю угла или в основных точках маршрута. В закрытых областях горизонтальные кривые обычно разбиваются с использованием метода прямоугольных координат.

Если слежение за дорогой осуществляется как самостоятельный этап, рекомендуется одновременно разбить и отметить характерные точки маршрута, разделить горизонтальных кривых и измерение полосы движения.

#### 4. Методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования

##### 4.1 Общие положения

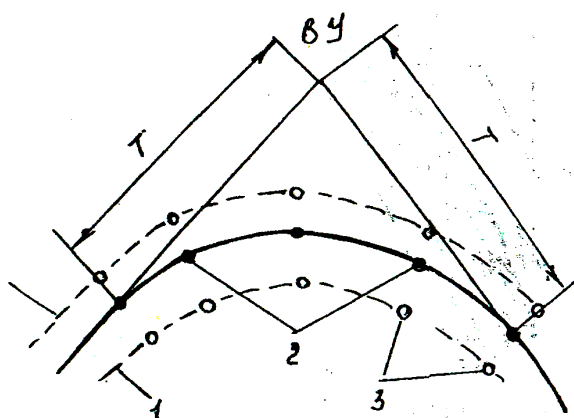
При установке выносных столбов и кольев в одну сторону расстояние между столбами должно быть не менее 20 м, а между кольями - 10 м.

На прямых участках выносными столбами закрепляются осевые точки (стоянки инструмента СТ) не реже, чем через 1 км, выносными кольями - осевые точки всех четных пикетов.

В холмистой местности выносные столбы устанавливаются не более, чем через 500 м, выносные колья - через 100 м.

При детальной разбивке кривых промежуточные точки устанавливаются через 20 м.

На криволинейных участках трассы столбы ставятся через 500 м, а выносные колья - через 200 м на линии, перпендикулярной касательной к кривой (рисунок 4.1).



1- граница полосы отвода;

2- пикет;

3- новые кольца с отметками.

Рисунок 4.1 – Схема закрепления оси дороги на криволинейном участке трасы

Круговые и переходные кривые разбивают способами прямоугольных координат от хорд, продолженных хорд, продолженных касательных, способом углов и т.п.

#### 4.2 Детальная разбивка теодолитом

Детальная разбивка горизонтальных круговых кривых в стесненных условиях предпочтительно производится по прямоугольным координатам от хорд (рисунок 4.2) последовательно, начиная от начала кривой НК, середины СК или конца кривой КК. При разбивке теодолитом, установленным в одной из этих точек, от известного направления линии АВ (НК-ВУН) откладывают полярный угол  $\gamma/2$  найденный по таблицам.

По направлению визирной оси откладывают расстояние  $a$ , соответствующее принятой длине хорды, от которой по табличным значениям прямоугольных координат  $X$  и  $Y$  строят точки на кривой.

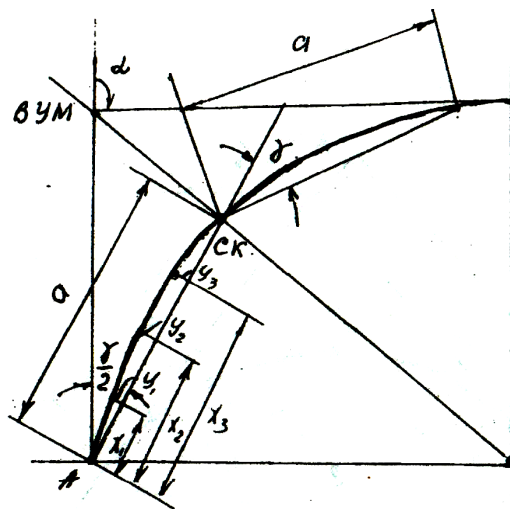


Рисунок 4.2 – Разбивка кривой по способу прямоугольных координат от хорд

Способ продолженных хорд применяют в условиях, когда невозможна разбивка методом прямоугольных координат.

При разбивке круговых кривых (рисунок 4.3) по радиусу  $R$  кривой и заданной длине  $S$  хорды по таблицам находят длины  $K$  и  $У$  отрезков.

