

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра городского кадастра

**О.Ф. Кузнецов**

# **ПРАКТИКУМ ПО ГЕОДЕЗИИ**

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Оренбург  
2019

УДК 528.7(076.5)

ББК 26.13я7

К89

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.П. Трубин;

профессор, доктор геолого-минералогических наук П.В. Панкратьев.

**Кузнецов, О.Ф**

К 89

Практикум по геодезии: учебное пособие / О.Ф. Кузнецов ;  
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 185 с

В учебном пособии изложены задачи и упражнения по геодезии и геодезическом обеспечении в строительстве. Все типовые задачи сопровождаются схемами и подробными решениями, на все задачи даны ответы.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, может быть рекомендовано преподавателям и инженерно-техническим работникам строительных специальностей.

УДК 528.7(076.5)

ББК 26.13я7

© Кузнецов О.Ф., 2019

© ОГУ, 2019

## Содержание

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                                                                              | 7  |
| 1.1 Масштабы.....                                                                                                                                                           | 9  |
| 1.1.1 Перевод численных масштабов в линейные.....                                                                                                                           | 9  |
| 1.1.2 Перевод линейных масштабов в численные.....                                                                                                                           | 9  |
| 1.1.3 Сравнение масштабов .....                                                                                                                                             | 10 |
| 1.1.4 Построение поперечных масштабов .....                                                                                                                                 | 10 |
| 1.1.5 Определение точности масштаба .....                                                                                                                                   | 12 |
| 1.1.6 Пользование поперечным масштабом .....                                                                                                                                | 12 |
| 1.1.7 Определение длины линии на местности по масштабу плана.....                                                                                                           | 13 |
| 1.1.8 Определение по масштабу плана длины линии, измеренной на местности .....                                                                                              | 14 |
| 1.2 Обозначение и закрепление точек на местности. Измерение линий .....                                                                                                     | 14 |
| 1.2.1 Измерение на местности линий стальной лентой или рулеткой, когда их фактическая длина не совпадает с номинальной длиной. Определение действительной длины линии ..... | 14 |
| 1.2.2 Определение абсолютной и относительной ошибки измерения линии на местности.....                                                                                       | 15 |
| 1.2.3 Определение допустимой предельной ошибки из двойного измерения линии стальной рулеткой или лентой и ее вероятнейшее значение.....                                     | 16 |
| 1.2.4 Приведение наклонных линий к горизонту.....                                                                                                                           | 17 |
| 1.2.5 Определение горизонтальной проекции линии по отметкам концов линии.....                                                                                               | 19 |
| 1.2.6 Введение в измеренную длину линии на местности поправок за компарирование, температуру и наклон линии к горизонту .....                                               | 20 |
| 1.3 Ориентирование линии .....                                                                                                                                              | 22 |
| 1.3.1 Переход от азимутов к румбам .....                                                                                                                                    | 22 |
| 1.3.2 Переход от румбов к азимутам .....                                                                                                                                    | 23 |
| 1.3.3 Построение с помощью транспортира азимутов и румбов на бумаге .....                                                                                                   | 24 |
| 1.3.4 Перевод истинных азимутов в дирекционные углы .....                                                                                                                   | 25 |
| 1.3.5 Определение горизонтального угла по дирекционным углам.....                                                                                                           | 26 |
| 1.3.6 Определение дирекционных углов сторон по исходному дирекционному углу и измеренным углам .....                                                                        | 27 |
| 1.4 Измерение углов .....                                                                                                                                                   | 30 |
| 1.4.1 Определение точности верньера теодолита .....                                                                                                                         | 30 |
| 1.4.2 Определение эксцентриситета алидады теодолита .....                                                                                                                   | 30 |
| 1.4.3 Определение коллимационной ошибки визирной трубы теодолита .....                                                                                                      | 31 |
| 1.4.4 Измерение горизонтальных углов способом «приемов» .....                                                                                                               | 32 |
| 1.4.5 Определение МО (место нуля) вертикального круга .....                                                                                                                 | 35 |
| 1.4.6 Измерение вертикальных углов .....                                                                                                                                    | 36 |
| 1.4.7 Определение величины угловой невязки в замкнутом полигоне теодолитного хода .....                                                                                     | 37 |
| 1.4.8 Определение величины допустимой угловой невязки в замкнутом полигоне теодолитного хода .....                                                                          | 38 |

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.9 Определение величины угловой невязки в теодолитном ходе, опирающемся на две твердые стороны .....                                                   | 38 |
| 1.4.10 Определение допустимой угловой невязки в теодолитном ходе, опирающемся на две твердые стороны .....                                                | 40 |
| 1.5 Прямоугольные координаты .....                                                                                                                        | 41 |
| 1.5.1 По координатам точки М определить четверть, в которой лежит эта точка .....                                                                         | 41 |
| 1.5.2 По знакам приращений координат определить четверть и им соответствующие значения дирекционных углов .....                                           | 42 |
| 1.5.3 Определение по дирекционному углу линии знаков приращений координат ..                                                                              | 43 |
| 1.5.5 Определение названия румба линии по знакам приращений координат .....                                                                               | 44 |
| 1.5.6 Вычисление приращений координат по румбам линий и горизонтальным проложениям .....                                                                  | 45 |
| 1.5.7 Определение приращений координат и их знаков по координатам конечных точек линии .....                                                              | 46 |
| 1.5.8 Определение по румбу линии, которое из приращений $\Delta x$ или $\Delta y$ больше по абсолютной величине .....                                     | 47 |
| 1.5.9 Определение по невязкам приращений координат грубых просчетов в измерении .....                                                                     | 48 |
| 1.5.10 Прямая геодезическая задача (решение при помощи пятизначных таблиц натуральных значений тригонометрических функций) .....                          | 49 |
| 1.5.11 Прямая геодезическая задача (решение при помощи калькулятора) .....                                                                                | 50 |
| 1.5.12 Обратная геодезическая задача (решение при помощи пятизначных таблиц логарифмов) .....                                                             | 52 |
| 1.5.13 Обратная геодезическая задача (решение при помощи калькулятора) .....                                                                              | 54 |
| 1.5.14 Определение размеров координатной сетки по координатам вершин полигона .....                                                                       | 55 |
| 1.5.15 Вычисление абсолютной величины линейной невязки в теодолитном ходе ..                                                                              | 56 |
| 1.5.16 Вычисление абсолютной величины допустимой линейной невязки в теодолитном ходе .....                                                                | 57 |
| 1.5.17 Определение допустимости абсолютной величины линейной невязки в теодолитном ходе .....                                                             | 58 |
| 1.5.18 Определение допустимости относительной невязки в теодолитном ходе .....                                                                            | 59 |
| 1.5.19 Определение допустимых невязок в приращениях координат теодолитного хода ..                                                                        | 60 |
| 1.5.20 Вычисление координат пунктов полигона .....                                                                                                        | 60 |
| 1.5.21 Привязка к опорным пунктам .....                                                                                                                   | 64 |
| 1.6 Геометрическое нивелирование .....                                                                                                                    | 69 |
| 1.6.1 Определение превышения одной точки над другой из нивелирования с односторонней рейкой при одной постановке нивелира .....                           | 69 |
| 1.6.2 Определение превышения одной точки над другой из нивелирования с односторонней рейкой при двух горизонтах нивелира .....                            | 69 |
| 1.6.3 Определение допустимой невязки в нивелирных ходах, проложенных между реперами или марками нивелирования высшего класса, или в замкнутых ходах ..... | 71 |
| 1.6.4 Определение превышения линии по отметкам конечных пикетов .....                                                                                     | 72 |
| 1.6.5 Определение уклона линии по отметкам крайних пикетов и горизонтальному                                                                              |    |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| положению между ними .....                                                                                                                                    | 73  |
| 1.6.6 Определение уклона линии по отсчетам на рейках и длине горизонтальной линии.....                                                                        | 74  |
| 1.6.7 Определение отметок точек проектной (красной) линии .....                                                                                               | 75  |
| 1.6.8 Определение искомой красной отметки пикета.....                                                                                                         | 76  |
| 1.6.9 Вычисление рабочих отметок .....                                                                                                                        | 77  |
| 1.6.10 Определение расстояния нулевой точки работ от ближайшего пикета .....                                                                                  | 77  |
| 1.6.11 Нивелирование трассы с односторонними рейками при двух горизонтах инструмента .....                                                                    | 79  |
| 1.6.12 Нивелирование трассы с двусторонними рейками.....                                                                                                      | 83  |
| 1.6.13 Разбивка кривых .....                                                                                                                                  | 90  |
| 1.6.14 Составление профиля по оси трассы, построение проектной (красной) линии, вычисление красных, рабочих отметок и точек нулевых работ.....                | 93  |
| 1.6.15. Геометрическое нивелирование поверхности по квадратам с одной станции                                                                                 | 96  |
| 1.6.16 Нивелирование поверхности по квадратам с нескольких станций .....                                                                                      | 98  |
| 2. Прикладная геодезия.....                                                                                                                                   | 102 |
| 2.1 Геодезические работы на строительной площадке в подготовительный период .....                                                                             | 102 |
| 2.1.1 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания полярным методом из одной опорной точки.....                          | 102 |
| 2.1.2 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания способом угловых засечек.....                                         | 105 |
| 2.1.3 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания от строительной координатной сетки .....                              | 106 |
| 2.1.4 Перенесение абсолютной отметки на репер строительной площадки с односторонней рейкой при двух положениях горизонта нивелира .....                       | 108 |
| 2.1.5 Перенесение абсолютной отметки на репер строительной площадки с двусторонней рейкой.....                                                                | 110 |
| 2.1.6 Вынесение в натуру точек с заданной проектной отметкой.....                                                                                             | 114 |
| 2.2 Геодезические работы при производстве работ нулевого цикла .....                                                                                          | 115 |
| 2.2.1 Составление картограммы земляных масс и подсчет объемов земляных работ .....                                                                            | 115 |
| 2.2.2 Геодезический контроль работы землеройных машин .....                                                                                                   | 117 |
| 2.2.3 Определение отметки дна глубокого котлована с помощью рулетки .....                                                                                     | 120 |
| 2.2.4 Передача отметки на репер глубокого котлована с помощью рулетки .....                                                                                   | 120 |
| 2.2.5 Передача отметки на репер в котловане .....                                                                                                             | 122 |
| 2.2.6 Перенесение на местность линии заданного уклона (по отсчетам по рейке) .....                                                                            | 123 |
| 2.2.7 Вычисление отметок пикетов и определение отсчетов по рейкам для перенесения на местность линии на одной прямой с вершинами пикетов на концах линии..... | 124 |
| 2.2.8 Придание площадке пола в промышленном здании наклонной плоскости.....                                                                                   | 125 |
| 2.2.9 Перенесение условной отметки на временный репер в котловане .....                                                                                       | 126 |
| 2.2.10 Нивелирование пути под башенный кран (с одной постановки нивелира)...                                                                                  | 127 |
| 2.2.11 Нивелирование пути под башенный кран (с двух постановок нивелира).....                                                                                 | 129 |

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.12 Нивелирование пути под мостовой кран .....                                                                                                  | 132 |
| 2.2.13 Определение условной отметки верха фундамента, расположенного ниже нулевого горизонта.....                                                  | 133 |
| 2.2.14 Перенесение на местность заданной наклонной линии для котлованов под стойки эстакады и определение глубины выемки грунта .....              | 134 |
| 2.2.15 Составление исполнительной высотной схемы верха стоек под эстакаду при помощи подвесной нивелирной рейки (с одной постановки нивелира)..... | 136 |
| 2.2.16 Составление исполнительной высотной схемы верха стоек под эстакаду при помощи подвесной нивелирной рейки (с двух постановок нивелира) ..... | 138 |
| 2.2.17 Исполнительная высотная схема верха фундаментов под оборудование .....                                                                      | 141 |
| 2.2.18 Исполнительная высотная схема котлована.....                                                                                                | 144 |
| 2.2.19 Исполнительная высотная схема фундаментов под колонны .....                                                                                 | 147 |
| 2.3 Геодезические работы при возведении надземной части зданий и сооружений                                                                        | 150 |
| 2.3.1 Передача условной отметки на высокую часть промышленного здания.....                                                                         | 150 |
| 2.3.2 Определение высот труднодоступных точек сооружений.....                                                                                      | 151 |
| 3 Литература, рекомендуемая для изучения тем.....                                                                                                  | 153 |
| Приложение А.....                                                                                                                                  | 154 |
| Приложение Б .....                                                                                                                                 | 158 |
| Приложение В.....                                                                                                                                  | 159 |

## **Введение**

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» составлено на основании Государственного образовательного стандарта высшего образования и требований к уровню подготовки выпускников вузов.

При составлении учебного пособия автор используя опыт практической деятельности в области геодезии, а также опыт преподавательской работы в ВУЗах, задался целью тесно увязать приводимые задачи и упражнения с практикой выполнения геодезических работ в строительстве.

Учебное пособие имеет своей целью оказать помощь студентам в выполнении ими самостоятельной работы согласно учебному плану по дисциплинам «Геодезия» и «Геодезическое обеспечение в строительстве», а также позволит преподавателю оперативно оценить студента по пройденному материалу.

Структура учебного пособия.

Общая геодезия:

1. Масштабы
2. Обозначение и закрепление точек на местности. Измерение линий.
3. Ориентирование линий.
4. Измерение углов.
5. Прямоугольные координаты.
6. Геометрическое нивелирование.

Прикладная геодезия:

7. Геодезические работы на строительной площадке в подготовительный период.
8. Геодезические работы при производстве работ нулевого цикла.

9. Геодезические работы при возведении надземной части зданий и сооружений.

10. Ответы к задачам.

11. Литература, рекомендуемая для изучения тем.

# 1 Общая геодезия

## 1.1 Масштабы

### 1.1.1 Перевод численных масштабов в линейные

**Пример.** Дан численный масштаб 1:10 000, или  $1/10000$ ; требуется перевести его в линейный.

**Решение.** Для перевода численного масштаба в линейный необходимо от сантиметров в знаменателе перейти к метрам, т. е.  $1/10000 : 100$ , или в 1 см — 100 м.

**Задачи.** Произвести перевод численных масштабов в линейные с основанием масштаба, равным 1 см, таблица 1.

Таблица 1 – Численные масштабы

| № задачи | Численные масштабы | № задачи | Численные масштабы |
|----------|--------------------|----------|--------------------|
| 1        | 1 : 50             | 6        | 1 : 5 000          |
| 2        | 1 : 2 500          | 7        | 1 : 500            |
| 3        | 1 : 100            | 8        | 1 : 2 000          |
| 4        | 1 : 200            | 9        | 1 : 50 000         |
| 5        | 1 : 20 000         | 10       | 1 : 1 000          |

### 1.1.2 Перевод линейных масштабов в численные

**Пример.** Дан линейный масштаб в 1 см — 100 м; требуется от него перейти к численному.

**Решение.** Для этого достаточно метры перевести в сантиметры и ответ записать в виде правильной дроби:  $1/100 \text{ м} \cdot 100 = 1/10000$ , или 1 : 10 000 .

**Задачи.** Произвести перевод линейных масштабов в численные, таблица 2.

Таблица 2 – Линейные масштабы

| № задачи | Линейные масштабы | № задачи | Линейные масштабы |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| 11       | В 1 см 10 м       | 16       | В 1 см 200 м      |
| 12       | » 1 » 500 »       | 17       | » 1 » 2 »         |
| 13       | » 1 » 20 »        | 18       | » 1 » 1 »         |
| 14       | » 1 » 5 »         | 19       | » 1 » 25 »        |
| 15       | » 1 » 50 »        | 20       | » 1 » 0,5 »       |

### 1.1.3 Сравнение масштабов

**Пример.** Даны численные масштабы 1 : 500 и 1 : 100. Какой из них крупнее и во сколько раз?

**Решение.** Известно, что тот масштаб крупнее, у которого знаменатель меньше. В данном случае масштаб 1 : 100 крупнее, а для того чтобы ответить во сколько раз, нужно больший знаменатель разделить на меньший. В данном примере масштаб 1/100 крупнее масштаба 1/500 5 раз.

**Задачи.** Произвести сравнение следующих масштабов, таблица 3.

Таблица 3 – Сравнительные масштабы

| № задачи | Сравнить масштабы  |
|----------|--------------------|
| 21       | 1 : 5000 и 1 : 100 |
| 22       | 1 : 500 » 1 : 100  |
| 23       | 1 : 50 » 1 : 200   |
| 24       | 1 : 200 » 1 : 20   |
| 25       | 1 : 20 » 1 : 10    |

### 1.1.4 Построение поперечных масштабов

**Пример.** Построить поперечный масштаб по численному 1 : 1000 с его оцифровкой по горизонтали и вертикали, если дано: основание масштаба 2 см, число делений в основании масштаба  $m = 10$  и число делений по вертикали  $n = 10$ .

1. Определяем наименьшее деление масштаба по формуле

$$x = \frac{AB}{mn},$$

где  $x$  – наименьшее деление;

$AB$  – основание масштаба, выраженное в  $m$ ;

$m$  – число делений в основании масштаба;

$n$  – число делений по вертикали.

Отсюда

$$x = \frac{20m}{10 \cdot 10} = 0,2m.$$

2. Определяем точность масштаба по формуле

$$t = KM,$$

где  $t$  – точность поперечного масштаба;

$K$  – наименьшая длина, различаемая невооруженным глазом;

$M$  – знаменатель численного масштаба.

Отсюда

$$t = 0,01 \cdot 1000 = 0,1 m.$$

На рисунке 1 показан построенный поперечный масштаб для данного примера.

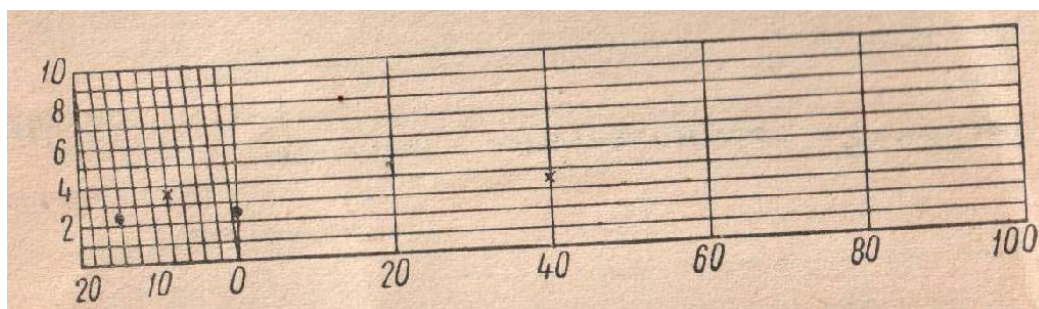


Рисунок 1 – График поперечного линейного масштаба и отложение на нем длин линий

**Упражнения.** Построить поперечные масштабы с основанием в 2 см при  $m = 10$  и  $n = 10$  с их оцифровкой по горизонтали и вертикали, таблица 4.

Таблица 4 – Результаты численных масштабов

|   | Численные<br>масштабы |   | Численные<br>масштабы |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| 1 | 1 : 200               | 4 | 1 : 50                |
| 2 | 1 : 100               | 5 | 1 : 250               |
| 3 | 1 : 500               | 6 | 1 : 2 000             |

### 1.1.5 Определение точности масштаба

**Пример.** Дан численный масштаб 1 : 2000. Определить его точность.

**Решение.** Наименьшее деление, которое мы различаем нормальным глазом на масштабе, равно 0,01 см, тогда в данном случае в 1 см содержится 20 м, значит в 0,01 см содержится 0,2 м, что и будет точностью данного масштаба.

**Задачи.** Определить точность приводимых масштабов, таблица 5.

Таблица 5 – Варианты заданий

| № задачи | Масштабы   |
|----------|------------|
| 26       | 1 : 10     |
| 27       | 1 : 50     |
| 28       | 1 : 2 000  |
| 29       | 1 : 5 000  |
| 30       | 1 : 10 000 |

### 1.1.6 Пользование поперечным масштабом

**Пример 1.** Требуется по нормальному поперечному масштабу с основанием, соответствующим 20 м, взять длину отрезка 48,7 м (40 + 8,7 м) (рисунок 1).

Зная, что одно деление основания соответствует 2 м, а наименьшее деление 0,2 м, поступают так: совмещают одну ножку измерителя с началом счета 0, другую отодвигают до четвертого деления включительно и получают отрезок, соответствующий 8 м. Помня, что дальнейшее передвижение ножки измерителя по наклонной (трансверсали) от одной параллельной линии к другой увеличивает

длину первоначально взятого отрезка на 0,2 м, перемещают ножку измерителя на столько, чтобы она оказалась между третьей и четвертой линиями на расстоянии 0,5 от третьей ( $0,7 : 0,2 = 0,35$ ). Расстояние от ножки циркуля, установленной на четвертом делении, до первого правого перпендикуляра соответствует 8,7 м. Для получения длины 48,7 м нужно правую ножку отодвигать до перпендикуляра с надписью 40. Длина полученного отрезка показана на рисунке 1 звездочками.

**Пример 2.** Требуется по тому же масштабу взять отрезок, равный 14,5 м. Длина отрезка показана на рисунке 1 точками.

**Упражнения.** По поперечному нормальному масштабу определить длину отрезка по приведенным ниже данным, таблица 6.

Таблица 6 – Результаты измерений

| № упражнения | Основание масштаба | Длина отрезков | № упражнения | Основание масштаба | Длина отрезков |
|--------------|--------------------|----------------|--------------|--------------------|----------------|
| 7            | 20 м               | 69,6 м         | 12           | 20 м               | 86,2 м         |
| 8            | 10 »               | 10,4 »         | 13           | 10 »               | 22,2 »         |
| 9            | 5 »                | 3,7 »          | 14           | 5 »                | 16,7 »         |
| 10           | 40 »               | 122,8 »        | 15           | 40 »               | 154,0          |
| 11           | 50 »               | 148,0 »        | 16           | 50 »               | 202,0          |

### 1.1.7 Определение длины линии на местности по масштабу плана

**Пример.** Определить длину линии на местности  $L$ , если она на плане с оставляет  $l = 2,5$  см, а масштаб плана 1:10 000, т. е. в 1 см — 100 м.

**Решение.**  $L = 100 \text{ м} \cdot 2,5 = 250 \text{ м}$ .

**Задачи.** Определить длину линии в натуре по следующим данным, таблица 7.

Таблица 7 – Варианта заданий

| № задачи | Длина линии на плане (l. см) | Масштаб плана |
|----------|------------------------------|---------------|
| 31       | 12,5                         | 1 : 200       |
| 32       | 11,2                         | 1 : 1000      |

Продолжение таблицы 7

|    |      |          |
|----|------|----------|
| 33 | 9,15 | 1 : 2000 |
| 34 | 7,8  | 1 : 5000 |
| 35 | 3,45 | 1 : 100  |

### 1.1.8 Определение по масштабу плана длины линии, измеренной на местности

**Пример.** Определить, какой длины на плане будет линия на местности  $L = 50$  м, если масштаб плана 1 : 1000.

**Решение.** Переводим численный масштаб 1 : 1000 в линейный (пункт 1.1.1):  
 $1/1000 : 100$ , в 1 см — 10 м, тогда  $l = 50 \text{ м} : 10 = 5 \text{ см}$ .

**Задачи.** Определить длину линии на плане по следующим данным, таблица 8.

Таблица 8 – Варианты заданий

| № задачи | Длина линии на местности (L, м) | Масштаб плана |
|----------|---------------------------------|---------------|
| 36       | 11,4                            | 1 : 1 000     |
| 37       | 11,4                            | 1 : 500       |
| 38       | 11,4                            | 1 : 100       |
| 39       | 12,4                            | 1 : 2 000     |
| 40       | 16,3                            | 1 : 100       |

## 1.2 Обозначение и закрепление точек на местности. Измерение линий

**1.2.1 Измерение на местности линий стальной лентой или рулеткой, когда их фактическая длина не совпадает с номинальной длиной. Определение действительной длины линии**

**Пример.** В результате измерения на местности линии стальной 20-метровой лентой получено расстояние  $L = 200,00$  м. Известно, что лента была короче нормальной на  $l = 10$  мм. Требуется определить действительную длину линии.

**Решение.** 1. Определяем количество уложенных лент в отрезке длиной 200 м:  $200:20=10$  лент.

2. Определяем поправку:  $10 \text{ лент} \cdot 10 \text{ мм} = 100 \text{ мм} = 0,10 \text{ м}$ .

3. Действительная длина линии будет  $L_0 = 200,00 \text{ м} - 0,10 \text{ м} = 199,90 \text{ м}$ .

**Задачи.** Определить действительную длину линии по следующим данным измерения, таблица 9.

Таблица 9 – Варианты заданий

| №задачи             | L, м   | l, короче на мм | l <sub>1</sub> , длиннее на мм |
|---------------------|--------|-----------------|--------------------------------|
| 1                   | 2      | 3               | 4                              |
| <b>Лента 20 м</b>   |        |                 |                                |
| 1                   | 100,50 | 5               | 2                              |
| 2                   | 88,40  | 2               | 7                              |
| 3                   | 67,37  | 4               | 6                              |
| 4                   | 81,10  | 3               | 5                              |
| 5                   | 124,07 | 3               | 4                              |
| <b>Рулетка 10 м</b> |        |                 |                                |
| 6                   | 40,675 | 7               | 4                              |
| 7                   | 40,675 | 5               | 3                              |
| 8                   | 27,001 | 5               | 5                              |
| 9                   | 27,001 | 3               | 2                              |
| 10                  | 64,111 | 2               | 3                              |

### 1.2.2 Определение абсолютной и относительной ошибки измерения линии на местности

**Пример.** Результат измерения линии на местности в прямом направлении  $L_{пр} = 160,00 \text{ м}$ , а в **Решение.**  $f_{отн} = \frac{L_S}{L}$ , где  $L_S$  – абсолютная ошибка, как разность двух измерений, равная  $\pm 0.1 \text{ м}$ , откуда

$$f_{отн} = \frac{0,10}{160,05} = \frac{1}{1600}$$

**Задачи.** Определить относительную ошибку  $f_{отн}$  измерения линий по следующим данным, таблица 10.

Таблица 10 – Варианты заданий

| № задачи | $L_{пр}$ | $L_{обр}$ | № задачи | $L_{пр}$ | $L_{обр}$ |
|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| 1        | 2        | 3         | 4        | 5        | 6         |
| 11       | 140,10   | 140,00    | 16       | 60,00    | 60,02     |
| 12       | 111,11   | 111,00    | 17       | 62,02    | 62,05     |
| 13       | 89,95    | 89,98     | 18       | 77,77    | 77,80     |
| 14       | 121,05   | 120,98    | 19       | 73,43    | 73,45     |
| 15       | 117,15   | 117,10    | 20       | 118,18   | 118,15    |

### 1.2.3 Определение допустимой предельной ошибки из двойного измерения линии стальной рулеткой или лентой и ее вероятнейшее значение

**Пример.** Измерена на местности I класса линия в двух направлениях. Значение ее длины в прямом направлении  $L_{пр} = 210,05$  м и в обратном  $L_{обр} = 210,01$  м.

Допустима ли ошибка  $f_{абс}$ , полученная из двух измерений? Какова вероятнейшая длина линии?

**Решение.** 1. Разница между двумя измерениями составит:

$$f_{абс} = 210,05 - 210,01 = 0,04 \text{ м.}$$

2. Предельная абсолютная ошибка не должна превышать:

$$f_{отн} = \frac{210 \cdot 1}{3000} = \pm 0,07 \text{ м.}$$

3. Поскольку полученная разница  $\pm 0,04$  м не превышает предельную, она допустима и за вероятнейшее значение длины линии следует принять среднее арифметическое:

$$\frac{210,05 + 210,01}{2} = 210,03 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить, допустима ли разность между риводимыми ниже измерениями. В задачах приняты относительные точности измерения для местности: I класс – 1/3000, II класс – 1/2000 и III класс – 1/1000, таблица 11

Таблица 11 – Результаты измерений

| № задачи | L <sub>пр</sub> | L <sub>обр</sub> | Класс  |
|----------|-----------------|------------------|--------|
| 1        | 2               | 3                | 4      |
| 21       | 100,00          | 100,03           | 1/3000 |
| 22       | 82,03           | 82,08            | 1/2000 |
| 23       | 121,15          | 121,05           | 1/2000 |
| 24       | 52,17           | 52,16            | 1/3000 |
| 25       | 77,16           | 77,10            | 1/2000 |
| 26       | 84,29           | 84,28            | 1/3000 |
| 27       | 161,22          | 161,17           | 1/1000 |
| 28       | 240,00          | 239,83           | 1/1000 |
| 29       | 181,15          | 181,10           | 1/1000 |
| 30       | 111,02          | 111,10           | 1/3000 |

#### 1.2.4 Приведение наклонных линий к горизонту

**Пример.** На местности измерена линия длиной L = 150,00 м. При измерении линии определены углы наклона  $\alpha$ : для отрезка линии l = 40,00 м  $\alpha = + 5^\circ$ , для l<sub>1</sub> = 30,00 м  $\alpha_1 = - 7^\circ$  и для l<sub>2</sub> = 30,00 м  $\alpha_2 = + 9^\circ$ .

Требуется определить горизонтальную проекцию измеренной линии (рисунок 2).

Задача решается с помощью таблиц поправок за наклон линий (приложение А) по формуле

$$\Delta l_h = 2L \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

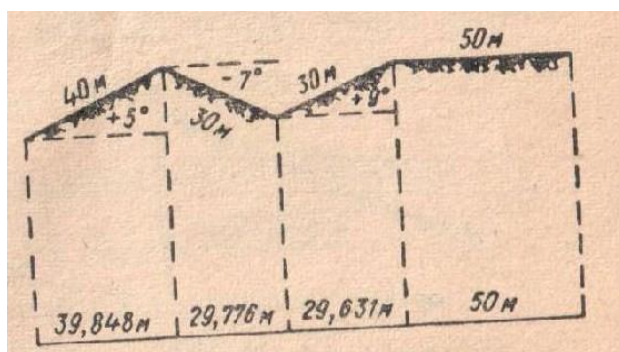


Рисунок 2 – Поправки к измеренной линии при нескольких углах наклона

Поправка

На  $5^{\circ} 40' \dots\dots\dots 152 \text{ мм}$

$7^{\circ} 30' \gg \dots\dots\dots .224 \gg$

$9^{\circ} 30' \gg \dots\dots\dots \underline{\underline{.369 \gg}}$

И т о г о  $\dots\dots\dots .745 \text{ мм}$

Следовательно, горизонтальная проекция линии равна:

$$L_1 = 150,000 - 0,745 = 149,25 \text{ (округленно).}$$

Определение горизонтальных проложений может быть также выполнено при помощи таблиц приращений координат Гаусса по формуле

$$L_1 = L \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол наклона линии к горизонту.

**Задачи.** Определить горизонтальные проекции линий по следующим данным, таблица 12

Таблица 12 – Результаты измерений

| № задачи | L      | $\alpha$        | l    | $\alpha_1$      | $l_1$ | $\alpha_2$      | $l_2$ |
|----------|--------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| 1        | 2      | 3               | 4    | 5               | 6     | 7               | 8     |
| 31       | 180,00 | $-5^{\circ}35'$ | 27,0 | $-4^{\circ}05'$ | 37,0  | $+2^{\circ}50'$ | 17,0  |
| 32       | 111,10 | $+9^{\circ}00'$ | 11,0 | $-4^{\circ}10'$ | 10,0  | $+4^{\circ}00'$ | 6,0   |
| 33       | 111,10 | $-9^{\circ}00'$ | 12,0 | $+3^{\circ}30'$ | 10,0  | $-4^{\circ}20'$ | 37,5  |
| 34       | 117,00 | $-6^{\circ}30'$ | 17,0 | $-6^{\circ}30'$ | 33,0  | $-4^{\circ}50'$ | 28,0  |
| 35       | 132,05 | $+3^{\circ}00'$ | 20,0 | $-3^{\circ}00'$ | 30,0  | $-6^{\circ}10'$ | 30,0  |
| 36       | 177,77 | $-4^{\circ}45'$ | 13,0 | $+4^{\circ}10'$ | 27,0  | $+8^{\circ}00'$ | 23,0  |

### 1.2.5 Определение горизонтальной проекции линии по отметкам концов линии

**Пример.** Определить горизонтальную проекцию  $L_1$  линии  $AB$ , если длина наклонной линии  $L = 200,000$  м и отметки точек  $H_A = 177,000$  м и  $H_B = 180,000$  м (рисунок 3).

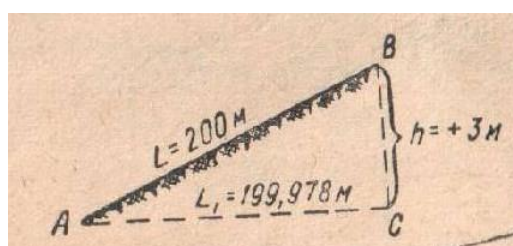


Рисунок 3 – Поправка к длине линии за превышение

**Решение.** 1. Вычисляем превышение  $h$  точки  $B$  над точкой  $A$ . Как видно на рисунке 3,

$$h = 180,000 - 177,000 = +3 \text{ м.}$$

2. Определим поправку за наклон линии по формуле

$$\Delta l = \frac{h^2}{2L},$$

где  $h$  – превышение;

$L$  – длина наклонной линии.

Тогда

$$\Delta l_h = \frac{3^2}{2 \cdot 200} = 0,022 \text{ м.}$$

3. Введя поправку в наклонную линию со знаком минус, получим горизонтальную проекцию линии  $AB$ ;

$$L_1 = 200,000 \text{ м} - 0,022 \text{ м} = 199,978 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить горизонтальную проекцию  $L_1$  по следующим данным, таблица 13.

Таблица 13 – Результаты измерений

| № задачи | Дано      |           |         |
|----------|-----------|-----------|---------|
|          | $H_A$ , м | $H_B$ , м | $L$ , м |
| 37       | 177,002   | 162,009   | 111,11  |
| 38       | 167,001   | 152,008   | 111,11  |
| 39       | 174,700   | 192,450   | 133,07  |
| 40       | 164,450   | 186,240   | 133,07  |

### 1.2.6 Введение в измеренную длину линии на местности поправок за компарирование, температуру и наклон линии к горизонту

**Пример.** Измеренное значение линии  $L = 512,85$  м, угол наклона  $\alpha = +4^\circ 30'$ , длина ленты  $l = 19,986$  м; температуры: измерения  $t_{и} = +48^\circ \text{C}$ , компарирования  $t_k = +20^\circ \text{C}$ .

Определить окончательное значение длины измеренной линии  $L_0$  на местности.

**Решение.** Вычисление производится по формуле

$$L_0 = L - \Delta L_h + \Delta L_k + \Delta L_t,$$

где  $L_0$  – окончательное значение длины линии;

$L$  – измеренное значение линии;

$\Delta L_h$  – поправка за наклон;

$\Delta L_k$  – поправка за компарирование;

$\Delta L_t$  – поправка за температуру.

Определим поправки за наклон  $\Delta L_h$ , компарирование  $\Delta L_k$ , температуру  $\Delta L_t$  – по формуле

$$\Delta L_t = L_R (t_{и} - t_k),$$

где  $L_R$  – температурный коэффициент расширения стали, равный 0,000012 на  $1^\circ \text{C}$ ;

$t_{\text{и}}$  – температура измерения линии на местности;

$t_{\text{к}}$  – температура компарирования мерного прибора.

### 1. Определение поправки за $\Delta L_h$

Для 500 м .....1,540 м  
 » 10 » .....0,031 »  
 » 2 » .....0,006 »  
 » 0,85 » ..... 0,003 »  
 Итого 512,85 м .....1,58 м

### 2. Определение поправки за $\Delta L_{\text{к}}$

$$\Delta L_{\text{к}} = -0,014 \frac{500}{20} = -0,35 \text{ м.}$$

### 3. Определение поправки за $\Delta L_{\text{т}}$

$$\Delta L_{\text{т}} = L_{\text{Р}} (t_{\text{и}} - t_{\text{к}}) = 512,85 \cdot 0,000012 (48 - 20) = +0,17 \text{ м.}$$

Отсюда

$$L_0 = 512,85 - 1,58 - 0,35 + 0,17 = 511,09 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить окончательное значение длины линии по следующим данным, таблица 14.

Таблица 14 –Результаты измерений

| № задачи | L      | $\alpha$ | l      | $t_{\text{и}}$ | $t_{\text{к}}$ |
|----------|--------|----------|--------|----------------|----------------|
| 1        | 2      | 3        | 4      | 5              | 6              |
| 41       | 100,00 | +5°      | 19,980 | +30°           | +20°           |
| 42       | 111,00 | -4°      | 20,020 | +29°           | +21°           |
| 43       | 88,00  | -4°      | 20,030 | +32°           | +22°           |
| 44       | 70,00  | -5°      | 9,985  | +38°           | +22°           |
| 45       | 64,00  | -6°      | 19,983 | +37°           | +21°           |
| 46       | 77,77  | +5°30'   | 20,015 | +40°           | +20°           |
| 47       | 66,66  | -5°40'   | 20,017 | +36°           | +22°           |

Продолжение таблицы 14

|    |        |        |        |      |      |
|----|--------|--------|--------|------|------|
| 48 | 55,55  | +7°30' | 19,972 | -10° | +20° |
| 49 | 107,00 | -6°20' | 19,977 | -15° | +20° |
| 50 | 74,00  | +3°30' | 3,975  | -17° | +22° |

### 1.3 Ориентирование линии

#### 1.3.1 Переход от азимутов к румбам

**Пример.** Азимут линии А-В равен  $165^\circ$ ; найти румб.

**Решение.** Как видно из рисунка 4, б, румб составит ЮВ :  $15^\circ$ . Из этого рисунка также следует, что:

- а) градусная величина румба в I четверти равна азимуту (рисунок 4,а);
- б) градусная величина румба во II четверти равна  $180^\circ$  минус азимут (рисунок 4, б)

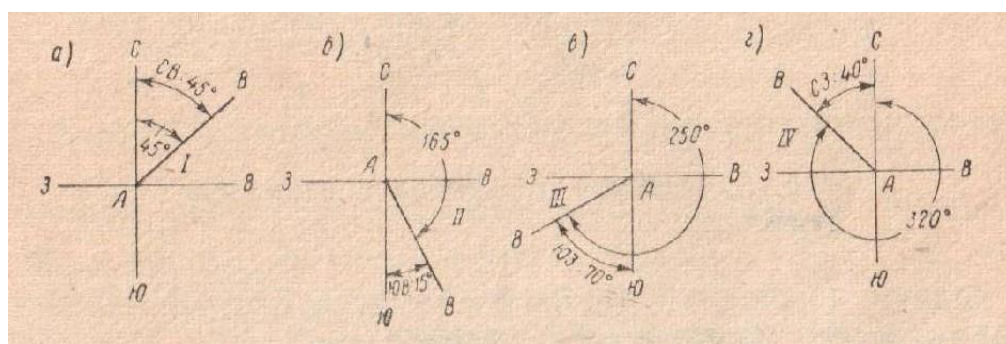


Рисунок 4 – Румбы сторон

- в) градусная величина румба в III четверти равна азимуту минус  $180^\circ$  (рисунок 4,в)
- г) градусная величина румба в IV четверти равна  $360^\circ$  минус азимут (рисунок 4, г).

**Задачи.** Сделать переход от азимутов к румбам, таблица 15.

Таблица 15 – Варианты заданий

| № задачи | Азимут линии А-В | № задачи | Азимут линии А—В |
|----------|------------------|----------|------------------|
| 1        | 2                | 3        | 4                |
| 1        | 161°00'          | 6        | 355°55'          |
| 2        | 277°05'          | 7        | 181°10'          |
| № задачи | Азимут линии А-В | № задачи | Азимут линии А—В |
| 3        | 0°40'            | 8        | 179°44'          |
| 4        | 92°15'           | 9        | 91°20'           |
| 5        | 10°10'           | 10       | 18°18'           |

### 1.3.2 Переход от румбов к азимутам

**Пример.** Румб линии А-В СЗ : 30°; найти азимут.

**Решение.** Из рисунка 5, г следует, что азимут будет равен 330°.

Кроме того:

а) градусная величина азимута в I четверти равна румбу (рисунок 5, а);

б) градусная величина азимута во II четверти равна 180° минус румб

(рисунок. 5, б)

в) градусная величина азимута в III четверти равна 180° плюс румб (рисунок 5, в);

г) градусная величина азимута в IV четверти равна 360° минус румб (рисунок 5, г).