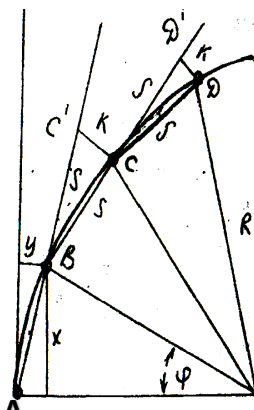


Рисунок 4.3 – Разбивка кривых способом продолженных хорд

Положение первой точки  $B$  на кривой определяют линейной засечкой с базиса  $AN-S$ , откладываемого лентой по направлению тангенса  $AM$ . Удерживая в точке  $A$  начальный штрих ленты, а в точке  $N$  начальный штрих рулетки, засекают радиусами-векторами  $AB = S$  и  $NB = У$  точку  $B$ . Закрепив точку  $B$  на местности, протягивают ленту по продолжению хорды  $AB$  и в точке  $C'$  и на расстоянии  $BC' = S$  ставят шпильку; на полученном базисе  $BC'$  определяют положение второй точки  $C$  на кривой линейной засечкой отрезками  $BC' - S$  (при помощи ленты) и  $C'C - K$  (при помощи рулетки).

Для построения следующей точки продолжают хорду  $BC$ , откладывают на продолжении базис  $S$ : с последнего засекают точку  $D$  теми же радиусами-векторами  $S$  и  $K$  и т.д.

Переходные кривые на местности способом продолженных хорд разбивают, когда невозможно применить способ прямоугольных координат.

От тангенса по табличным значениям координат  $X_1$  и  $Y_1$  находят точку  $A$  (рисунок 4.4). В точках  $O$  и  $A$  выставляют вехи и по ним провешивают продолжение первой хорды  $S_1$ . На продолжении хорды от точки  $A$  откладывают

величину  $a_2 = S_2 \cos \delta_1$ , из точки  $A_1$  восстанавливают перпендикуляр  $\delta_2 = S_2 \sin \delta_1$ .

В результате засечки хордой  $S_2$  получают точку  $B$ , в которой устанавливают веху. По вехам в точках  $A$  и  $B$  задают направление следующей хорды  $S_2$  и на ее продолжении откладывают величину  $a_3 = S_3 \cos \delta_2$ .

Разбивку продолжают до конца переходной кривой.

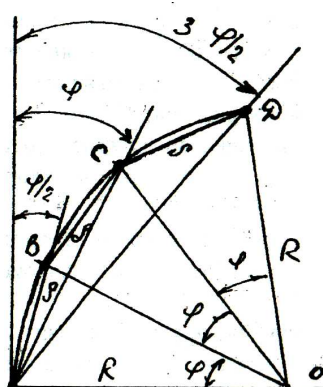


Рисунок 4.4 – Разбивка переходных кривых способом продольных хорд

Значения  $a_2$ ,  $B_2$ ,  $a_3$ ,  $v_3$  и т.д. необходимые для разбивки переходной кривой, следует вычислить перед выполнением разбивки.

Способ углов (рисунок 4.5) рекомендуется при разбивке небольших по протяжению переходных или круговых кривых, также при разбивке кривых на насыпи или в выемке при реконструкции дорог.

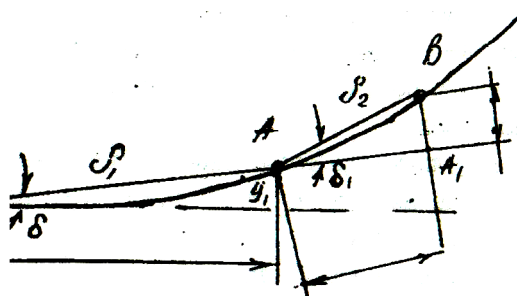


Рисунок 4.5 – Разбивка кривых способом углов

При разбивке по этому способу в точке  $A$  начала кривой устанавливают угломерный инструмент и от направления касательной (тангенса)  $AM$ ,

совместив предварительно нули лимба и алидады, откладывают полярный угол  $\varphi/2$ . Отложив по направлению визирного луча отрезок  $S$ , получают точку  $B$  кривой. Затем поворачивая алидаду на угол  $\varphi$  (от направления  $AM$ ) и совместив начало ленты с точкой  $B_1$  по направлению визирной оси теодолита откладывают расстояние  $S$  от точки  $B$  и получают точку  $C$  кривой и т.д. В точках  $A, B, C, D$  забивают колья.

При способе углов пользуются таблицами для разбивки кривых, в которых приводятся значения  $S$  и  $\varphi$  при различных параметрах круговых или переходных кривых.

Разбивку и восстановление клотоидных трасс автомобильных дорог выполняют:

- прямоугольными координатами от линии тангенса;
- прямоугольными координатами от хорды, проведенной под углом к линии тангенса;
- способом полярных координат;
- способом углов и хорд;
- способом нормалей, проведенных к клотоидной кривой от линии тангенса.

Разбивка первыми четырьмя способами производится по таблицам для проектирования к разбивке клотоидных трасс автомобильных дорог.

Для восстановления клотоидных трасс и их детальной разбивки наиболее рационален способ нормалей к кривой, позволяющий одновременно устанавливать на местности точки оси трассы и необходимые точки поперечников.

Разбивку способом нормалей к кривой ведут в такой последовательности:

- от начала (конца) клотоидной кривой по направлению к главной касательной (рисунок 4.6) откладывают последовательно с заданным интервалом величины абсцисс:

- закрепляют найденные точки на местности;



- в каждой из найденных точек последовательно устанавливают теодолит и откладывают угол  $\varphi$  от направления на начало (конец) клотоидной кривой;

- по полученному направлению откладывают величину и выносят в натуру точки поперечника;

Величины  $\lambda, \varphi, \mu$  предварительно перед началом работы вычисляются в соответствии с рабочими чертежами клотоидных кривых технорабочего проекта лесовозной дороги и выписываются в виде таблицы.

Выноски на местности закрепляются кольями.

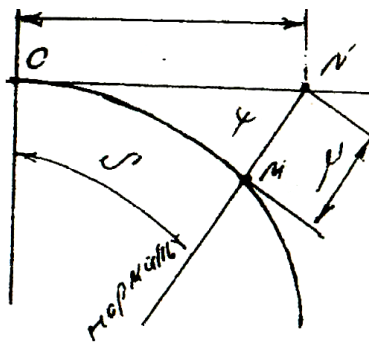
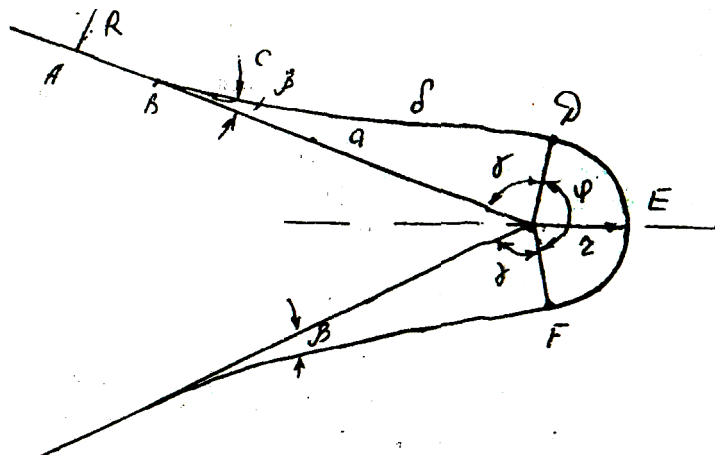


Рисунок 4.6 – Схема разбивки клотоиды способом нормалей и кривой

Разбивку серпантин на автомобильных дорогах выполняют комбинированным способом. Исходными данными для разбивки (рисунок 4.7) являются: угол поворота трассы  $\alpha$ ; радиус основной кривой  $r$ ; радиусы сопрягающих кривых  $R$ ; величина вставок  $\delta_{и} = CD = GF$ .