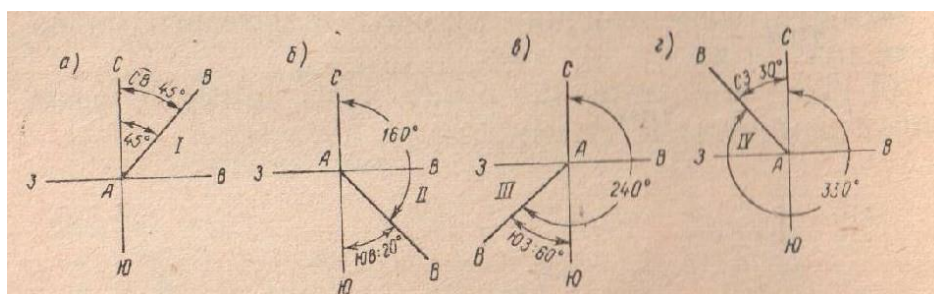


Рисунок 5 – Переход от румбов к азимутам

**Задачи.** Перевести румбы в азимуты, таблица 16.

Таблица 16 –Варианты заданий

| № задачи | Румб линии А—В | № задачи | Румб линии А—В |
|----------|----------------|----------|----------------|
| 1        | 2              | 3        | 4              |
| 11       | ЮЗ : 40°40'    | 16       | СВ : 16°16'    |
| 12       | СЗ : 20°20'    | 17       | ЮВ : 7°07'     |
| 13       | ЮЗ : 10°10'    | 18       | ЮЗ : 11°33'    |
| 14       | СВ : 0°15'     | 19       | СЗ : 88°52'    |
| 15       | ЮЗ : 1°05'     | 20       | СЗ : 0°15'     |

### 1.3.3 Построение с помощью транспортира азимутов и румбов на бумаге

**Упражнения.** Построить линии на бумаге по данным азимутам и румбам около одной точки с указанием дуги со стрелкой, таблица 17.

Таблица 17 – Варианты заданий

| № упражнения | Даны азимуты          |
|--------------|-----------------------|
| 1            | 30°, 120°, 190°, 300° |
| 2            | 15°, 160°, 275°, 310° |
| № упражнения | Даны азимуты          |
| 3            | 10°, 100°, 190°, 280° |
| 4            | 40°, 94°, 188°, 277°  |
| 5            | 35°, 97°, 183°, 275°  |
| 6            | СВ : 10°, ЮЗ : 20°    |
|              | ЮЗ : 40°, СЗ : 60°    |
| 7            | СВ : 22°, ЮЗ : 33°    |
|              | ЮЗ : 16°, СЗ : 80°    |
| 8            | СВ : 11°, ЮЗ : 44°    |
|              | ЮЗ : 45°, СЗ : 67°    |
| 9            | ЮЗ : 37°, ЮЗ : 40°    |
|              | СВ : 28°, СЗ : 13°    |
| 10           | СВ : 88°, ЮЗ : 45°    |
|              | ЮЗ : 15°, СВ : 81°    |

### 1.3.4 Перевод истинных азимутов в дирекционные углы

**Пример.** Дан истинный азимут линии А—В, расположенный к востоку от осевого меридиана  $A'_{и} = 60^{\circ}30'$ , и угол сближения меридианов  $\gamma' = +0^{\circ}10'$ .

Определить дирекционный угол  $\alpha$  линии А—В.

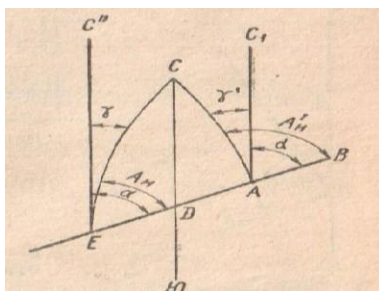


Рисунок 6 – Связь между азимутом и дирекционным углом

**Решение.** Как видно из рисунка 6:

$$\alpha = A'_{и} - (\gamma') = 60^{\circ}30' - 0^{\circ}10' = 60^{\circ}20'.$$

**Пример.** Дан истинный азимут линии Е—D, расположенной к западу от осевого меридиана  $60^{\circ}30'$ , и угол сближения меридианов  $\gamma = 0^{\circ}05'$ . Определить дирекционный угол  $\alpha$  линии Е—D.

**Решение.** Из рисунка 6 :

$$\alpha = A_{и} - (-\gamma) = 60^{\circ}30' + 0^{\circ}05' = 60^{\circ}35'.$$

**Задачи.** Перевести истинные азимуты в дирекционные углы по следующим данным, таблица 18.

- 
- 1). 1. На рисунке 6 DC—осевой меридиан, EC и AC— меридианы, EC'' и AC — линии, параллельные осевому меридиану,  $\alpha$  —дирекционный угол,  $A_{и}$  — истинный азимут и  $\gamma$  — угол сближения меридианов

Таблица 18 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                    |                                    |
|----------|-------------------------|------------------------------------|
|          | истинный азимут $A_{и}$ | угол сближения меридианов $\gamma$ |
| 21       | $64^{\circ}15'$         | $0^{\circ}15'$                     |
| 22       | $175^{\circ}05'$        | $1^{\circ}10'$                     |
| 23       | $87^{\circ}57'$         | $0^{\circ}33'$                     |
| 24       | $301^{\circ}17'$        | $1^{\circ}27'$                     |
| 25       | $0^{\circ}25'$          | $0^{\circ}10'$                     |
| 26       | $77^{\circ}27'$         | $0^{\circ}10'$                     |
| 27       | $161^{\circ}08'$        | $2^{\circ}07'$                     |
| 28       | $288^{\circ}07'$        | $1^{\circ}11'$                     |
| 29       | $142^{\circ}42'$        | $0^{\circ}59'$                     |
| 30       | $0^{\circ}57'$          | $0^{\circ}52'$                     |

### 1.3.5 Определение горизонтального угла по дирекционным углам

**Пример.** Определить величину угла  $\beta$ , если даны дирекционные углы линий  $OA = 30^{\circ}00'$  и  $OB = 135^{\circ}00'$ .

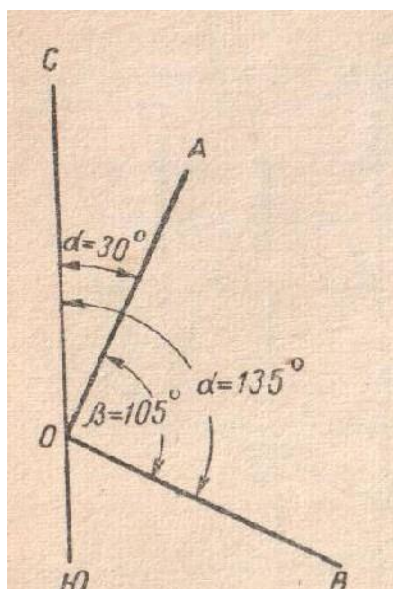


Рисунок 7 – Определение горизонтального угла по дирекционным углам

**Решение.** Как видно из рисунка 7, угол  $\beta$  составит:  $135^{\circ} - 30^{\circ} = 105^{\circ}$ , т. е. искомый угол равен разности дирекционных углов.

**Задачи.** По приводимым ниже данным определить угол  $\beta$ , таблица 19.

Таблица 19 – Результаты измерений

| № задачи | Дирекционный угол линии О-А | Дирекционный угол линии О-В | № задачи | Дирекционный угол линии О-А | Дирекционный угол линии О-В |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1        | 2                           | 3                           | 4        | 5                           | 6                           |
| 31       | 40°20'                      | 64°17'                      | 36       | 202°07'                     | 181°17'                     |
| 32       | 350°10'                     | 121°18'                     | 37       | 290°05'                     | 360°00'                     |
| № задачи | Дирекционный угол линии О-А | Дирекционный угол линии О-В | № задачи | Дирекционный угол линии О-А | Дирекционный угол линии О-В |
| 33       | 0°15'                       | 275°16'                     | 38       | 359°05'                     | 359°02'                     |
| 34       | 11°11'                      | 311°11'                     | 39       | 114°08'                     | 105°09'                     |
| 35       | 161°07'                     | 71°05'                      | 40       | 233°33'                     | 84°07'                      |

### 1.3.6 Определение дирекционных углов сторон по исходному дирекционному углу и измеренным углам

**Пример 1.** Дан дирекционный угол  $\alpha_1 = 60^\circ$  линии 1 – 2 и угол  $\beta = 140^\circ$  (правый по ходу) , образованный линиями 1 – 2 и 2 – 3. Требуется вычислить дирекционный угол  $\alpha_2$  линии 2 – 3 и ее румб (рисунок 8).

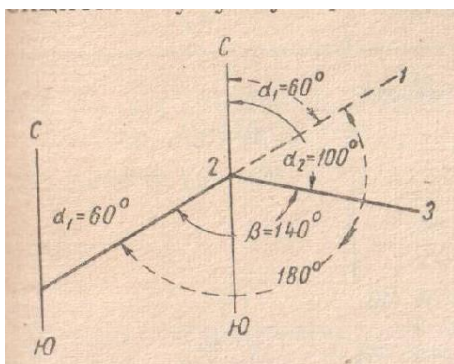


Рисунок 8 – К вычислению дирекционных углов по правым измеренным углам

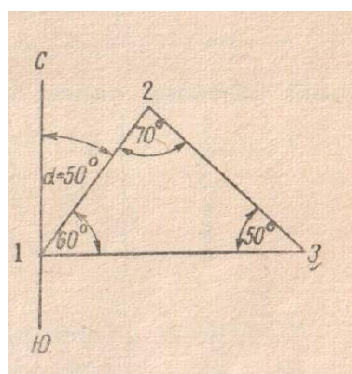


Рисунок 9 – К вычислению дирекционных углов в замкнутом полигоне

**Решение.** Как видно из рисунка 8,  $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_{\text{прав}} (1)$  или  $\alpha_2 = 60 + 180^\circ - 140^\circ = 100^\circ$  и румб будет ЮЗ :  $80^\circ$ , т.е. дирекционный угол последующей линии равен дирекционному углу предыдущей линии плюс  $180^\circ$  и минус правый по ходу угол, или дирекционный угол последующей линии равен дирекционному углу предыдущей линии плюс левый по ходу угол и минус  $180^\circ$ , т. е.  $\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_{\text{лев}} - 180^\circ (2)$  или  $\alpha_2 = 60^\circ + 220^\circ - 180^\circ = 100^\circ$ .

**Пример 2.** Дан полигон, состоящий из трех точек (рисунок 9), дирекционный угол линии 1—2 =  $50^\circ 00'$ , а также внутренние углы 1 =  $60^\circ 00'$ , 2 =  $70^\circ 00'$  и 3 =  $50^\circ 00'$ . Требуется определить дирекционные углы остальных линий 2-3 и 3-1.

**Решение.** Пользуясь формулой (1), приведенной в примере 1, вычисления расположим по схеме:

|                               |                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------|
| $50^\circ_{(1-2)}$            | $340^\circ$                                |
| +                             | —                                          |
| <u><math>180^\circ</math></u> | <u><math>50^\circ</math></u>               |
| $230^\circ$                   | $290^\circ_{(3-1)}$                        |
| —                             | +                                          |
| <u><math>70^\circ</math></u>  | <u><math>180^\circ</math></u>              |
| $160^\circ_{(2-3)}$           | $470^\circ$                                |
| +                             | —                                          |
| <u><math>180^\circ</math></u> | <u><math>60^\circ</math></u>               |
| $340^\circ$                   | $410^\circ - 360^\circ = 50^\circ_{(1-2)}$ |

**Контроль.** Вычисление можно проконтролировать по формуле (2), т. е.

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_{\text{лев}} - 180^\circ.$$

**Задачи.** Найти дирекционные углы последующих линий по дирекционному углу исходной стороны полигона и левым углам между сторонами, а также перевести дирекционные углы в румбы, таблица 20

Таблица 20 – Варианты заданий

Продолжение таблицы 20

|                    |         |         |
|--------------------|---------|---------|
| 6                  | 100°34' |         |
| <b>Задача № 43</b> |         |         |
| 1                  | 88°44'  | 11°59'  |
| 2                  | 285°11' |         |
| 3                  | 67°12'  |         |
| 4                  | 137°09' |         |
| 5                  | 66°06'  |         |
| 6                  | 75°38'  |         |
| <b>Задача № 44</b> |         |         |
| 1                  | 111°11' | 300°05' |
| 2                  | 300°11' |         |
| 3                  | 82°16'  |         |
| 4                  | 64°55'  |         |
| 5                  | 61°27'  |         |
| 6                  | 100°00' |         |
| <b>Задача № 45</b> |         |         |
| 1                  | 118°17' | 116°15' |
| 2                  | 142°59' |         |
| 3                  | 242°59' |         |
| 4                  | 80°22'  |         |
| 5                  | 60°44'  |         |
| 6                  | 74°39'  |         |

## 1.4 Измерение углов

### 1.4.1 Определение точности верньера теодолита

**Пример.** Определить точность верньера теодолита, если цена деления лимба  $m = 20'$ , а верньер имеет 40 делений.

**Решение.** Точность верньера теодолита определяется по формуле

$$t = \frac{m}{n},$$

где  $m$  — цена деления лимба и  $n$  — число делений шкалы на верньере.

В нашем случае

$$t = \frac{20'}{40} = 30''$$

**Задачи.** Определить точность верньера теодолита при следующих данных, таблица 21.

Таблица 21– Варианты заданий

| № задачи | $m$ | $n$ |
|----------|-----|-----|
| 1        | 2   | 3   |
| 1        | 30  | 30  |
| 2        | 10  | 20  |
| 3        | 20  | 20  |
| 4        | 20  | 40  |

### 1.4.2 Определение эксцентриситета алидады теодолита

**Пример.** Определить эксцентриситет алидады теодолита, если отсчет по I верньеру равен  $120^\circ 40'$  и по II верньеру  $300^\circ 42'$ .

**Решение.** Для определения эксцентриситета нужно из большего отсчета вычесть меньший плюс  $180^\circ$ :

$$l = 300^\circ 42' - (120^\circ 40' + 180^\circ) = 2'.$$

**Задачи.** По приведенным ниже данным определить эксцентриситет алидады теодолита, таблица 22

Таблица 22 – Результаты отсчетов

| № задачи | Отсчеты по верньерам |         | № задачи | Отсчеты по верньерам |         |
|----------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|
| 1        | 2                    | 3       | 4        | 5                    | 6       |
|          | I                    | II      |          | I                    | II      |
| 5        | 16°02'               | 196°04' | 10       | 1°07'                | 181°07' |
| 6        | 47°55'               | 227°56' | 11       | 119°13'              | 299°11' |
| 7        | 301°15'              | 121°17' | 12       | 142°54'              | 322°57' |
| 8        | 188°10'              | 8° 11'  | 13       | 0°10'                | 180°12' |
| 9        | 193°57'              | 13°55'  | 14       | 0°45'                | 180°44' |

### 1.4.3 Определение коллимационной ошибки визирной трубы теодолита

**Пример.** При наведении визирной трубы теодолита при положении КП (круг право) на точку А получен средней отсчет по обоим верньерам  $a = 150^\circ 10'$ .

При визировании на ту же точку при КЛ (круг лево) получен средний отсчет по обоим верньерам  $b = 150^\circ 101$

Требуется определить величину коллимационной ошибки визирной трубы теодолита.

**Решение.** Вычисление выполняется по формуле

$$C = \frac{a - b}{2},$$

где  $C$  – коллимационная ошибка визирной трубы теодолита;

$a$  – средний отсчет по обоим верньерам при положение КП (круг право);

$b$  – средний отсчет по обоим верньерам при положении КЛ (круг лево).

Тогда

$$C = \frac{150^\circ 20' - 150^\circ 10'}{2} = 5'.$$

**Задачи.** Определить коллимационную ошибку трубы теодолита по следующим данным, таблица 23.

Таблица 23 – Результаты отсчетов

| № задачи | Средние отсчеты по обоим верньерам |            | № задачи | Средние отсчеты по обоим верньерам |            |
|----------|------------------------------------|------------|----------|------------------------------------|------------|
|          | a                                  | b          |          | a                                  | b          |
| 15       | 131°17'00"                         | 131°22'00" | 20       | 261°17'30"                         | 261°18'00" |
| 16       | 183°07'00"                         | 183°10'00" | 21       | 131°07'30"                         | 131°10'00" |
| 17       | 202°16'00"                         | 202°10'00" | 22       | 187°05'00"                         | 187°00'00" |
| 18       | 357°07'00"                         | 357°02'00" | 23       | 0°00'00"                           | 359°50'00" |
| 19       | 0°10'00"                           | 0°03'00"   | 24       | 0°01'30"                           | 0°15'00"   |

#### 1.4.4 Измерение горизонтальных углов способом «приемов»

**Пример.** Обработать журнал измерения горизонтальных углов способом «приемов», определить среднее значение каждого угла, таблица 24.

Таблица 24 – Результаты измерения

| №<br>точки<br>стояния | №<br>точки<br>наблюдения | Отсчеты |    |    | Сред<br>ние<br>отсчеты | Угол       | Сред<br>нее<br>из<br>углов |
|-----------------------|--------------------------|---------|----|----|------------------------|------------|----------------------------|
|                       |                          | I       |    | II |                        |            |                            |
|                       |                          | °       | '  | '  |                        |            |                            |
| КП                    |                          |         |    |    |                        |            |                            |
|                       | 8                        | 202     | 15 | 16 | 202°15'30"             | 190°45'00" |                            |
|                       | 2                        | 11      | 30 | 31 | 30'30"                 |            |                            |

Продолжение таблицы 24

|                       |                          |         |    |    |                        |                |                         |
|-----------------------|--------------------------|---------|----|----|------------------------|----------------|-------------------------|
| 1                     | КЛ                       |         |    |    |                        |                | 190°45'0<br>0"          |
|                       | 8                        | 201     | 17 | 18 | 204°17'3<br>0          | 190°45'0<br>0" |                         |
|                       | 2                        | 13      | 32 | 33 | 13°32'30               |                |                         |
| КП                    |                          |         |    |    |                        |                |                         |
|                       | 1                        | 164     | 42 | 42 | 164°42'                | 88°31'00"      |                         |
|                       | 3                        | 76      | 11 | 11 | 76°11'                 |                |                         |
| 2                     | КЛ                       |         |    |    |                        |                | 88°30'30"               |
|                       | 1                        | 103     | 46 | 46 | 103°46'                | 88°30'00"      |                         |
| №<br>точки<br>стояния | №<br>точки<br>наблюдения | Отсчеты |    |    | Сред<br>ние<br>отсчеты | Угол           | Сред<br>нее из<br>углов |
|                       |                          | I       |    | II |                        |                |                         |
|                       |                          | °       | '  | '  |                        |                |                         |
|                       | 3                        | 15      | 16 | 16 | 15°16'                 |                |                         |
| КП                    |                          |         |    |    |                        |                |                         |
|                       | 2                        | 300     | 10 | 10 | 300°10'                | 202°16'0<br>0" |                         |
|                       | 4                        | 97      | 54 | 54 | 97°54'                 |                |                         |
| 3                     | КЛ                       |         |    |    |                        |                | 202°16'3<br>0"          |
|                       | 2                        | 301     | 10 | 10 | 301°10'                | 202°17'0<br>0" |                         |
|                       | 4                        | 98      | 53 | 53 | 98°53'                 |                |                         |
| КП                    |                          |         |    |    |                        |                |                         |
|                       | 3                        | 173     | 15 | 15 | 173°15'                | 111°10'0<br>0" |                         |
|                       | 5                        | 62      | 05 | 05 | 62°05'                 |                |                         |

Продолжение таблицы 24

|       |    |     |    |    |         |                |                |
|-------|----|-----|----|----|---------|----------------|----------------|
| 4     | КЛ |     |    |    |         |                | 111°10'0<br>0" |
|       | 3  | 15  | 40 | 40 | 15°40'  | 111°10'0<br>0" |                |
|       | 5  | 264 | 30 | 30 | 264°30' |                |                |
| Ответ |    |     |    |    |         |                | 592°42'0<br>0" |

**Задачи.** Определить среднее значение углов, измеренных способом «приемов». Ответ дается в виде суммы средних значений углов по всему журналу, таблица 25.

Таблица 25 – Результаты измерений

| № точки<br>стояния | № точки<br>наблюдения | Отсчеты |    |    |
|--------------------|-----------------------|---------|----|----|
|                    |                       | I       |    | II |
|                    |                       | °       | '  | '  |
| Задача № 25        |                       |         |    |    |
| КП                 |                       |         |    |    |
| 1                  | 8                     | 300     | 15 | 15 |
|                    | 2                     | 182     | 35 |    |
|                    | КЛ                    |         |    |    |
|                    | 8                     | 301     | 20 | 20 |
|                    | 2                     | 183     | 39 | 39 |
| КП                 |                       |         |    |    |
| 2                  | 1                     | 2       | 15 | 15 |
|                    | 3                     | 162     | 35 | 35 |
|                    | КЛ                    |         |    |    |
|                    | 1                     | 4       | 15 | 15 |
|                    | 3                     | 164     | 05 | 05 |
| КП                 |                       |         |    |    |
| 3                  | 2                     | 0       | 15 | 15 |

Продолжение таблицы 25

|                    |                       |         |    |    |
|--------------------|-----------------------|---------|----|----|
|                    | 4                     | 272     | 35 | 35 |
|                    | КЛ                    |         |    |    |
|                    | 2                     | 0       | 15 | 15 |
|                    | 4                     | 272     | 24 | 24 |
| КП                 |                       |         |    |    |
| № точки<br>стояния | № точки<br>наблюдения | Отсчеты |    |    |
|                    |                       | I       |    | II |
|                    |                       | °       | '  | '  |
| 4                  | 3                     | 283     | 55 | 54 |
|                    | 5                     | 183     | 44 | 44 |
|                    | КЛ                    |         |    |    |
|                    | 3                     | 274     | 15 | 15 |
|                    | 5                     | 174     | 04 | 04 |

#### 1.4.5 Определение МО (место нуля) вертикального круга

**Пример.** Определить МО (место нуля) вертикального круга теодолита, если отсчет при КП = 6° 20' и КЛ = 357° 10'.

**Решение.** МО определяется по формуле

$$МО = \frac{КП + КЛ}{2}$$

2

$$МО = \frac{6°20' + 360° + 357°10'}{2} = 1°45',$$

**Задачи.** Определить МО по следующим данным, таблица 26.

Таблица 26 – Результаты измерений

| № задачи | Дано    |        | № задачи | Дано       |            |
|----------|---------|--------|----------|------------|------------|
|          | КП      | КЛ     |          | КП         | КЛ         |
| 26       | 358°11' | 1°52'  | 31       | 352°45'30" | 7°05'30"   |
| 27       | 358°10' | 1°51'  | 32       | 352°45'30" | 7°25'30"   |
| 28       | 342°10' | 18°02' | 33       | 5°24'30"   | 354°38'30" |

Продолжение таблицы 26

|    |         |         |    |            |            |
|----|---------|---------|----|------------|------------|
| 29 | 343°12' | 18°19'  | 34 | 1°01'30"   | 359°00'30" |
| 30 | 2°11'   | 357°45' | 35 | 359°07'30" | 0°54'30"   |

#### 1.4.6 Измерение вертикальных углов

**Пример.** Определить угол наклона  $\alpha$  линии к горизонту, если  $МО = 359°54'$ ,  $КП = 3°12'$  и  $КЛ = 356°36'$ .

**Решение.** Угол наклона линий к горизонту определяется по формулам:

$$\alpha = КП - МО \text{ (1); } \alpha = МО - КЛ \text{ (2); и } \alpha = \frac{КП - КЛ}{2} \text{ (3)}$$

2). Если один из отсчетов находится в I четверти, а второй — в IV четверти, то к отсчету в I четверти прибавляют  $360°$

Следовательно:

$$1) \alpha = 363° 12' - 359° 54' = + 3° 18';$$

$$2) \alpha = 359° 54' - 356° 36' = + 3° 18';$$

$$3) \alpha = \frac{363°12' - 356°36'}{2} = + 3° 18'.$$

**Задачи.** Определить угол наклона линии к горизонту по следующим данным, таблица 27.

Таблица 27 – Результаты измерений

| № задачи | Дано       |            |            | № задачи | Дано |         |        |
|----------|------------|------------|------------|----------|------|---------|--------|
|          | МО         | КП         | КЛ         |          | МО   | КП      | КЛ     |
| 36       | 359°55'30" | 352°45'30" | 7°05'30"   | 41       | 1',5 | 358°11' | 1°52'  |
| 37       | 0'30"      | 352°45'30" | 7°15'30"   | 42       | 0',5 | 358°10' | 1°51'  |
| 38       | 1'30"      | 5°24'30"   | 354°38'30" | 43       | 6',0 | 342°10' | 18°02' |

Продолжение таблицы 27

|    |       |            |            |    |         |         |         |
|----|-------|------------|------------|----|---------|---------|---------|
| 30 | 1'00" | 1°01'30"   | 359°00'30" | 44 | 45',5   | 343°12' | 18°19'  |
| 40 | 1'00" | 359°07'30" | 0°54'30"   | 45 | 359°58' | 2°11'   | 357°45' |

#### 1.4.7 Определение величины угловой невязки в замкнутом полигоне теодолитного хода

**Пример.** Определить величину угловой невязки  $f_\beta = \Sigma \beta_{\text{п}} - \Sigma \beta_{\text{т}}$  и ее знак в полигоне из пяти вершин, если сумма измеренных углов равна  $540^\circ 03'$ .

**Решение.** Теоретическая сумма углов многоугольника, равна  $180^\circ (n - 2)$ , где  $n$  — число углов многоугольника. В нашем случае  $180^\circ \cdot 3 = 540^\circ$ , отсюда невязка равна сумме углов измеренных минус сумме углов теоретических:  $f_\beta = 540^\circ 03' - 540^\circ 00' = + 3'$ .

**Задачи.** Определить величину угловой невязки  $f_\beta$  и ее знак в замкнутом полигоне по следующим данным, таблица 28.

Таблица 28 – Результаты измерений

| № задачи | Дано              |                          | № задачи | Дано              |                          |
|----------|-------------------|--------------------------|----------|-------------------|--------------------------|
|          | количество вершин | практическая сумма углов |          | количество вершин | практическая сумма углов |
| 46       | 4                 | 359°57'00"               | 51       | 10                | 1440°01'30"              |
| 47       | 26                | 4320°07'45"              | 52       | 21                | 3419°55'00"              |
| 48       | 5                 | 539° 57'00"              | 53       | 11                | 1620°07'30"              |
| 49       | 25                | 4139°52'00"              | 54       | 20                | 3240°00'30"              |
| 50       | 7                 | 900°02'00"               | 55       | 12                | 1799°59'30"              |

#### 1.4.8 Определение величины допустимой угловой невязки в замкнутом полигоне теодолитного хода

**Пример.** Допустима ли невязка  $f_{\beta} = +3'$  в теодолитном полигоне из 16 вершин, если точность верньера  $t = 1'$ .

**Решение.** Предельная допустимая невязка определяется по формуле  $f_{\beta} = \pm 1', 5\sqrt{n}$  для

$t = 1'$  и по формуле  $f_{\beta} = \pm 1', \sqrt{n}$  для  $t = 30''$ , где  $t$  — точность верньера;  $n$  число измеренных углов.

В нашем случае  $f = \pm 1', 5 \cdot 1 \sqrt{16} = \pm 6'$ , а фактическая  $+3'$  не превышает предельную, следовательно, она допустима.

**Задачи.** Определить, допустима ли невязка  $f_{\beta}$  при следующих  $n$  и  $t$ , таблица 29.

Таблица 29 – Варианты задания

| № за<br>дачи | Дано        |     |        | № за<br>дачи | Дано 1      |     |        |
|--------------|-------------|-----|--------|--------------|-------------|-----|--------|
|              | $f_{\beta}$ | $n$ | $t$    |              | $f_{\beta}$ | $n$ | $t$    |
| 56           | $-2'15''$   | 9   | $30''$ | 61           | $+1'45''$   | 7   | $30''$ |
| 57           | $-4'00''$   | 10  | $1'$   | 62           | $+5'00''$   | 19  | $30''$ |
| 58           | $-3'00''$   | 27  | $1'$   | 63           | $-3'45''$   | 17  | $30''$ |
| 59           | $-4'30''$   | 28  | $30''$ | 64           | $-2'45''$   | 15  | $1'$   |
| 60           | $+3'00''$   | 12  | $30''$ | 65           | $-1'45''$   | 13  | $30''$ |

#### 1.4.9 Определение величины угловой невязки в теодолитном ходе, опирающемся на две твердые стороны

**Пример.** Проложен диагональный ход между вершинами полигона № 2 и 5 (рисунок 10).

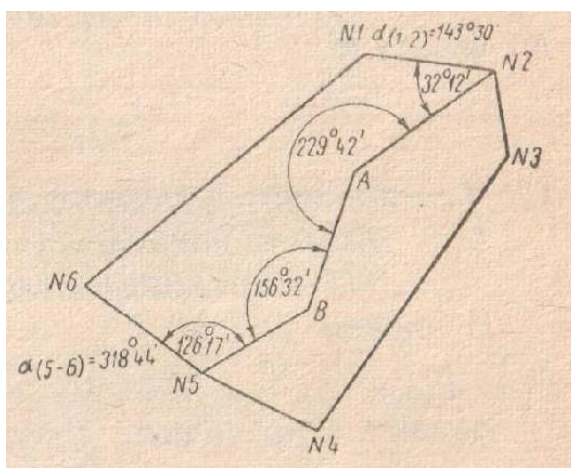


Рисунок 10 – Прокладка диагонального хода

Требуется определить величину угловой невязки  $f_\beta$  диагонального хода, если начальный дирекционный угол  $\alpha_0 = 143^\circ 30'$ , конечный  $\alpha_n = 318^\circ 44'$ , а сумма вправо по ходу лежащих измеренных углов  $\Sigma\beta_n = 544^\circ 43'$ .

**Решение.** Воспользуемся формулой:

$$f_\beta = \Sigma\beta_n - n \cdot 180^\circ - (\alpha_0 - \alpha_n),$$

где  $\alpha_0$  — дирекционный угол начальной линии;

$\alpha_n$  — дирекционный угол конечной линии;

$n$  — число углов диагонального хода (включая примычные);

$\Sigma\beta_n$  — измеренные по ходу правые углы диагонального хода.

Подставляя заданные значения в формулу, получаем:

$$f_\beta = 544^\circ 43' - 4 \cdot 180^\circ - (143^\circ 30' - 318^\circ 44') = 544^\circ 43' - 720^\circ - 143^\circ 30' + 318^\circ 44' = -3'.$$

**Задачи.** Определить невязку  $f_\beta$  теодолитных ходов по следующим данным, таблица 30.

Таблица 30 – Результаты измерений

| № задачи | Дано       |     |                 |            |
|----------|------------|-----|-----------------|------------|
|          | $\alpha_0$ | $n$ | $\Sigma\beta_n$ | $\alpha_n$ |
| 66       | 163°30'00" | 4   | 564°43'00"      | 318°45'00" |
| 67       | 22°55'00"  | 8   | 1462°50'30"     | 0°05'00"   |
| 68       | 188°16'00" | 15  | 2544°00'00"     | 344°16'00" |
| 69       | 297°07'30" | 13  | 2636°00'00"     | 1°01'00"   |
| 70       | 270°00'00" | 11  | 2200°00'00"     | 49°58'30"  |
| 71       | 179°59'00" | 5   | 836°40'30"      | 243°22'00" |

#### 1.4.10 Определение допустимой угловой невязки в теодолитном ходе, опирающемся на две твердые стороны

**Пример.** Допустима ли невязка  $f_{\beta_{np}} = +3'$ , если теодолитный диагональный ход имеет девять вершин, а точность верньера теодолита  $t = 1$ .

**Решение.** Предельная допустимая невязка определится по формуле

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 2t\sqrt{n},$$

где  $t$  – точность теодолита;

$n$  – число измеренных углов диагонального хода, включая примычные.

В нашем случае  $f_{\beta_{доп}} = \pm 2' \sqrt{9} = \pm 6'$ , а практическая  $f_{\beta_{np}} = +3'$ , следовательно, она допустима.

**Задачи.** Определить допустима ли невязка  $f_{\beta_{np}}$ , при следующих данных  $n$  и  $t$ , таблица 31

Таблица 31 – Варианты заданий

| № задачи | Дано             |     |     |
|----------|------------------|-----|-----|
|          | $f_{\beta_{np}}$ | $n$ | $t$ |
| 72       | $-2'30''$        | 6   | 30" |
| 73       | $+2'30''$        | 8   | 30" |
| 74       | $-1'00''$        | 9   | 1'  |
| 75       | $+2'00''$        | 10  | 1'  |
| 76       | $-3'00''$        | 12  | 1'  |
| 77       | $+2'30''$        | 12  | 30" |

## 1.5 Прямоугольные координаты

### 1.5.1 По координатам точки М определить четверть, в которой лежит эта точка

**Пример.** Даны координаты точки М:  $x_M = +40$  м и  $y_M = -10$  м. Требуется определить четверть, в которой лежит эта точка, и нанести ее на бумагу в масштабе 1 : 1000.

**Решение.** Как видно из рисунка 11, точка М лежит в IV четверти.

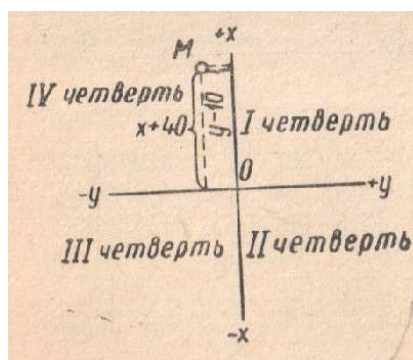


Рисунок 11 – Прямоугольные координаты точки

**Задачи.** Определить четверть, где лежит точка М, по приводимым координатам этой точки, таблица 32.

Таблица 32 – Координаты точки

| № задачи | Дано   |        |
|----------|--------|--------|
|          | $x_M$  | $y_M$  |
| 1        | +20,00 | -20,00 |
| 2        | -30,00 | -30,00 |
| 3        | -10,00 | +20,00 |
| 4        | +30,00 | +20,00 |
| 5        | -25,00 | -25,00 |

### 1.5.2 По знакам приращений координат определить четверть и им соответствующие значения дирекционных углов

**Пример.** Даны приращения координат  $-\Delta x$  и  $+\Delta y$ . Определить четверть и им соответствующие значения дирекционных углов, рисунок 12.

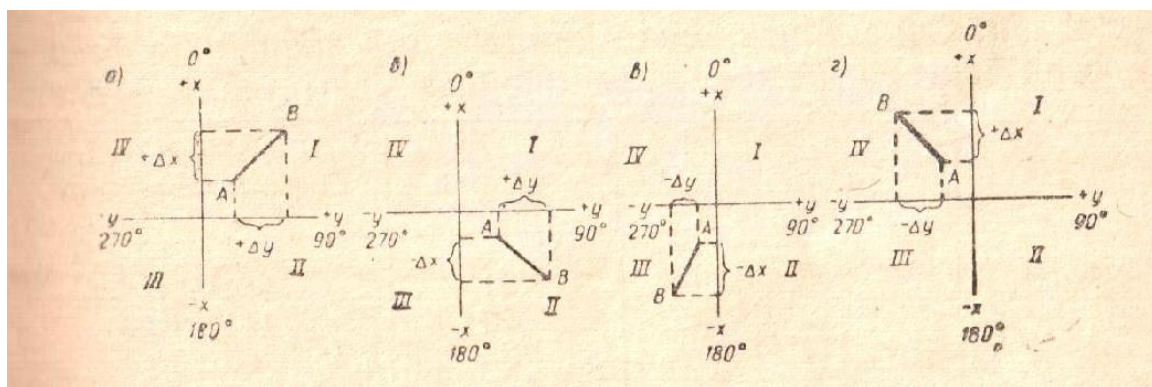


Рисунок 12 – Знаки приращений линий

**Решение.** Как видно из рисунка 12, б, линия лежит во II четверти, следовательно, ее дирекционный угол лежит в пределах от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ , таблица 33. Таблица 33 – Величина и знаки дирекционных углов <sup>1)</sup>

| Четверти | Величина угла                 | $\cos \alpha$ | $\sin \alpha$ |
|----------|-------------------------------|---------------|---------------|
| I        | от $0^\circ$ до $90^\circ$    | +             | +             |
| II       | от $90^\circ$ до $180^\circ$  | –             | +             |
| III      | от $180^\circ$ до $270^\circ$ | –             | –             |
| IV       | от $270^\circ$ до $360^\circ$ | +             | –             |

**Задачи.** По знакам приращений координат определить четверть и предел, в которых лежит дирекционный угол, таблица 34.

Таблица 34 – Варианты заданий

| № задачи | Дано       |            | № задачи | Дано       |            |
|----------|------------|------------|----------|------------|------------|
|          | $\Delta x$ | $\Delta y$ |          | $\Delta x$ | $\Delta y$ |
| 6        | –          | –          | 11       | –          | –          |
| 7        | +          | –          | 12       | +          | –          |
| 8        | +          | +          | 13       | –          | +          |

### Продолжение таблицы 34

|    |   |   |    |   |   |
|----|---|---|----|---|---|
| 9  | — | + | 14 | + | + |
| 10 | + | — | 15 | — | — |

### 1.5.3 Определение по дирекционному углу линии знаков приращений координат

**Пример.** Дан дирекционный угол линии 1—2  $\alpha = 140^{\circ}00'$ . Требуется определить знаки приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

**Решение.** Как видно из рисунка 12, б, линия лежит во II четверти, следовательно,  $\Delta x$  будет иметь знак «—» и  $\Delta y$  знак «+».

**Задачи.** Определить знаки приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , если даны следующие дирекционные углы линий, таблица 35.

Таблица 35 – Дирекционные углы линий

| № задачи | Дирекционные углы | № задачи | Дирекционные углы |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| 16       | $285^{\circ}27'$  | 21       | $269^{\circ}59'$  |
| 17       | $0^{\circ}44'$    | 22       | $111^{\circ}13'$  |
| 18       | $121^{\circ}17'$  | 23       | $93^{\circ}08'$   |
| 19       | $222^{\circ}22'$  | 24       | $1^{\circ}10'$    |
| 20       | $307^{\circ}15'$  | 25       | $201^{\circ}52'$  |

3). Градусную величину дирекционного угла линии и соответствующие ему знаки тригонометрических функций можно определить по приведенной таблице

### 1.5.4 Определение по румбу линии знаков приращений координат

**Пример.** Дан румб (1—2) СЗ :  $10^{\circ}40'$ , требуется определить знаки приращений координат.

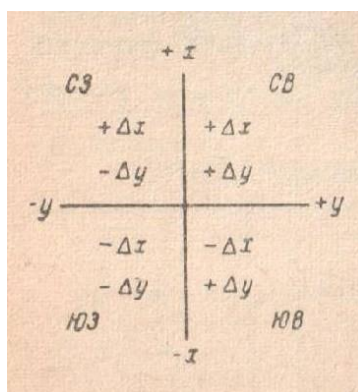


Рисунок 13 – К определению названий румбов по знакам приращен координат

**Решение.** Из рисунка 13 видно, что линия лежит в IV четверти, следовательно,  $\Delta x$  будет иметь знак «+» и  $\Delta y$  знак «-».

**Задачи.** Определить знаки приращений координат, если даны румбы линий, таблица 36.

Таблица 36 – Румбы линий

| № задачи | Румбы линий          |
|----------|----------------------|
| 26       | ЮВ : $16^{\circ}16'$ |
| 27       | ЮЗ : $37^{\circ}07'$ |
| 28       | СВ : $20^{\circ}20'$ |
| 29       | СЗ : $1^{\circ}07'$  |
| 30       | ЮВ : $0^{\circ}01'$  |

### 1.5.5 Определение названия румба линии по знакам приращений координат

**Пример.** Определить название румба линии, если дано  $+\Delta x$  и  $-\Delta y$ .

**Решение.** Как видно из рисунка 13, румб этой линии будет СЗ.

**Задачи.** Определить название румбов по знакам приращений координат, таблица 37

Таблица 37 – Знаки приращений координат

| № задачи | Дано       |            | № задачи | Дано       |            |
|----------|------------|------------|----------|------------|------------|
|          | $\Delta x$ | $\Delta y$ |          | $\Delta x$ | $\Delta y$ |
| 31       | —          | —          | 36       | —          | +          |
| 32       | +          | —          | 37       | +          | +          |
| 33       | —          | +          | 38       | +          | —          |

Продолжение таблицы 37

|    |   |   |    |   |   |
|----|---|---|----|---|---|
| 34 | + | — | 39 | + | + |
| 35 | — | — | 40 | — | + |

### 1.5.6 Вычисление приращений координат по румбам линий и горизонтальным проложениям

**Пример.** Вычислить приращения координат, когда дано: румб линии ЮЗ :  $40^{\circ}41'$  и горизонтальное проложение  $L = 245,67$  м.