## Рисунок 4.7 – Разбивка элементов серпантин

Детальная разбивка серпантин по способу прямоугольных координат выполняется в следующей последовательности:

- в вершине угла поворота  $O_1$  (см. рисунок 5.8) устанавливается теодолит и строится угол  $\angle GO_1C_1 = \alpha/2$ ;
- направление  $GO_1C_1$  закрепляется на местности вехами, отстоящими одна от другой на 10-15 м;

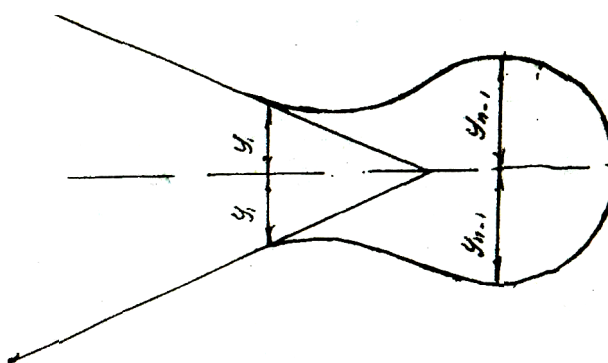


Рисунок 4.8 – Разбивка серпантин по методу прямоугольных координат

- от вершины угла до начала координат откладывается расстояние  $O_1=0$ , взятое из таблиц по разбивке серпантин;
- от начала координат (точка O) в сторону точки  $C_1$  откладывается расстояние  $OS_1$ , равное  $X_1$ . Затем в точке S с помощью эккера строятся углы  $\angle OSL_1$  и  $\angle OSN_1$  равные  $90^\circ$ . По направлениям  $SL_1$   $SN_1$  откладывают величины ординат Y (SL и SN), взятые из таблиц по разбивке серпантин при значениях  $X_1$  равном  $X_1$ ;
- от начала координат в сторону точки C откладывается расстояние AO, равное  $X_{max}$ ;
- от точки O в направлении  $OC_1$  и OC откладывается величина абсцисс ( $X_1... X_{n-1}$ ).

Углы поворота закрепляются четырьмя знаками: в вершине угла на месте стоянки угломерного инструмента забивается кол вровень с землей; на

расстоянии 2 м по направлению наружной биссектрисы закапывают угловой лимб; на продолжении сторон угла, за пределами возможных при постройке дороги земляных работ, ставятся столбы. Малые углы поворота можно закреплять двумя столбами, поставленными по наружной биссектрисе угла.

Если угловые столбы отсутствуют, углы поворота закрепляют так же, как и пикетажные точки, с обсыпкой их конусом земли высотой 0,5 м и диаметром 1,3 м или устраивают, каменную наброску.

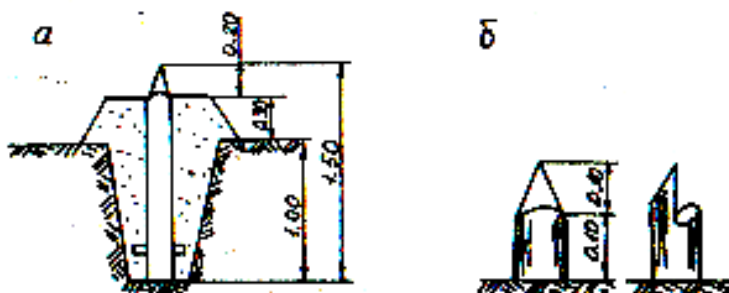
Кол забивают вровень с землей и вокруг него выкапывают канавку глубиной 10-15 см, радиусом 0,7-0,8 м.

На закрепительных знаках, в том числе и на угловых столбах, делается надпись краской. В надписи указывается сокращенное наименование организации производящей восстановление трассы дороги, номер закрепленного знака и прочие надписи в зависимости от назначения закрепительного знака.

Выносные точки указываются нивелировкой с соответствующими им точками на оси.

На виражах, переходных кривых, уширениях отгонов, серпантинах ось дороги закрепляют в соответствии с местоположением и рельефом местности. Реперы при закреплении трассе дорог бывают двух типов: постоянные и временные. В качестве постоянных реперов используются цоколи каменных зданий постоянного типа, устои мостов; в качестве временных реперов используются металлические трубы или деревянные столбы, устанавливаемые в грунте.