**Решение.** 1. Вычисление приращений координат может быть выполнено по формулам:

$$\Delta x = L \cos r \text{ и } \Delta y = L \sin r.$$

где  $L$  — длина линии;

$r$  — румб линии.

Тогда  $\Delta x = 245,67 \cdot 0,75832 = 186,29$  и  $\Delta y = 245,67 \cdot 0,65187 = 160,15$ , и, учитывая, что линия лежит в III четверти (пункт 1.5.4), получим  $\Delta x = -186,29$  и  $\Delta y = -160,15$ .

1. Вычисление приращений координат выполняем при помощи таблиц приращений координат.

#### Вычисление $\Delta x$

|                         |       |        |
|-------------------------|-------|--------|
| Для расстояния 200,00 м | ..... | 151,66 |
| » » 40,00 »             | ..... | 30,33  |
| » » 5,00 »              | ..... | 3,79   |
| » » 0,67 »              | ..... | 0,51   |
| <hr/>                   |       |        |
| 245,67 м                | ..... | 186,29 |

#### Вычисление $\Delta y$

|                         |       |        |
|-------------------------|-------|--------|
| Для расстояния 200,00 м | ..... | 130,38 |
| » » 40,00 »             | ..... | 26,07  |

|       |   |                |        |
|-------|---|----------------|--------|
| »     | » | 5,00 » .....   | 3,26   |
| »     | » | 0,67 » .....   | 0,44   |
| <hr/> |   |                |        |
|       |   | 245,67 м ..... | 160,15 |

С учетом четверти, в которой лежит румб линии, получим  $\Delta x = -186,29$  и  $-\Delta y = -160,15$ .

**Задачи.** Вычислить приращения по приводимым данным, таблица 38.

Таблица 38 – Варианты заданий

| № задачи | Румб линии                      | № задачи | Румб линии                      |
|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
|          | Горизонтальное проложение       |          | Горизонтальное проложение       |
| 41       | ЮВ : $45^{\circ}00'$ L = 160,60 | 44       | ЮВ : $70^{\circ}32'$ L = 241,00 |
| 42       | ЮЗ : $2^{\circ}54'$ L = 149,40  | 45       | ЮЗ : $87^{\circ}41'$ L = 262,79 |
| 43       | СВ : $0^{\circ}51'$ L = 123,15  | 46       | ЮВ : $3^{\circ}27'$ L = 273,30  |

### 1.5.7 Определение приращений координат и их знаков по координатам конечных точек линии

**Пример.** Определить по координатам конечных точек линии АВ приращения координат и их знаки, если дано:  $X_B = +100$  м,  $X_A = +50$  м;  $y_B = +90$  м и  $y_A = +40$  м.

**Решение** (рисунок 14):

$$\Delta x = x_B - x_A = (+100) - (+50) = +50 \text{ м.}$$

$$\Delta y = y_B - y_A = (+90) - (+40) = +50 \text{ м.}$$

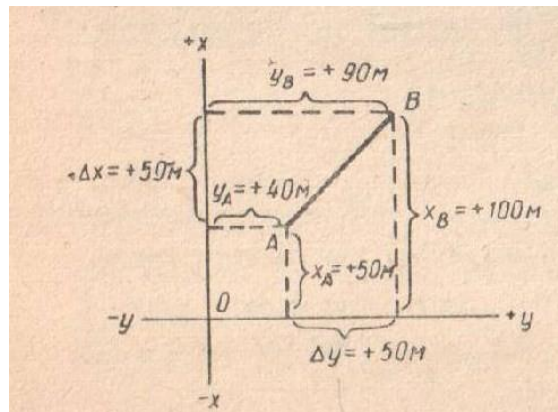


Рисунок 14 – К определению приращений координат и их знаков

**Задачи.** Вычислить приращения координат с их знаками по следующим данным, таблица 39.

Таблица 39 – Координаты точки

| № задачи | Дано    |        |         |         |
|----------|---------|--------|---------|---------|
|          | $x_B$   | $x_A$  | $y_B$   | $y_A$   |
| 47       | +700,55 | +70,10 | +200,11 | +150,31 |
| 48       | -100,75 | +30,15 | +80,31  | -40,92  |
| 49       | +75,16  | -64,87 | -52,16  | +22,64  |
| 50       | +40,27  | -80,92 | -60,88  | +40,75  |
| 51       | +100,31 | +50,64 | +120,77 | +60,20  |

### 1.5.8 Определение по румбу линии, которое из приращений $\Delta x$ или $\Delta y$ больше по абсолютной величине

**Пример.** Определить, которое из приращений получим  $\Delta x$  или  $\Delta y$  больше по абсолютной величине, если румб линии СВ :  $30^\circ 00'$  (рисунок 15).

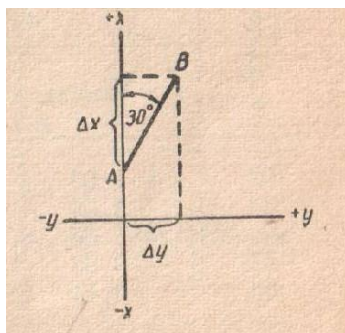


Рисунок 15 – К определению абсолютных величин приращений координат

**Решение.** Приращение  $\Delta x > \Delta y$ . Здесь нужно запомнить правило, что если румб линии меньше  $45^\circ$ , то  $\Delta x > \Delta y$ ; если румб линии больше  $45^\circ$ , то  $\Delta y > \Delta x$ . То же следует из рисунка 15.

**Задачи.** Определить, какое из приращений  $\Delta x$  или  $\Delta y$  больше по абсолютной величине, таблица 40.

Таблица 40 – Варианты заданий

| № задачи | Румб линии          | № задачи | Румб линии          | № задачи | Румб линии          |
|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|
| 52       | ЮВ : $79^\circ 50'$ | 56       | ЮЗ : $42^\circ 16'$ | 59       | СВ : $16^\circ 44'$ |
| 53       | СЗ : $52^\circ 10'$ | 57       | ЮВ : $0^\circ 04'$  | 60       | СВ : $89^\circ 59'$ |
| 54       | СВ : $0^\circ 10'$  | 58       | СЗ : $0^\circ 03'$  | 61       | ЮВ : $0^\circ 01'$  |
| 55       | ЮЗ : $11^\circ 40'$ |          |                     |          |                     |

### 1.5.9 Определение по невязкам приращений координат грубых просчетов в измерении

**Пример.** При вычислении приращений координат получены недопустимые невязки: по  $f_y = -1,5$  м и  $f_x = +2,0$  м. Требуется определить дирекционный угол линии, в которой сделан грубый просчет.

**Решение.** Для отыскания дирекционного угла этой линии воспользуемся формулой

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_y}{f_x}.$$

Найдем  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{-1,5}{2,0} = -0,7500$ ;  $\alpha = 36^\circ 52'$ , и, принимая во внимание знаки

приращений координат, дирекционный угол этой линии  $180^\circ 00' - 36^\circ 52' = 143^\circ 08'$ . Таким образом, грубый просчет может быть в линиях, имеющих дирекционные углы, близкие к  $143^\circ 08'$  и  $323^\circ 08'$ .

**Задачи.** Определить дирекционный угол линии с грубым просчетом по  $f_x$  и  $f_y$ , таблица 41.

Таблица 41 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |       | № задачи | Дано   |       |
|----------|-------|-------|----------|--------|-------|
|          | $f_x$ | $f_y$ |          | $f_x$  | $f_y$ |
| 62       | -1,00 | +0,50 | 67       | -20,00 | +0,05 |
| 63       | +2,00 | +3,00 | 68       | -0,30  | +2,30 |
| 64       | -1,52 | +3,42 | 69       | +0,45  | -3,30 |
| 65       | -0,65 | -3,25 | 70       | -4,00  | +3,00 |
| 66       | +0,44 | +3,80 | 71       | +10,20 | +1,45 |

#### 1.5.10 Прямая геодезическая задача (решение при помощи пятизначных таблиц натуральных значений тригонометрических функций)

**Пример.** Вычислить координаты точки 2, если даны координаты точки 1 –  $x_1 = +80,00$  м,  $y_1 = +150,00$  м; расстояние между точками 1 – 2 равно 100,50 м и румб линии 1 – 2 СВ :  $50^\circ 06'$ .

**Решение.** 1. Вычисляем приращения координат по формулам

$$\Delta x = L \cos r \text{ и } \Delta y = L \sin r.$$

В нашем случае:

$$\Delta x_{(1-2)} = 100,50 \cdot 0,64145 = +64,46 \text{ м};$$

$$\Delta y_{(1-2)} = 100,50 \cdot 0,76716 = +77,10 \text{ м}.$$

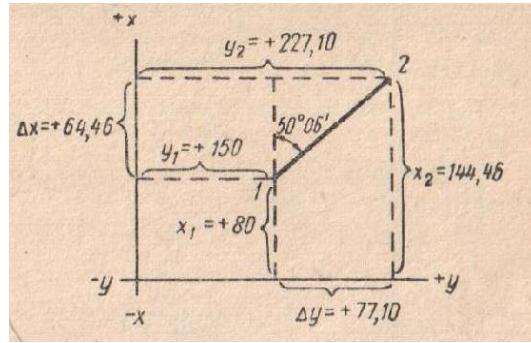


Рисунок 16 – К решению прямой геодезической задачи

2. Определяем координаты точки 2 (рисунок 16):

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{(1-2)} = (+80,00) + (+64,46) = +144,46 \text{ м};$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y_{(1-2)} = (+150,00) + (+77,10) = +227,10 \text{ м}.$$

Координата последующей точки равна координате предыдущей точки плюс (алгебраически) приращения координат.

**Задачи.** Вычислить координаты  $x_2$  и  $y_2$  по следующим данным, таблица 42.

Таблица 42 – Варианты заданий

| № задачи | Дано       |         |            |                   |
|----------|------------|---------|------------|-------------------|
|          | координаты |         | меры линий | дирекционные углы |
|          | $x_1$      | $y_1$   |            |                   |
| 72       | +100,40    | +60,30  | 160,60     | 135°00'           |
| 73       | -100,00    | -100,00 | 149,40     | 182°54'           |
| 74       | -100,00    | +100,00 | 123,15     | 0°51'             |
| 75       | -7,00      | +7,00   | 241,00     | 109°28'           |
| 76       | -115,00    | +115,00 | 262,79     | 267°41'           |
| 77       | 0,00       | 0,00    | 273,30     | 176°32'           |

### 1.5.11 Прямая геодезическая задача (решение при помощи калькулятора)

**Пример.** Даны координаты:  $x_1 = +100,00$  м,  $y_1 = -100,00$  м; дирекционный угол линии  $1-2 = 200^\circ 00'$  и длина линии между точками  $1-2 = 50,00$  м. Требуется определить координаты точек  $x_2$  и  $y_2$ .

Формулы для решения:

$$1) \quad x_B + x_A \pm \Delta x = x_A \pm L \cos \alpha;$$

$$2) \quad y_B - y_A \pm \Delta y = y_A \pm L \sin \alpha;$$

3) контрольная формула  $\Delta y \sin \alpha + \Delta x \cos \alpha = L$ .

**Решение** при помощи калькулятора выполняется следующим образом, таблица 43.

Таблица 43 – Пример вычислений <sup>4)</sup>

| № действия | Значения      | Результаты |
|------------|---------------|------------|
| I          | L             | 50,00      |
| II         | $\alpha$      | 200°00'    |
| 6          | $x_2$         | +53,02     |
| № действия | Значения      | Результаты |
| II         | $x_1$         | +100,00    |
| 4          | $\Delta x$    | – 46,98    |
| 2          | $\cos \alpha$ | 0,93969    |
| 1          | L             | 50,00      |
| 3          | $\sin \alpha$ | 0,34202    |
| 5          | $\Delta y$    | – 17,10    |
| IV         | $y_1$         | – 100,00   |

4). Римские цифры показывают порядок записи, а арабские – порядок вычислений.

Продолжение таблицы 43

|          |                        |          |
|----------|------------------------|----------|
| 7        | $y_2$                  | – 117,10 |
| Контроль |                        |          |
| 8        | $\Delta x \cos \alpha$ | 44,15    |
| 9        | $\Delta y \sin \alpha$ | 5,85     |
| 10       | L                      | 50,00    |

**Задачи.** По приводимым ниже данным найти координаты  $x_2$  и  $y_2$ , таблица 44

1) Римские цифры показывают порядок записи, а арабские – порядок вычислений.

Таблица 44 – Варианты заданий

| № задачи | Дано       |         |                   |            |
|----------|------------|---------|-------------------|------------|
|          | координаты |         | дирекционные углы | меры линий |
|          | $x_1$      | $y_1$   |                   |            |
| 78       | +100,40    | -100,00 | 135°00'           | 160,60     |
| 79       | -0,22      | -0,22   | 182°54'           | 149,40     |
| 80       | -0,31      | 0       | 0°51'             | 123,15     |
| 81       | +0,21      | 0       | 109°28'           | 241,00     |
| 82       | -100,00    | +100,00 | 267°41'           | 262,79     |

### 1.5.12 Обратная геодезическая задача (решение при помощи пятизначных таблиц логарифмов)

**Пример.** Даны координаты концов линии 1 – 2:  $x_1 = -648,25$ ;  $y_1 = +105,21$ ;  $x_2 = -434,62$  и  $y_2 = -76,05$ ; требуется определить румб и длину этой линии (рисунок 17):

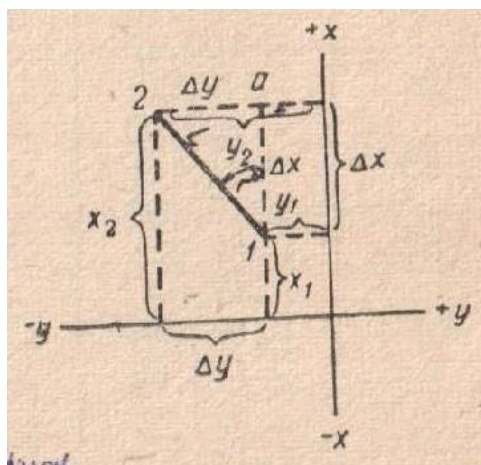


Рисунок 17 – К решению обратной геодезической задачи

$$1) \operatorname{tgr} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x};$$

$$2) L = \frac{\Delta y}{\sin r};$$

$$3) L = \frac{\Delta x}{\cos r};$$

$$4) L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Вычисления расположим в следующей таблице (цифрами в скобках указан порядок действий), таблица 45.

Таблица 45 – Пример вычислений

| Формулы                         | Вычисление по линии 1 – 2 |
|---------------------------------|---------------------------|
| (1) $x_2 =$                     | –434,62                   |
| (2) $x_1 =$                     | –648,25                   |
| (3) $x_2 - x_1 =$               | +213,63                   |
| (4) $y_2 =$                     | –76,05                    |
| (5) $y_1 =$                     | +105,21                   |
| (6) $y_2 - y_1 =$               | –181,26                   |
| (13) $\lg L =$                  | n 2,44742                 |
| (7) $\lg \Delta y =$            | n 2,25830                 |
| (11) $\lg \sin r =$             | 9,81088                   |
| (12) $\lg \cos r =$             | 9,88225                   |
| (8) $\lg \Delta x =$            | 2,32966                   |
| (14) $\lg L =$                  | 2,44741                   |
| (15) $L =$                      | 280,16                    |
| (9) $\lg \operatorname{tg} r =$ | n 9,92864                 |
| (10) $r =$                      | 40°18',8                  |

Название румба линии устанавливают по знакам приращений координат. В нашем случае  $\Delta x$  имеет знак «+» и  $\Delta y$  знак «–», следовательно, румб линии 1 – 2 составит СЗ : 40°18',8.

**Задачи.** По координатам концов линии определить румб линии и горизонтальную ее длину, таблица 46

Таблица 46 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                            |                                 | № задачи | Дано                            |                                 |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | х <sub>В</sub> ; х <sub>А</sub> | у <sub>В</sub> ; у <sub>А</sub> |          | х <sub>В</sub> ; х <sub>А</sub> | у <sub>В</sub> ; у <sub>А</sub> |
| 83       | –13,16;                         | +173,86;                        | 88       | –272,79;                        | +16,52;                         |
|          | +100,40                         | +60,30                          |          | 0                               | 0                               |
| 84       | –249,20;                        | –107,55;                        | 89       | –167,25;                        | –73,72;                         |
|          | –100,00                         | –100,00                         |          | –0,75                           | –0,75                           |
| № задачи | Дано                            |                                 | № задачи | Дано                            |                                 |
|          | х <sub>В</sub> ; х <sub>А</sub> | у <sub>В</sub> ; у <sub>А</sub> |          | х <sub>В</sub> ; х <sub>А</sub> | у <sub>В</sub> ; у <sub>А</sub> |
| 85       | +23,15;                         | +101,82;                        | 90       | +154,44;                        | +29,92;                         |
|          | –100,00                         | +100,00                         |          | +1,23                           | –98,64                          |
| 86       | –87,31;                         | +234,22;                        | 91       | +1036,47;                       | +1036,95;                       |
|          | –7,00                           | +7,00                           |          | +1123,07                        | +986,95                         |
| 87       | +104,38;                        | –147,57;                        | 92       | –1157,50;                       | –12,79;                         |
|          | +115,00                         | +115,00                         |          | –1007,52                        | –10,17                          |

### 1.5.13 Обратная геодезическая задача (решение при помощи калькулятора)

**Пример.** Требуется определить дирекционный угол  $\alpha$  и горизонтальное расстояние  $L$  линии АВ, если даны  $x_A = +5,64$ ;  $y_A = -1,51$ ;  $x_B = -2,72$  и  $y_B = +0,24$ .

Формулы для решения:

$$1) \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A},$$

$$2) L = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha};$$

3) контрольная формула

$$\operatorname{tg} (\alpha + 45^\circ) = \frac{\Delta x + \Delta y}{\Delta x - \Delta y}.$$

**Решение** выполняется при помощи калькулятора, таблица 47

Таблица 47 – Пример вычислений

| № пункта | $y_B$<br>$y_A$<br>$\Delta y = (y_B - y_A)$ | $x_B$<br>$x_A$<br>$\Delta x = (x_B - x_A)$ | $tg \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$<br>$\alpha$ | $\frac{\Delta x + \Delta y}{\Delta x - \Delta y} = tg(\alpha + 45^\circ)$<br>$(\alpha + 45^\circ)$ | $\sin \alpha$<br>$\cos \alpha$<br>$L = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}$ |
|----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В        | +0,24                                      | -2,72                                      | 0,20933                                             | $\frac{-6,61}{-10,11} = 0,65381$                                                                   | 0,20488                                                                                             |
| А        | -1,51                                      | +5,64                                      | 11°49'20"                                           | 56°49'20"                                                                                          | 0,97879                                                                                             |
|          | +1,75                                      | -8,36                                      |                                                     |                                                                                                    | 8,54 м                                                                                              |

Ответ: 168°10'40".

**Задачи.** Определить дирекционный угол  $\alpha$  и горизонтальное проложение  $L$  по приводимым ниже данным, таблица 48.

Таблица 48 – Варианты заданий

| № задачи | Дано       |            | № задачи | Дано       |            |
|----------|------------|------------|----------|------------|------------|
|          | $x_B; x_A$ | $y_B; y_A$ |          | $x_B; x_A$ | $y_B; y_A$ |
| 93       | -20,19;    | -19,19;    | 98       | +1927,73;  | -1685,53;  |
|          | -19,05     | -19,05     |          | +2005,50   | -1685,55   |
| 94       | +106,20;   | +106,93;   |          | -1157,50;  | -12,79;    |
|          | +111,11    | +111,11    |          | -1007,52   | -10,17     |
| 95       | -1354,16;  | +1001,53;  |          | +39,52;    | -1271,07;  |
|          | -1345,55   | -1001,10   |          | +16,95     | -1143,05   |
| № задачи | Дано       |            | № задачи | Дано       |            |
|          | $x_B; x_A$ | $y_B; y_A$ |          | $x_B; x_A$ | $y_B; y_A$ |
| 96       | +736,23;   | -68,34;    | 101      | +0,21;     | +223,67;   |
|          | +707,70    | -70,70     |          | -0,77      | +1,45      |
| 97       | -1675,26;  | +438,50;   | 102      | +234,89;   | -764,27;   |
|          | -1675,25   | +405,17    |          | +0,22      | -1001,00   |

#### 1.5.14 Определение размеров координатной сетки по координатам вершин полигона

**Пример.** Определить размеры листа бумаги, необходимого для построения плана, если даны наибольшие и наименьшие координаты точек вершин полигона:  $x_1 = +840,42$ ;  $x_2 = -240,00$ ;  $y_1 = +220,15$ ;  $y_2 = -20,00$  и масштаб плана 1 : 1000<sup>5)</sup>.

**Решение.** 1. из данных координат следует, что наибольшее протяжение

полигона по оси x будет  $+840,42 - (-240,00) = +840,42 + 240,00 = 1080,42$  м.

2. Протяжение по оси y будет  $+220,15 - (-20,00) = 240,15$  м.

3. Принимая во внимание масштаб плана 1 : 1000, получим:  $1080,42 \text{ м} : 10 = 108 \text{ см}$  и  $240,15 \text{ м} : 10 = 24 \text{ см}$ . Следовательно, для построения полных квадратов координатной сетки 10 X 10 см необходимо считать 110 см X 30 см.

**Задачи.** Определить размеры листа по координатам плана, таблица 49

Таблица 49 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                    |                         |          |
|----------|-------------------------|-------------------------|----------|
|          | $x_1; x_2$              | $y_1; y_2$              | масштаб  |
| 103      | $-350,10;$<br>$+275,03$ | $+475,05;$<br>$-332,07$ | 1 : 2000 |
| 104      | 0;<br>$-342,12$         | $+284,99;$<br>0         | 1 : 500  |
| 105      | 0;<br>$+342,00$         | 0;<br>$-285,00$         | 1 : 500  |
| 106      | 0;<br>$-56,10$          | $+86,10;$<br>$-10,00$   | 1 : 200  |
| 107      | 0;<br>$-26,00$          | $+30,00;$<br>$-5,00$    | 1 : 100  |
| 108      | 0;<br>$-42,71$          | 0;<br>$+38,77$          | 1 : 100  |
| 109      | $-39,41;$<br>$-1,00$    | 0;<br>$-42,66$          | 1 : 100  |
| 110      | $+240,71;$<br>$-240,12$ | 0;<br>$+360,08$         | 1 : 1000 |
| 111      | $-31,05;$<br>$+600,07$  | $-100,64;$<br>$+370,02$ | 1 : 1000 |
| 112      | 0;<br>$+571,00$         | $-571,05;$<br>0         | 1 : 1000 |

### 1.5.15 Вычисление абсолютной величины линейной невязки в теодолитном ходе

**Пример.** Вычислить абсолютную величину невязки  $f_s$ , если невязка в приращениях координат по оси абсцисс  $f_x = -0,64$  м, а по оси ординат  $f_y = +0,85$  м.

**Решение.** Зная, что приращения линейной невязки  $\Delta x$  и  $\Delta y$  есть катеты прямоугольного треугольника, а линейная невязка  $f_s$  – гипотенуза, получаем

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,64^2 + 0,85^2} = 1,06\text{м.}$$

**Задачи.** Вычислить с точностью до сотых метра величину абсолютной линейной невязки по приводимым данным, таблица 50.

Таблица 50 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |       | № задачи | Дано  |       |
|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|          | $f_x$ | $f_y$ |          | $f_x$ | $f_y$ |
| 113      | -0,15 | -0,65 | 118      | -0,22 | +0,22 |
| 114      | +0,27 | +0,84 | 119      | +0,24 | -2,24 |
| 115      | -1,19 | +1,85 | 120      | +0,28 | -0,18 |
| 116      | -0,03 | +0,17 | 121      | -0,60 | -0,70 |
| 117      | +0,15 | -0,27 | 122      | +2,00 | +1,00 |

### 1.5.16 Вычисление абсолютной величины допустимой линейной невязки в теодолитном ходе

**Пример.** Вычислить абсолютную величину линейной невязки  $f_s$  в теодолитном ходе, если периметр хода  $P = 1000,00$  м, а требуемая относительная точность измерения линий  $f_{отн} = \frac{1}{2000}$ .

---

5). Определение производить с точностью до 1 см.

**Решение.** Величина абсолютной допустимой линейной невязки составит:

$$f_s = 1000,00\text{м} \cdot \frac{1}{2000} = 0,5\text{м.}$$

**Задачи.** По приводимым данным определить абсолютную величину допустимой невязки с точностью до десятых метра, таблица 51.

Таблица 51 – Варианты заданий

| № задачи | Дано    |                        | № задачи | Дано    |                        |
|----------|---------|------------------------|----------|---------|------------------------|
|          | Р       | Относительная точность |          | Р       | Относительная точность |
| 123      | 1200,00 | 1/1000                 | 128      | 2461,07 | 1/3000                 |
| 124      | 877,00  | 1/2000                 | 129      | 969,05  | 1/2000                 |
| 125      | 640,00  | 1/3000                 | 130      | 1010,10 | 1/1000                 |
| 126      | 768,15  | 1/2000                 | 131      | 1000,32 | 1/1000                 |
| 127      | 1347,05 | 1/1000                 | 132      | 1211,11 | 1/3000                 |

### 1.5.17 Определение допустимости абсолютной величины линейной невязки в теодолитном ходе

**Пример.** В результате измерения в теодолитном ходе получена абсолютная невязка  $f_{s_1} = 0,40\text{м}$ . Периметр этого хода  $P = 1000,00\text{ м}$ , а требуемая относительная точность  $1/2000$ .

Допустима ли невязка  $f_{s_1} = 0,40\text{м}$ ?

**Решение.** Вычисляем абсолютную величину допустимой линейной невязки (1.5.16), которая будет равна:

$$f_s = 1000,00\text{м} \frac{1}{2000} = 0,50\text{м}.$$

Невязка  $f_{s_1} = 0,40\text{м}$  меньше допустимой, следовательно, она допустима.

**Задачи.** Определить допустима ли абсолютная линейная невязка  $f_{s_1}$  по приводимым данным, таблица 52

Таблица 52 – Варианты заданий

| № задачи | Дано      |         |                        | № задачи | Дано      |         |                        |
|----------|-----------|---------|------------------------|----------|-----------|---------|------------------------|
|          | $f_{s_1}$ | Р       | относительная точность |          | $f_{s_1}$ | Р       | относительная точность |
| 133      | 1,74      | 1865,21 | 1/1000                 | 138      | 1,05      | 1864,64 | 1/2000                 |
| 134      | 0,63      | 877,03  | 1/2000                 | 139      | 0,70      | 1732,00 | 1/2000                 |
| 135      | 0,38      | 777,82  | 1/3000                 | 140      | 0,18      | 864,28  | 1/3000                 |
| 136      | 0,95      | 1222,17 | 1/1000                 | 141      | 1,42      | 1200,18 | 1/1000                 |
| 137      | 0,29      | 1342,07 | 1/3000                 | 142      | 0,66      | 877,10  | 1/2000                 |

### 1.5.18 Определение допустимости относительной невязки в теодолитном ходе

**Пример.** Вычислить относительную невязку и определить ее допустимость, если абсолютная невязка  $f_{s_1} = 1,5$  м, периметр хода  $P = 2000,00$  м, требуемая относительная невязка  $1/2000$ .

**Решение.** Относительная невязка равна абсолютной  $f_s$ , деленной на периметр  $P$ . Относительную невязку обычно представляют дробью, числитель которой равен единице:

$$\frac{f_s}{P} = \frac{\frac{1}{f_s}}{\frac{P}{f_s}} = \frac{1}{N}.$$

В нашем случае относительная невязка

$$\frac{f_s}{P} = \frac{1,5}{2000} = \frac{1}{3000}.$$

Допустима ли она? Поскольку она превышает  $1/2000$ , она недопустима.

**Задачи.** Вычислить относительную невязку по приводимым данным и определить ее допустимость, таблица 53.

Таблица 53 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |         |                                  |
|----------|-------|---------|----------------------------------|
|          | $f_s$ | P       | Допустимая относительная невязка |
| 143      | 0,80  | 1750,05 | 1/2000                           |
| 144      | 0,70  | 1900,77 | 1/2000                           |
| 145      | 1,70  | 2000,17 | 1/1000                           |
| 146      | 2,4   | 2500,00 | 1/1000                           |
| 147      | 4,0   | 2000,17 | 1/1000                           |

### 1.5.19 Определение допустимых невязок в приращениях координат теодолитного хода

**Пример.** Допустимы ли невязки в приращениях координат теодолитного хода  $f_x = +0,50$  м и  $f_y = -0,30$  м, если периметр  $P = 2000$  м, а требуемая точность  $1/2000$ .

**Решение.** 1. Вычисляем абсолютную линейную невязку (1.5.16) по формуле

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,50^2 + 0,30^2} = \sqrt{0,34} = 0,58 \text{ м.}$$

2. Вычисляем относительную невязку по формуле

$$\frac{f_s}{P} = \frac{0,58}{2000} = \frac{1}{3400}.$$

Поскольку  $1/3400 < 1/2000$ , следовательно, невязка допустима.

**Задачи.** Определить, допустима ли невязка при приводимых данных, таблица 54.

Таблица 54 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |       |         |                                  |
|----------|-------|-------|---------|----------------------------------|
|          | $f_x$ | $f_y$ | P       | допустимая относительная невязка |
| 148      | -1,12 | +0,70 | 2005,00 | 1/2000                           |
| 149      | +0,95 | -0,01 | 3010,10 | 1/3000                           |
| 150      | -0,42 | +0,12 | 1211,11 | 1/1000                           |
| 151      | -0,30 | +0,30 | 600,28  | 1/2000                           |
| 152      | +0,22 | -0,10 | 840,02  | 1/1000                           |

### 1.5.20 Вычисление координат пунктов полигона

**Пример.** Вычислить координаты точек полигона из шести вершин, причем относительная ошибка не должна быть более  $1/3000$ . Точность верньера  $t = 1'$ , таблица 55.

Таблица 55 – Результаты измерений

| № точки | Дано            |                             |               |            |   |
|---------|-----------------|-----------------------------|---------------|------------|---|
|         | измеренные углы | дирекционные углы (азимуты) | меры линий, м | координаты |   |
|         |                 |                             |               | х          | у |
| 1       | 91°54'          | 87°52'                      | 198,44        | 0          | 0 |
| 2       | 89°10'          |                             | 100,00        |            |   |
| 3       | 179°59'         |                             | 118,28        |            |   |
| 4       | 90°33'          |                             | 201,63        |            |   |
| 5       | 88°58'          |                             | 86,07         |            |   |
| 6       | 179°24'         |                             | 131,20        |            |   |

**Решение.** Вычисление выполняется по схеме таблицы 56, порядок вычислений следующий:

- 1) подсчитываем сумму измеренных углов (графа 2, таблицы)  $\Sigma\beta_n = 719^\circ 58'$ ;
- 2) определяем теоретическую сумму по формуле:  
 $180^\circ (n - 2)$ . В нашем случае  $180^\circ (6 - 2) = \Sigma\beta_t = 720^\circ 00'$ ;
- 3) определяем угловую невязку  $f_\beta = 719^\circ 58' - 720^\circ 00' = -2'$ ;
- 4) определяем допустимую угловую невязку по формуле

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5 t \sqrt{n},$$

где  $t$  – точность верньера;

$n$  – число углов полигона.

В нашем случае  $f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5 \sqrt{6} = \pm 3,7$ . Поскольку полученная невязка  $f_\beta = -2'$  меньше  $f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 3,7$ , следовательно, она допустима;

- 5) распределяем угловую невязку. Как правило, угловая невязка распределяется с обратным знаком на углы, образованные короткими сторонами полигона. В нашем случае поправки по  $+1'$  распределены на углы полигона № 3 и

6;

6) выписываем в графу 3 таблицы исправленные углы и подсчитываем их сумму, которая должна быть равна теоретической, т.е.  $720^{\circ}00'$ ;

7) вычисляем дирекционные углы сторон полигона (графа 4) по формуле  $\alpha_1 = \alpha =$

$= +180^{\circ} - \beta$ . В нашем случае дирекционный угол линии 2 – 3 будет :  $87^{\circ}52' + 180^{\circ}00' - 89^{\circ}10' = 178^{\circ}42'$  и т.д.

**Контроль.** Дирекционный угол линии 1-2 должен быть равен дирекционному углу линии 6 – 1 +  $180^{\circ}$  минус угол №1, т.е.  $359^{\circ}46' + 180^{\circ} - 91^{\circ}54' = 87^{\circ}52'$  (исходному дирекционному углу);

8) дирекционные углы переводим в румбы и записываем в графу 5;

9) вычисляем приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  по формулам :

$$\Delta x = L \cos r \text{ и } \Delta y = L \sin r$$

Таблица 56 – Результаты вычислений координат вершин полигона

| № точки                                  | Измеренные углы | Исправленные углы | Дирекционные углы (азимуты) | Румбы       | Меры линий | Приращения                                                                                                                                                          |                     |              |              | Координаты |         |
|------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|------------|---------|
|                                          |                 |                   |                             |             |            | вычисленные                                                                                                                                                         |                     | исправленные |              | x          | y       |
|                                          |                 |                   |                             |             |            | $\Delta x$                                                                                                                                                          | $\Delta y$          | $\Delta x$   | $\Delta y$   |            |         |
| 1                                        | 2               | 3                 | 4                           | 5           | 6          | 7                                                                                                                                                                   | 8                   | 9            | 10           | 11         | 12      |
| 1                                        | 91°54'          | 91°54'            | 87°52'                      | СВ : 87°52' | 198,44     | +2<br>+ 7,39                                                                                                                                                        | +198,30             | + 7,41       | +198,30      | 0          | 0       |
| 2                                        | 89°10'          | 89°10'            | 178°42'                     | ЮВ : 1°18'  | 100,00     | +1<br>-99,97                                                                                                                                                        | + 2,27              | - 99,96      | + 2,27       | + 7,41     | +198,30 |
| 3                                        | +1<br>179°59'   | 180°00'           | 178°42'                     | ЮВ : 1°18'  | 118,28     | +1<br>-118,23                                                                                                                                                       | + 2,69              | -118,22      | + 2,69       | - 92,55    | +200,57 |
| 4                                        | 90°33'          | 90°33'            | 268°09'                     | ЮЗ : 88°09' | 201,63     | +2<br>- 6,51                                                                                                                                                        | -201,52             | - 6,49       | -201,51      | -210,77    | +203,26 |
| 5                                        | 88°58'          | 88°58'            | 359°11'                     | СЗ : 0°49'  | 86,07      | +1<br>+86,05                                                                                                                                                        | - 1,22              | + 86,05      | - 1,22       | -217,26    | + 1,75  |
| 6                                        | +1<br>179°24'   | 179°25'           | 359°46'                     | СЗ : 0°14'  | 131,20     | +1<br>+131,20                                                                                                                                                       | - 0,53              | +131,21      | - 0,53       | -131,21    | + 0,53  |
|                                          |                 | 720°00'           | —                           | —           | P=835,62   | +224,64                                                                                                                                                             | +203,26             | +224,67      | +203,26      | —          | —       |
|                                          |                 |                   |                             |             |            | +<br>-224,71                                                                                                                                                        | +<br>-203,27        | +<br>-224,67 | +<br>-203,26 |            |         |
|                                          |                 |                   |                             |             |            | $\bar{f}_x = -0,07$                                                                                                                                                 | $\bar{f}_y = -0,01$ | 0            | 0            |            |         |
| Относительная невязка                    |                 |                   |                             |             |            |                                                                                                                                                                     |                     |              |              |            |         |
| $\Sigma \beta_{\text{п}} 719^{\circ}58'$ |                 |                   |                             |             |            | $\frac{f_S}{P} = \frac{0,07}{835,62} \approx \frac{1}{12\,500} < \frac{1}{2000}$                                                                                    |                     |              |              |            |         |
| $\Sigma \beta_{\text{т}} 720^{\circ}00'$ |                 |                   |                             |             |            | $f_{\beta_{\text{нев}}} = -2'; f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5' \sqrt{6} = \pm 3,7'; f_S = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(0,07)^2 + (0,01)^2} = \pm 0,07 \text{ м}$ |                     |              |              |            |         |

В данном случае  $\Delta x_{(1-2)} = 198,44 \cos 87^{\circ}52' = +7,39$ ,  $\Delta y_{(1-2)} = 198,44 \sin 87^{\circ}52' = +198,30$ ; полученные данные записываем в графы 7 и 8 таблицы 1 и т.д.;

9) подсчитываем сумму приращений  $\Delta x$  по графе 7 и  $\Delta y$  по графе 8 с минусом и плюсом, определяем невязки:

$$\Sigma + \Delta x = +224,64$$

+

$$\Sigma - \Delta x = -224,71$$

$$f_x = -0,07$$

$$\Sigma + \Delta y = +203,26$$

+

$$\Sigma - \Delta y = -203,27$$

$$f_y = -0,0$$

10) определяем допустимую относительную невязку

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \text{ и } \frac{f_s}{P}:$$

$$f_s = \sqrt{(0,07)^2 + (0,01)^2} = \sqrt{0,0049 + 0,001} = \sqrt{0,005} = \pm 0,07 \text{ м,}$$

откуда относительная невязка равна:

$$f_{\text{отн}} = \frac{0,07}{835,62} = 0,00008 \approx \frac{1}{12500}.$$

Так как  $1/12500 < 1/300$ , то она допустима;

11) распределяем невязку в приращениях  $f_x = -0,07$  м и  $f_y = 0,01$  м с обратным знаком пропорционально длинам сторон полигона и исправленные приращения записываем графы 9 и 10;

12) подсчитываем сумму исправленных приращений по  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , которая должна быть равна 0:

$$\Delta x = + 224,67 \quad \Delta y = + 203,26$$

+

+

$$\underline{\Delta x = - 224,67} \quad \underline{\Delta y = - 203,26}$$

0

0

13) вычисляем координаты пунктов полигона по формулам:

$$x_2 = x_1 \pm \Delta x \text{ и } y_2 = y_1 \pm \Delta y.$$

В нашем случае координаты пункта № 2 составят:  $x_2 = 0 + (+ 7,41) = + 7,41$ ;  
 $y_2 = 0 + (+ 198,30) = +198,30$  и т. д.; данные запишем в графы 11 и 12

### Упражнение.

1. Вычислить координаты пунктов полигона по приводимым данным, причем относительная точность должна быть не более  $\frac{1}{2000}$ , таблица 57.
2. Составить план полигона в масштабе 1 : 1000.
3. По абрису (рисунки 18-21) наложить внутреннюю ситуацию.
4. Вычертить план в туши по условным топографическим знакам.

Таблица 57 – Варианты заданий

| № точки | Дано            |                             |               |            |   |
|---------|-----------------|-----------------------------|---------------|------------|---|
|         | измеренные углы | дирекционные углы (азимуты) | меры линий, м | координаты |   |
|         |                 |                             |               | х          | у |
| 1       | 90°33'          | 268°09'                     | 201,63        | 0          | 0 |
| 2       | 88°58'          |                             | 86,07         |            |   |
| 3       | 179°24'         |                             | 131,20        |            |   |
| 4       | 91°54'          |                             | 198,44        |            |   |
| 5       | 89°10'          |                             | 100,00        |            |   |
| 6       | 179°59'         |                             | 118,28        |            |   |

### 1.5.21 Привязка к опорным пунктам

**Пример.** Требуется определить координаты пункта № 5 и дирекционный угол линии 5—6, если даны координаты  $x_B = +1000,00$ ,  $y_B = -1000,00$ , дирекционный угол линии А –В 170°20',  $\beta = 80°30'$ ,  $\beta_1 = 120°44'$  и длина линии В—5 200,00 (рисунок 22).

Формулы для решения:

- 1)  $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta$ ;
- 2)  $x_5 = x_B \pm \Delta x$  (В-5);
- 3)  $y_5 = y_B \pm \Delta y$  (В-5).