В дорожном строительстве обычно применяют временные деревянные реперы в виде столбов с крестовиной внизу и с вырубкой в них небольшой горизонтальной площадки или отрезки рельсов.



#### Рисунок 4.9 – Высотное обоснование трасс автомобильных дорог

Длина деревянных реперов должна быть не менее 1,5 м. В землю репер закапывают на глубину не менее 1,0 м и во всех случаях ниже глубины небольшого промерзания.

Расстояние между реперами должно быть на пересеченной местности не более 1 км, в равнинной местности - 3 км.

Кроме того, реперы ставят вблизи искусственных сооружений, на переходах рек, на обоих берегах, у насыпей выше 5 м глубже 5 м.

Реперы устанавливают в местах, не подверженных затоплению, размыву, оползням и другим изменениям, а также вне пределов производства земляных работ. Во всех случаях обеспечивается сохранность реперов до окончания всех строительных работ.

### 4.3 Детальная разбивка тахеометром

Тахеометры содержат режим позволяющий задать дугу по различным параметрам, например, по координатам точки «Начало кривой» и вынести эту дугу и точки (смещения) вдоль нее.

Дуга определяется следующими параметрами: радиусом дуги, углом, координатами точек «Начало кривой», «Центр», «Конец кривой» и др. Дуга также может быть определена путем выполнения наблюдений на эти точки.

1. Прибор устанавливается в любое удобное место с которого просматривается разбиваемая дуга.
2. Необходимо ввести данные о станции и величину дирекционного угла.
3. Ввести данные для точки «Начало кривой». Навести прибор на начало кривой и зафиксировать измерение. Или выбрать координаты из памяти прибора.

4. Ввести данные для точки «Конец кривой». Навести прибор на конец кривой и зафиксировать измерение. Или выбрать координаты из памяти прибора.

5. Ввести остальные параметры. Направление (направо или налево поворачивает дуга от точки НК, Радиус (радиус дуги), Угол (стягивающий дугу угол), Дуга (расстояние вдоль дуги), Хорда (прямая линия от точки НК до точки КК, Танг, (длина касательной от точки их пересечения до точки КК или точки НК, НК-ВУ (азимут тангенса от точки начала кривой до точки пересечения касательных).

После введения этих величин вычисляются:

[Коорд КК]: координаты точки «Конец кривой».

[Центр]: Запись вычисленных координат точки «Центр кривой»

[Зап ВУ]: Координаты точки пересечения касательных.

6. Визируя прибор на отражатель определить его положение относительно рассчитанных проектных точек. На дисплее прибора показываются расположение отражателя, проектной точки, величина смещения этих точек друг относительно друга. Перемещая отражатель добиться его совмещения с точками кривой в пределах допустимой величины отклонения.

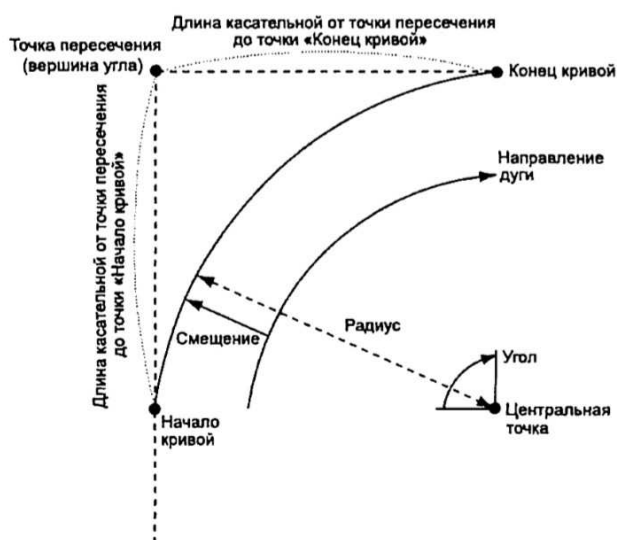


Рисунок 4.10 – Схема выноса круговой кривой тахеометром

#### 4.4 Детальная разбивка GNSS оборудованием

Прежде чем начать, настраивают параметры навигационного дисплея. Выполнить разбивку можно относительно ЦММ или проектных отметок, если это необходимо.