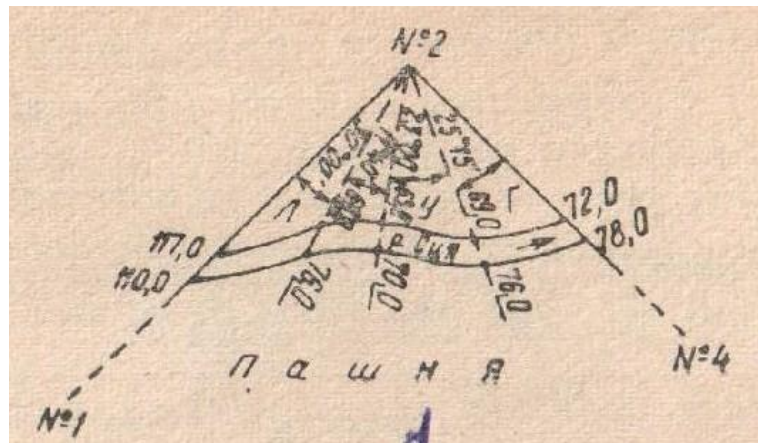


Рисунок 18 – Абрис 1 к полигону теодолитной съемки

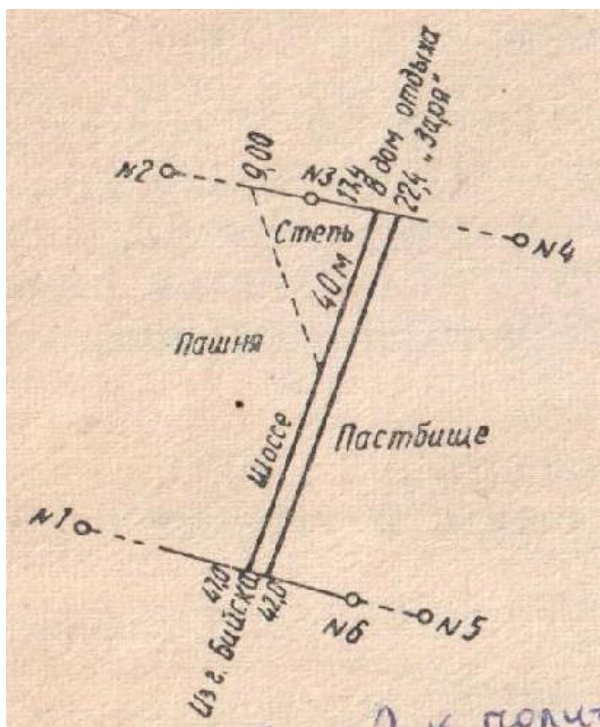


Рисунок 19 – Абрис 2 к полигону теодолитной съемки

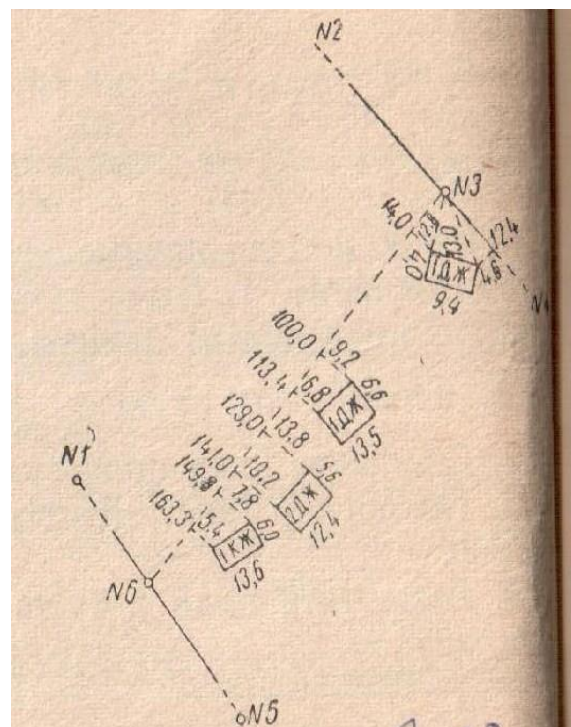


Рисунок 20 – Абрис 3 к полигону теодолитной съемки

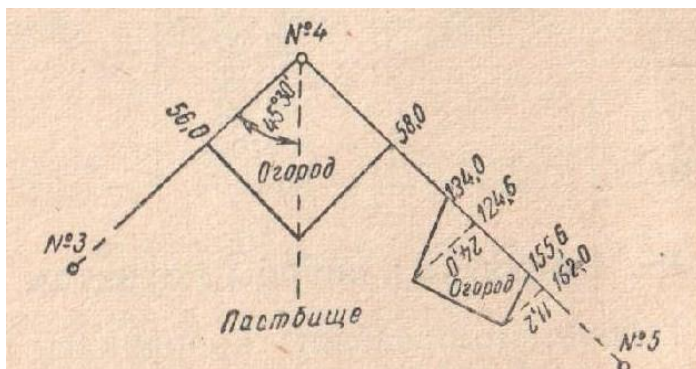


Рисунок 21 – Абрис 4 к полигону  
теодолитной съемки

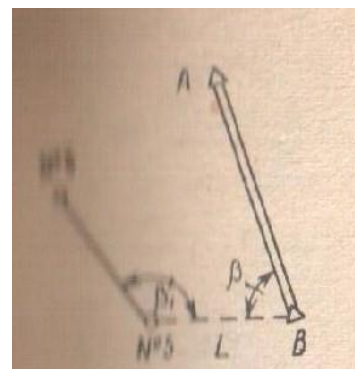


Рисунок 22 – схема привязки 1  
к опорному пункту

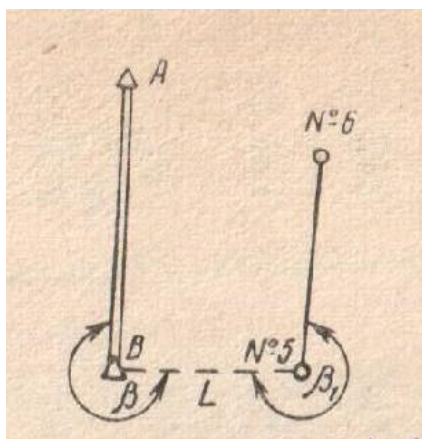


Рисунок 23 – схема привязки 2  
к опорному пункту

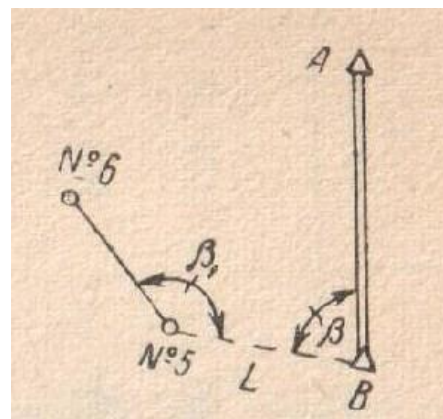


Рисунок 24 – схема привязки 3  
к опорному пункту

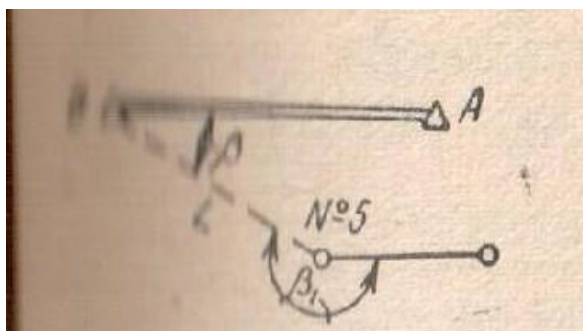


Рисунок 25 – Схема привязки 4 к опорному пункту

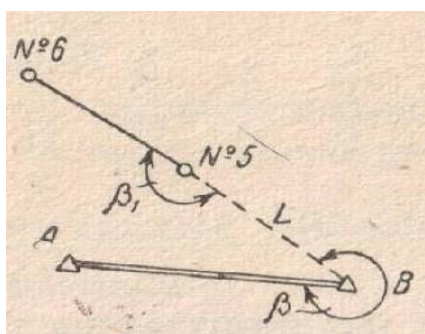


Рисунок 26 – Схема привязки 5 опорному пункту

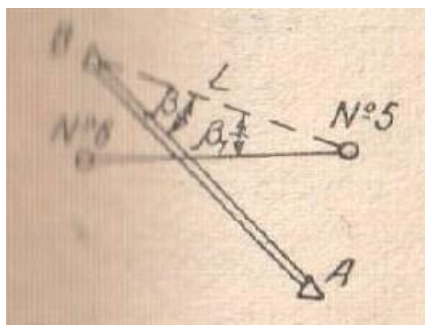


Рисунок 27 – Схема привязки 6 к опорному пункту

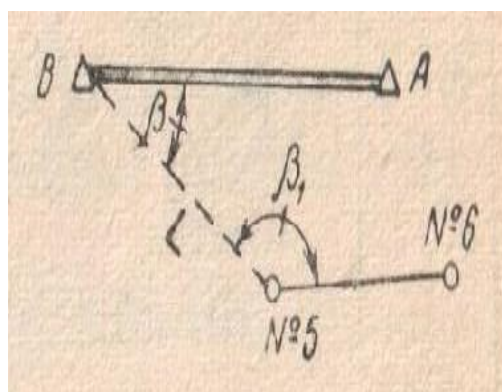


Рисунок 28 – Схема к опорному

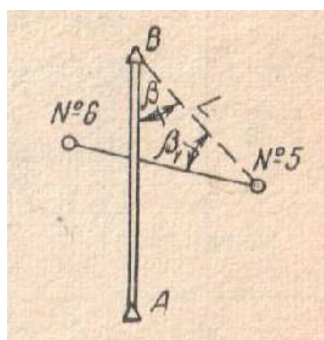


Рисунок 29 – Схема привязки 8 к опорному пункту

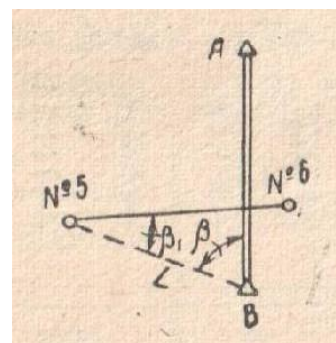


Рисунок 30 – Схема привязки к опорному пункту

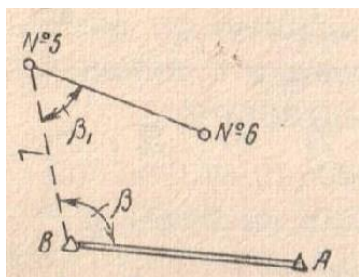


Рисунок 31 – Схема привязки 10 к опорному пункту

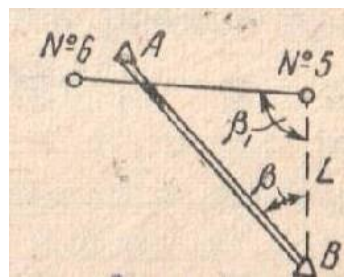


Рисунок 32 – Схема привязки 11 к опорному пункту

Таблица 58 – Варианты заданий

| № задачи | № рисунка | $x_B$     | $y_B$    | Дирекционный угол<br>линии (A—B) | $\beta$   | $\beta_1$  | L      |
|----------|-----------|-----------|----------|----------------------------------|-----------|------------|--------|
| 153      | 23        | +3000,00  | +4000,00 | 190°33'                          | 270°40'   | 284°40'    | 450,75 |
| 154      | 24        | +400,47   | —3455,71 | 180°50'                          | 77°33'    | 120°22'    | 331,45 |
| 155      | 25        | —0,47     | —0,53    | 280°10'30"                       | 43°22'30" | 252°43'30" | 293,77 |
| 156      | 26        | —10110,47 | +500,77  | 104°10'30"                       | 310°27'   | 177°15'    | 402,33 |
| 157      | 27        | —3877,27  | —300,64  | 269°59'30"                       | 57°22'    | 140°22'    | 187,21 |
| 158      | 28        | —15207,22 | —5964,43 | 300°27'15"                       | 22°10'30" | 15°40'     | 102,11 |
| 159      | 29        | +9999,99  | +1111,11 | 208°22'30"                       | 47°27'30" | 12°10'     | 277,27 |
| 160      | 30        | +0,11     | —0,11    | 0°01'30"                         | 10°12'30" | 42°40'     | 40,12  |
| 161      | 31        | +21000,77 | +2007,77 | 270°00'30"                       | 98°01'    | 44°11'     | 101,11 |
| 162      | 32        | —15807,00 | +50,42   | 140°00'30"                       | 37°01'15" | 92°00'15"  | 677,27 |

**Решение. 1.** Дирекционный угол линии В—5 составит  $170^\circ 20' + 180^\circ - 80^\circ 30' = 269^\circ 50'$  и линии 5—6 будет  $269^\circ 50' + 180^\circ - 120^\circ 44' = 329^\circ 06'$ .

$$\begin{aligned}
 2. \quad x_B &= +1000,00 \\
 + \\
 \Delta x(B-5) &= -0,58 \\
 x_5 &= +999,42
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad y_B &= -1000,00 \\
 + \\
 \Delta y(B-5) &= -200,00 \\
 y_5 &= -1200,00
 \end{aligned}$$

**Задачи.** Определить дирекционный угол линии 5—6 и координаты  $x_5$  и  $y_5$  по приводимым данным (рисунки 22—32).

## 1.6 Геометрическое нивелирование

### 1.6.1 Определение превышения одной точки над другой из нивелирования с односторонней рейкой при одной постановке нивелира

**Пример.** Определить превышение  $h$ , если отсчет по задней рейке  $З = 2000$  мм, а по передней рейке  $П = 1000$  мм.

**Решение.** Из рисунка 33

$$h = З - П, \text{ или } h = 2000 - 1000 = + 1000 \text{ мм.}$$

**Задачи.** По приводимым данным найти превышения  $h$ , таблица 59.

Таблица 59 – Варианты заданий

| № задачи | Отсчеты  |            | № задачи | Отсчеты  |            |
|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
|          | задние З | передние П |          | задние З | передние П |
| 1        | 1300     | 1600       | 6        | 920      | 20         |
| 2        | 1500     | 1800       | 7        | 1020     | 844        |
| 3        | 750      | 990        | 8        | 666      | 999        |
| 4        | 1050     | 750        | 9        | 121      | 463        |
| 5        | 840      | 40         | 10       | 1211     | 227        |

### 1.6.2 Определение превышения одной точки над другой из нивелирования с односторонней рейкой при двух горизонтах нивелира

**Пример.** Определить превышение  $h$ , если при двух горизонтах нивелира имеем взгляды задние  $З = 2200$  мм,  $З_1 = 2000$  мм и взгляды передние  $П = 1200$  мм,  $П_1 = 1002$  мм.

**Решение.** Как видно из рисунка 34, превышение при I горизонте инструмента  $h = З - П = 2200 - 1200 = +1000$  мм, а при II горизонте инструмента  $h = З_1 - П_1 = 2000 - 1002 = +998$  мм; отсюда

$$h_{cp} = \frac{(+1000) + (+998)}{2} = 999_{мм}.$$

ИЛИ

$$h_{cp} = \frac{\sum Z - \sum П}{2} = \frac{4200 - 2202}{2} = +999_{мм}.$$

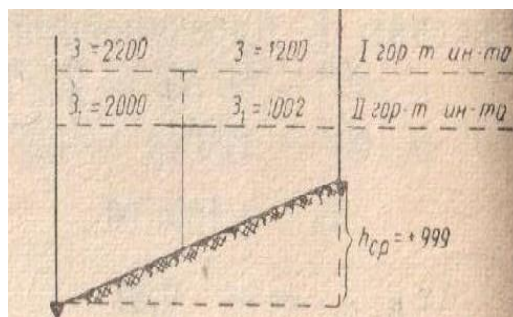
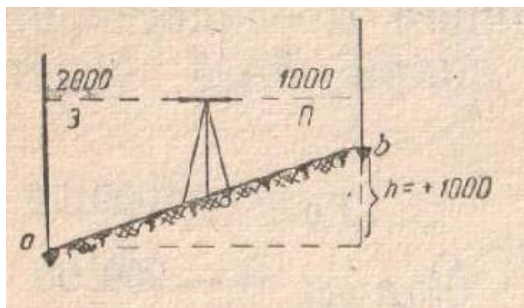


Рисунок 33 – К определению превышения при одной постановке нивелира

Рисунок 34 – К определению превышения при двух постановках нивелира

**Задачи.** Определить  $h_{cp}$  по приводимым данным, таблица 60.

Таблица 60 – Результаты измерений

| № задачи | № пикета | Отсчеты по рейке |          |
|----------|----------|------------------|----------|
|          |          | задние           | передние |
| 1        | 2        | 3                | 4        |
| 11       | 1        | 1300             | 2450     |
|          | 2        | 1050             | 2198     |
| 12       | 2        | 777              | 555      |
|          | 3        | 484              | 260      |
| 13       | 3        | 2110             | 1146     |
|          | 4        | 2000             | 1033     |

Продолжение таблицы 60

|    |   |      |      |
|----|---|------|------|
| 14 | 4 | 666  | 333  |
|    | 5 | 500  | 163  |
| 15 | 5 | 2045 | 1024 |
|    | 6 | 1800 | 777  |
| 16 | 2 | 1245 | 1111 |
|    | 3 | 1133 | 1000 |
| 17 | 3 | 1010 | 2400 |
|    | 4 | 810  | 2202 |
| 18 | 5 | 1018 | 3000 |
|    | 6 | 841  | 2822 |
| 19 | 6 | 2444 | 0800 |
|    | 7 | 2222 | 0580 |
| 20 | 7 | 1312 | 0644 |
|    | 8 | 1200 | 0530 |

### 1.6.3 Определение допустимой невязки в нивелирных ходах, проложенных между реперами или марками нивелирования высшего класса, или в замкнутых ходах

**Пример.** Определить, допустима ли невязка  $f_{h1} = -26$  мм в нивелирном ходе IV класса, если длина хода  $L = 1000$  м, а число станций 12.

**Решение.** Предельная невязка для нивелирных ходов до 15 станций на 1 км определяется по формуле  $f_{h_{пред}} = \pm(20\sqrt{L})$  мм; для ходов более 15 станций на 1 км по  $f_{h_{пред}} = \pm(5\sqrt{n})$  мм, где  $L$  — длина хода в километрах,  $n$  — число станций в ходе или полигоне.

В приведенном примере  $f_{h_{пред}} = \pm(20\sqrt{1}) = \pm 20$  мм, следовательно, невязка  $f_{h1} = -26$  мм недопустима.

**Задачи.** Определить допустимость невязок при следующих условиях,

таблица 61.

Таблица 61 – Результаты измерений

| № задачи | Дано     |      |                       | № задачи | Дано     |      |                       |
|----------|----------|------|-----------------------|----------|----------|------|-----------------------|
|          | $f_{h1}$ | L    | число станций на 1 км |          | $f_{h1}$ | L    | число станций на 1 км |
| 21       | -12      | 800  | 16                    | 26       | -42      | 1000 | 15                    |
| 22       | +22      | 700  | 20                    | 27       | +39      | 300  | 22                    |
| 23       | -5       | 1400 | 22                    | 28       | -34      | 2500 | 38                    |
| 24       | +10      | 1600 | 22                    | 29       | -28      | 600  | 20                    |
| 25       | -11      | 400  | 18                    | 30       | -14      | 760  | 21                    |

#### 1.6.4 Определение превышения линии по отметкам конечных пикетов

**Пример.** Вычислить величину превышения  $h$  между пикетом 4 + 0 и пикетом 12 + 0, если отметки ПК 4 + 0 = 157,200 и ПК 12 + 0 = 160,400.

**Решение.** Превышение будет равно разности отметок данных пикетов (рисунок 35);

$$h = 160,400 - 157,200 = +3,200 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить величину превышения  $h$  по следующим данным, таблица 62

Таблица 62 – Результаты измерений

| № задачи | Дано      |         |          |           |
|----------|-----------|---------|----------|-----------|
|          | начальные |         | конечные |           |
|          | ПК        | отметка | ПК       | отметка № |
| 31       | 5+20      | 161,400 | 10+20    | 171,300   |
| 32       | 5+70      | 177,000 | 10+70    | 176,115   |
| 33       | 10+25     | 178,064 | 11+77    | 179,345   |
| 34       | 11+55     | 167,444 | 12+40    | 167,000   |
| 35       | 15+20     | 180,606 | 21+40    | 181,406   |

### 1.6.5 Определение уклона линии по отметкам крайних пикетов и горизонтальному положению между ними

**Пример.** Вычислить уклон  $i$  линии АВ (рисунок 36), если даны отметки пикетов: начального ПК 12+50= 20,000 и конечного ПК 16+50=22,000.