1. Выбрать в меню функцию Разбивка / Дуги.
2. Выбрать метод разбивки.

- Способ «К ближайшей точке дуги»

Координаты положения приемника (1) измеряются относительно заданной дуги (2)

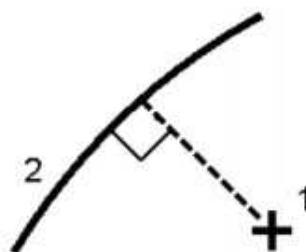


Рисунок 4.11 – Схема выноса способом к ближайшей точке дуги

- Способ «Пикеты на дуге»

Разбивка точек (1) на заданной дуге производится с заданным интервалом (2) вдоль дуги.

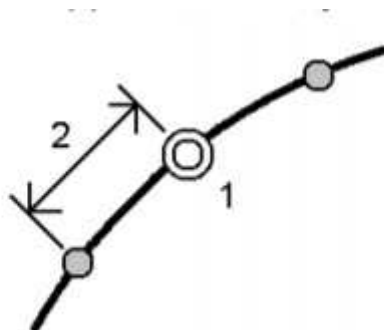


Рисунок 4.12 - Схема выноса способом пикетов на дуге

- Способ «Пикеты со сдвигом от дуги»

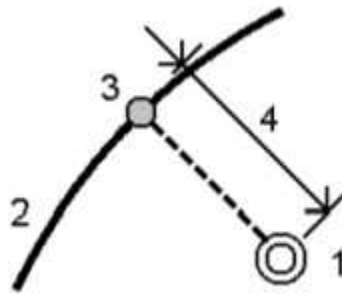


Рисунок 5.12 - Схема выноса способом пикетов со сдвигом от дуги

Разбивка точек (1) по перпендикуляру к пикетам (3) на заданной дуге (2) со сдвигом в плане влево или вправо на определенное расстояние (4).

- Способ «Сдвиг пикета/разворота от дуги»

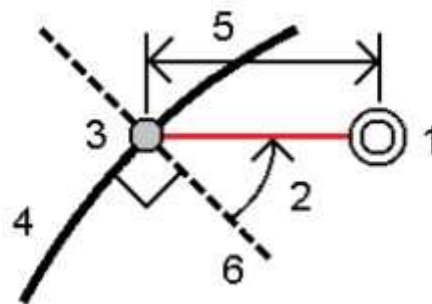


Рисунок 4.13 - Схема выноса способом сдвига пикета

- Способ «Вершина правого поворота дуги»

Разбивается точка пересечения (1) дуги (2)

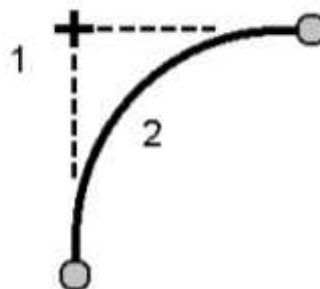


Рисунок 4.14 - Схема выноса способом вершина правого поворота дуги

- Центральная точка дуги Разбивка центральной точки (1) заданной дуги (2).

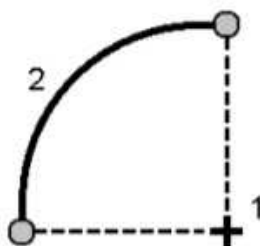


Рисунок 4.15 - Схема выноса способом центральной точки дуги

3. Ввести высоту антенны или высоту цели, значения пикетов для разбивки и дополнительную информацию, например сдвиг в плане и по высоте.

4. Когда точка будет находиться в пределах допуска, измерить ее. На дисплее контроллера отображается положение приемника относительно дуги и вертикальное расстояние.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работы были достигнуты следующие цели:

- Разработаны методические указания для детальной разбивки горизонтальных круговых кривых в различных условиях рельефа с использованием современного геодезического оборудования.
- Изучены существующие виды круговых кривых и способы их детальной разбивки;
- Изучены геодезическое оборудование и программное обеспечение, используемое для производства разбивочных работ;
- Изучены способы подготовки данных для детальной разбивки круговых и переходных кривых.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТТК. Геодезические разбивочные работы при строительстве автомобильных дорог – Москва
2. ВСН 5-81 Инструкция по разбивочным работам и строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений – Введ. 01.10.1983 – Москва : Минавтодор РСФСР- М.: Транспорт, 1983. – 104 с.
3. Власов Д. И. Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах : пособие при изысканиях, проектировании и строительстве ж.д. / Д. И. Власов, В. Н. Логинов – Москва : Транспорт, 1968. – 519 с.
4. ГОСТ 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 04.09.2001 - Москва : Стандартиформ, 2008. – 22 с.
5. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям – Введ. 01.01.2015 – Москва : Стандартиформ, 2014 – 34 с.
6. ГОСТ Р 52398–2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования – Введ. 01.06.2006 – Москва : Стандартиформ, 2006 – 30 с.
7. ГОСТ Р 52399–2005 Геометрические элементы автомобильных дорог - Введ. 01.05.2006 – Москва : Стандартиформ, 2006 – 44 с.
8. ГОСТ Р 51794-2008 Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек – Введ. 31.08.2009 – Москва : Стандартиформ, 2009 – 16 с.
9. ГКИНП 01-271-03 Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS – Введ. 13.05.2013 – Москва : Роскартография, 2003.

10. ГКИНП-07-11-84 Инструкция об охране геодезических пунктов – Введ. 01.01.1985 – Бюллетень нормативных актов Министерств и ведомств №4, 1985 – 39 с.
11. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS – Введ. 01.03.2002 – Москва : ЦНИИГАиК, 2002.
12. ГКИНП-03-010-03 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов – Введ. 01.02.2004 – Москва : Роскартография, 2004.
13. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства – Введ. 01.01.1998 – Москва : ПНИИИС Госстроя России, 1997.
14. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 . ГКИНП-02-033-82 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 – Введ. 01.01.1983 – Москва : Недра, 1982.
15. Инструкция по межеванию земель – Введ. 08.04.1996 – утвержден Госкомзем России.
16. ВСН 208-89 Инженерно-геодезические изыскания железных и автомобильных дорог – Введ. 01.06.1990 – Москва : Минстрой СССР, 1990.
17. ВСН 4-81 Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах – Введ. 01.01.1982 – Москва : Транспорт, 1981.
18. РТМ 68-13-99 Условные графические изображения в документах геодезического и топографического производства – Введ. 01.02.2000 – Москва : ЦНИИГАиК, 2000.
19. РТМ 68-14-01 Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения – Введ. 01.07.2001 – Москва : ЦНИИГАиК, 2001.
20. Б-02-3469 Об использовании тахеометров при крупномасштабной съемке – Введ. 27.11.2001.

21. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям – Введ. 01.01.2015 – Москва : Стандартинформ, 2015.
22. Космическая геодезия : учеб. для геодез. спец. вузов / В. Н. Баранов, Е. Г. Бойко, И. И. Краснорылов. – Москва : Недра, 1986 – 406 с.
23. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. ч. 1. – Москва : Транспорт, 1987. — 368 с.
24. Инженерная геодезия : учеб. для студентов вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман – Москва : Высшая школа, 2000 – 464 с.
25. Филиппов М.В., Янкуш А.Ю. Сравнение GPS и традиционных методов геодезических работ// Геодезия и картография. 1995. № 9. С.15-19.
26. О концепции перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений // геодезия и картография. – 1998 – Т.59 - №3 – 5 с.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
  
подпись В. В. Серватинский  
инициалы, фамилия

« 02 » июля 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.15 «Автомобильные дороги»**

«Способы детальной разбивки горизонтальных кривых  
при строительстве автомобильных дорог»

Руководитель



подпись, дата

должность, ученая степень

Е. В. Горяева  
инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Г. Оганесян  
инициалы, фамилия

Красноярск 2020