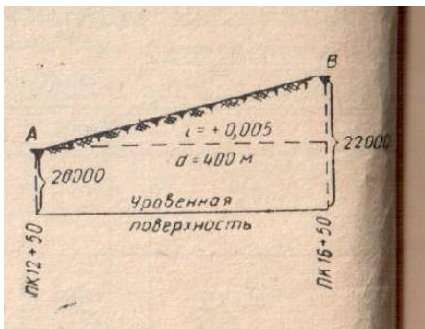


Рисунок 35 – К определению превышения линии

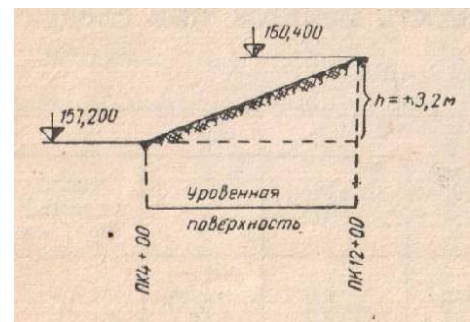


Рисунок 36 – Уклон линии по отметкам пикетов

**Решение.** Уклон  $i$  линии АВ определится по формуле:

$$i = \frac{h}{d},$$

т.е. уклон линии равен превышению концов линии, делённому на горизонтальное расстояние этой линии,

где  $h$  – превышение линии

$d$  – горизонтальное расстояние линии АВ.

В нашем примере (рисунок 36):

1)  $h = 22000 - 20000 = + 2000$  мм;

2)  $d = (\text{ПК } 16+50) - (\text{ПК } 12+50) = 1650 - 1250 = 400$  м;

3)  $i = \frac{h}{d} = \frac{2000_{\text{мм}}}{400_{\text{м}}} = \frac{2_{\text{м}}}{400_{\text{м}}} = +0,005$ .

**Задачи.** Вычислить уклон линии по отметкам крайних пикетов, таблица 63.

Таблица 63 – Отметка пикетов

| № задачи | Дано      |         |          |         |
|----------|-----------|---------|----------|---------|
|          | начальные |         | конечные |         |
|          | ПК        | отметка | ПК       | отметка |
| 36       | 0+40      | 170,000 | 3+80     | 170,680 |
| 37       | 1+23      | 171,150 | 6+93     | 170,580 |
| 38       | 1+44      | 172,007 | 4+74     | 172,997 |
| 39       | 1+16      | 173,005 | 3+86     | 171,655 |
| 40       | 2+22      | 178,060 | 5+77     | 180,190 |
| 41       | 3+11      | 160,160 | 5+98     | 158,151 |
| 43       | 4+00      | 177,777 | 8+44     | 173,181 |
| 44       | 4+20      | 180,320 | 6+97     | 183,090 |
| 45       | 4+55      | 179,569 | 8+42     | 171,829 |

### 1.6.6 Определение уклона линии по отсчетам на рейках и длине горизонтальной линии

**Пример.** Вычислить уклон линии АВ, если даны: отсчет по задней рейке в точке А  $Z=1500$  мм, отсчет по передней рейке в точке В  $П=700$  мм и горизонтальное расстояние  $АВ=80$  м.

**Решение.** Уклон линии АВ определяется по формуле

$$i = \frac{h}{d} = \frac{1500\text{мм} - 700\text{мм}}{80\text{м}} = \frac{800\text{м}}{80\text{м}} = \frac{0,8\text{м}}{80\text{м}} = +0,010.$$

**Задачи.** Определить уклон линии АВ по приводимым данным, таблица 64.

Таблица 64 – Результаты измерений

| № задачи | Даны отсчеты |          |                              | № задачи | Даны отсчеты |          |                              |
|----------|--------------|----------|------------------------------|----------|--------------|----------|------------------------------|
|          | задний       | передний | Горизонтальное расстояние АВ |          | задний       | передний | Горизонтальное расстояние АВ |
| 46       | 1500         | 1000     | 100                          | 51       | 2500         | 1000     | 150                          |
| 47       | 2000         | 2500     | 100                          | 52       | 1000         | 2500     | 150                          |
| 48       | 2500         | 2000     | 100                          | 53       | 1000         | 2000     | 75                           |
| 49       | 1500         | 1000     | 50                           | 54       | 2000         | 1000     | 75                           |
| 50       | 1000         | 1500     | 50                           | 55       | 1500         | 1200     | 100                          |

### 1.6.7 Определение отметок точек проектной (красной) линии

**Пример.** Вычислить отметку  $H_1$  текущей точки проектной линии, если даны начальная отметка на проектной линии  $H_0=177,700$  м, уклон линии  $i = - 0,002$  и горизонтальное расстояние от начальной точки до искомой  $d = 200$  м.

**Решение.** Отметки точек на проектной (красной) линии определяются по формуле

$$H_1 = H_0 \pm id,$$

где  $H_0$  – начальная точка на проектной линии;

$i$  – уклон линии;

$d$  – горизонтальное проложение линии.

В нашем случае

$$H_1 = 177,700 + (- 0,002 \cdot 200) = 177,300 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить красные отметки точек по  $H_0, i$  и  $d$ , таблица 65.

Таблица 65 – Варианты заданий

| № задачи | Дано      |        |     |
|----------|-----------|--------|-----|
|          | $H_0$ , м | $i$    | $d$ |
| 56       | 177,050   | +0,002 | 340 |
| 57       | 183,060   | +0,001 | 570 |
| 58       | 55,555    | +0,003 | 330 |

Продолжение таблицы 65

|    |         |        |     |
|----|---------|--------|-----|
| 59 | 67,047  | –0,005 | 270 |
| 60 | 111,111 | –0,006 | 355 |
| 61 | 122,122 | +0,007 | 287 |
| 62 | 177,300 | –0,008 | 352 |
| 63 | 181,600 | –0,009 | 444 |
| 64 | 199,200 | +0,010 | 277 |
| 65 | 67,500  | –0,020 | 387 |

### 1.6.8 Определение искомой красной отметки пикета

**Пример.** Даны красная отметка  $H_{0 \text{ ПК } 7+50} = 60,000$  м. Уклон линии  $i = + 0,002$ .

Определить красную отметку  $H_{1 \text{ ПК } 10+50}$ .

**Решение.** Результат находим по формуле  $H_1 = H_0 \pm id$ :

$$H_1 = 60,000 + (+ 0,002) (\text{ПК } 10+50 - \text{ПК } 7+50) = 60,000 + (+ 0,002 \cdot 30) = 60,600 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить красную отметку конечного пикета, таблица 66

Таблица 66 – Варианты заданий

| № задачи | Дано         |                   | Дано        |           |
|----------|--------------|-------------------|-------------|-----------|
|          | начальные ПК | отметка $H_0$ , м | конечные ПК | уклон $i$ |
| 66       | 2+20         | 200,000           | 4+70        | +0,002    |
| 67       | 3+10         | 189,000           | 6+70        | +0,002    |
| 68       | 4+07         | 181,140           | 7+07        | –0,016    |
| 69       | 3+20         | 181,650           | 5+65        | –0,018    |
| 70       | 4+40         | 191,905           | 5+80        | +0,002    |
| 71       | 5+10         | 201,017           | 6+43        | –0,012    |
| 72       | 6+70         | 170,175           | 8+10        | –0,018    |
| 73       | 7+25         | 171,177           | 9+13        | +0,015    |

Продолжение таблицы 66

|    |      |         |       |        |
|----|------|---------|-------|--------|
| 74 | 8+16 | 173,006 | 9+93  | –0,017 |
| 75 | 9+15 | 174,050 | 11+03 | +0,002 |

### 1.6.9 Вычисление рабочих отметок

**Пример.** Вычислить рабочую отметку точки, если даны: красная отметка ПК 10 + 10 = 178,045 м и черная отметка этой же точки 179,060 м.

**Решение.** Разность красной и черной отметок одного и того же пикета называется рабочей отметкой.

В данном случае рабочая отметка будет  $178,045 - 179,060 = -1,015$  м.

**Задачи.** Определить рабочие отметки точек, если даны следующие данные, таблица 67.

Таблица 67 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                          |                              | № задачи | Дано                          |                              |
|----------|-------------------------------|------------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------|
|          | красная<br>отметка ПК<br>5+50 | черная<br>отметка ПК<br>5+50 |          | красная<br>отметка ПК<br>5+50 | черная<br>отметка ПК<br>5+50 |
| 76       | 180,16                        | 178,19                       | 81       | 182,05                        | 183,11                       |
| 77       | 177,17                        | 180,00                       | 82       | 66,66                         | 67,07                        |
| 78       | 181,45                        | 182,44                       | 83       | 166,30                        | 167,40                       |
| 79       | 193,00                        | 189,06                       | 84       | 183,00                        | 184,04                       |
| 80       | 178,00                        | 179,05                       | 85       | 181,15                        | 182,33                       |

### 1.6.10 Определение расстояния нулевой точки работ от ближайшего пикета

**Пример.** Вычислить расстояние нулевой точки работ от ближайшего пикета, если даны (рисунок 37) рабочая отметка ПК 10 + 00  $m = -1,50$  м, рабочая отметка ПК 11 + 00  $n = +0,50$  м и горизонтальное расстояние между пикетами ПК 10 + 00 и ПК 11 + 00 – 100 м.

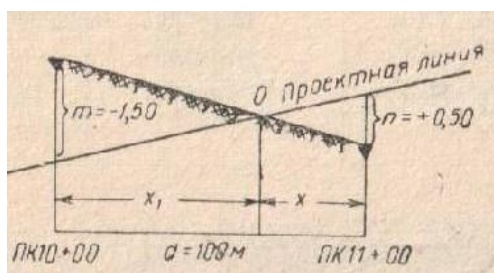


Рисунок 37 – Нулевая точка

**Решение.** Задача решается по формулам:

$$x = \frac{n}{m+n} d \text{ и } x_1 = \frac{m}{m+n} d .$$

В нашем примере:

$$x = \frac{0,50}{1,50 + 0,50} 100 = 25,00 \text{ м} .$$

Для контроля определим

$$x_1 = \frac{1,50}{1,50 + 0,50} 100 = 75,00 \text{ м} .$$

Отсюда

$$d = x + x_1 = 25,00 + 75,00 = 100 \text{ м} .$$

**Задачи.** Определить расстояние до нулевой точки работ от ближайших пикетов по следующим данным, таблица 68.

Таблица 68 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |       |     | № задачи | Дано  |       |     |
|----------|-------|-------|-----|----------|-------|-------|-----|
|          | m     | n     | d   |          | m     | n     | d   |
| 86       | -0,20 | +0,40 | 100 | 91       | -0,12 | +0,36 | 80  |
| 87       | +0,60 | -0,20 | 100 | 92       | +0,44 | -1,00 | 100 |
| 88       | -1,00 | +0,30 | 60  | 93       | -0,65 | +1,10 | 85  |
| 89       | -1,50 | +0,20 | 80  | 94       | +0,40 | -1,40 | 100 |
| 90       | +0,30 | -0,50 | 70  | 95       | -0,33 | +0,83 | 90  |

### 1.6.11 Нивелирование трассы с односторонними рейками при двух горизонтах инструмента

**Пример.** Обработать журнал разомкнутого нивелирного хода, проложенного между ПК 0 и ПК 3 (таблица 69).

Отметка ПК 0 равна 170,000 м и ПК 3 равна 169,990 м. Промежуточные (плюсовые) пикеты наблюдались при горизонте II инструмента.

Таблица 69 – Пример журнала разомкнутого нивелирного хода

| № станции | № пикета | Отчеты по рейке |                      |               | Превышения   |      | Средние превышения и поправки |      | Горизонт инструмента | Отметка |
|-----------|----------|-----------------|----------------------|---------------|--------------|------|-------------------------------|------|----------------------|---------|
|           |          | задний          | передний             | промежуточный | +            | –    | +                             | –    |                      |         |
| 1         | 2        | 3               | 4                    | 5             | 6            | 7    | 8                             | 9    | 10                   | 11      |
| I         | ПК 0     | 1650            |                      |               |              |      |                               |      |                      | 170,000 |
|           | 0+30     | 1340            |                      | 0620          | 83           |      | +1                            |      | 171,340              | 170,720 |
|           | ПК 1     |                 | 08<br>20<br>05<br>12 |               | 0<br>82<br>8 |      | 829<br>830                    |      |                      | 170,830 |
| II        | ПК 1     | 0810            |                      |               |              |      | –                             |      | 171,432              | 170,830 |
|           |          | 0602            |                      |               |              |      | –                             | +1   |                      |         |
|           | 1+25     |                 |                      |               |              | 1302 | –                             | 1301 |                      | 170,120 |
|           | 1+37     |                 |                      |               |              | 1300 | –                             | 1300 |                      | 170,762 |
|           | ПК 2     |                 | 21<br>12<br>19<br>02 | 1312<br>0670  |              |      | –                             |      |                      | 169,530 |
|           |          |                 |                      |               |              |      |                               |      |                      |         |

Продолжение таблицы 69

|     |      |      |    |      |    |      |      |      |         |         |
|-----|------|------|----|------|----|------|------|------|---------|---------|
| III | ПК   | 1316 |    |      |    |      |      |      |         | 169,530 |
|     | 2    | 1020 |    |      |    |      | +2   |      |         |         |
|     |      |      |    | 0080 | 45 |      | 458  |      | 170,550 | 170,470 |
|     | 2+10 |      |    | 1204 | 6  |      | 460  |      |         | 169,346 |
|     | 2+40 |      | 08 |      | 46 |      |      |      |         | 169,990 |
|     | ПК   |      | 60 |      | 0  |      |      |      |         |         |
|     | 3    |      | 05 |      |    |      |      |      |         |         |
|     |      |      | 60 |      |    |      |      |      |         |         |
|     |      | 6738 | 67 | –    | 25 | 2602 | 1287 | 1301 |         |         |
|     |      |      | 66 |      | 74 |      |      |      |         |         |

**Решение.** 1. Подсчитываем сумму отсчетов задних (графа 3), равную 6738.

2. Подсчитываем сумму отсчетов передних (графа 4), равную 6766.

3. Вычисляем превышения из горизонта I инструмента  $1650 - 0820 = + 830$  и из горизонта II инструмента  $1340 - 0512 = +828$ ; данные записываем в графу 6.

4. Выводим среднее превышение  $\frac{(+ 830) + (828)}{2} = +829$  и записываем в графу 8.

Те же действия (пункты 3 и 4) производим по остальным станциям.

5. Суммируем вычисленные превышения по графам 6, 7, 8, 9. В результате получаем соответственно суммы: 2574, 2602, 1287 и 1301.

**Контроль.** а) Разность сумм отсчетов граф 3 и 4:  $6738 - 6766 = - 28$  равна разности сумм граф 6 и 7:  $2574 - 2602 = - 28$ .

б) Разность сумм превышений по графам 6 и 7 :  $2574 - 2602 = -28$ , в 2 раза больше разности сумм превышений по графам 8 и 9, т.е.  $1287 - 1301 = -14$ .

6. Невязка нивелирного хода составит:

$$\Sigma h_{\text{изм}} - 14 \text{ мм}$$

$$\frac{H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} - 10 \text{ мм}}{\text{невязка хода } f_h - 4 \text{ мм}}$$

7. Определяем предельную допустимую невязку по формуле

$$f_{h_{пред}} = \pm 20\sqrt{L} \text{ мм};$$

$$f_{h_{пред}} = \pm 20\sqrt{0,3} = \pm 11 \text{ мм}.$$

Полученная невязка хода – 4 мм не превышает предельной – 11 мм.

8. Распределяем невязку – 4 мм с обратным знаком поровну на все превышения и записываем в графы 8 и 9.

9. Вычисляем отметки основных пикетов по исправленным превышениям.  
Отметка ПК 1 = 170,000 + 0830 и т.д.

10. Для вычисления отметок промежуточных (плюсовых) точек определяем горизонт инструмента, а принимая во внимание, что промежуточные пикеты наблюдались при горизонте II, получим:

Для станции I горизонт инструмента .....170,000+1340=171,340

Для станции II горизонт инструмента .....170,830+0602=171,432

Для станции III горизонт инструмента .....169,530+1020=170,550

11. Вычисляем отметки промежуточных точек:

Для ПК 0+30 .....171,340 – 0,620 = 170,720

» ПК 1+25 .....171,432 – 1,312 = 170,120

» ПК 1+37 .....171,432 – 0,670 = 170,762

» ПК 2+10 .....170,550 – 0,080 = 170,470

» ПК 2+40 .....170,550 – 1,204 = 169,346

**Упражнение №1.** Дано: 1) полевые записи наблюдений в части нивелирного журнала по односторонним рейкам в прямом направлении, причем в обратном направлении среднее превышение составило:  $h_1 = -880$  мм; 2) отметка начального пикета 0 равна 50,000; 3) пикетажная книжка (рисунок 38) <sup>6)</sup>.

Требуется: 1) обработать журнал нивелирования, таблица 70; 2) на миллиметровой бумаге построить профиль в масштабах: горизонтальный 1 : 1000

и вертикальный 1 : 100; 3) на профиле построить две проектные линии.

Первая проектная линия имеет начало на пикете 0 с отметкой 50,500 и конец на пикете 3 с отметкой 51,200. Вторая проектная линия имеет начало на пикете 3 с отметкой 51,200 и конец на пикете 6 с отметкой 50,900; 4) вычислить уклоны проектных линий; 5) вычислить красные отметки всех пикетов; 6) вычислить рабочие отметки всех пикетов; 7) профиль выполнить тушью.

Таблица 70 – Журнал нивелирования (к упражнению №1)

|          | задний           | передний     | промежуточный |
|----------|------------------|--------------|---------------|
| ПК 0     | 2300<br>2201     |              |               |
| ПК 0+20  |                  |              | 1500          |
| ПК 0+30  |                  |              | 1010          |
| ПК 0+50  |                  |              | 1090          |
| ПК 0+57  |                  |              | 1520          |
| ПК 1     |                  | 1300<br>1200 |               |
| ПК 1     | 1247<br>1042     |              |               |
| ПК 1+17  |                  |              | 1187          |
| ПК 1+34  |                  |              | 0707          |
| ПК 1+40  |                  |              | 1484          |
| ПК 2     |                  | 1250<br>1047 |               |
| ПК 4     | 1500<br>1277     |              |               |
| ПК 4+18  |                  |              | 1700          |
| ПК 5     |                  | 0924<br>0700 |               |
| № пикета | Отсчеты по рейке |              |               |
|          | задний           | передний     | промежуточный |

Продолжение таблицы 70

|     |         |      |      |      |
|-----|---------|------|------|------|
| VI  | ПК 5    | 2000 |      |      |
|     |         | 1702 |      |      |
|     | ПК 5+07 |      |      | 1990 |
|     | ПК 5+14 |      |      | 1800 |
|     | ПК 5+22 |      |      | 1200 |
|     | ПК 5+37 |      |      | 0550 |
| VII | ПК 5+50 |      | 1984 |      |
|     |         |      | 1684 |      |
|     | ПК 5+50 | 1301 |      |      |
|     |         | 0894 |      |      |
|     | ПК 5+80 |      |      | 1000 |
|     | ПК 6    |      | 1815 |      |
|     |         |      | 1410 |      |

**Упражнение № 2.** Данные те же, что в упражнении № 1.

Требуется: выполнить то же , что в упражнении № 1, причем на профиле построить две проектные линии: первая проектная линия задается с пикета 0 с отметкой 50,100 и должна иметь уклон  $i = +0,002$  до пикета 3. Вторая проектная линия должна быть задана с пикета 3 с отметки, которая получится в конце первой проектной линии и до пикета 6 с уклоном  $i = +0.007$ .

### 1.6.12 Нивелирование трассы с двусторонними рейками

**Пример.** Обработать журнал разомкнутого нивелирного хода, проложенного между реперами, имеющими отметки:  $R_{п\ 0} = 170,100$  и  $R_{п\ 3} = 169,490$  (таблица 71), промежуточные пикеты наблюдались по черной стороне рейки.

Таблица 71 – Пример журнала разомкнутого нивелирного хода

| № станции | № пикета | Отсчеты по рейке        |               |                           | Превышения |            | Превышения средние | Горизонт инструмента | Абсолютные отметки |
|-----------|----------|-------------------------|---------------|---------------------------|------------|------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|           |          | задние, четный, красный | промежуточные | передние, черный, красный | по черной  | по красной |                    |                      |                    |
| 1         | 2        | 3                       | 4             | 5                         | 6          | 7          | 8                  | 9                    | 10                 |
| I         | Рп 0     |                         |               |                           | –227       |            |                    |                      | 170,100            |
|           | 0+20     |                         | 1260          |                           |            |            | –1,5               |                      |                    |
|           | ПК 1     |                         |               | 0864                      |            | –228       | –227,5             | 170,737              | 169,477            |
|           | 0637     |                         |               | 5552                      |            |            | –229               |                      | 169,871            |
|           | 5324     |                         |               |                           |            |            |                    |                      |                    |

Продолжение таблицы 71

|     |         |              |      |       |              |              |                |         |         |
|-----|---------|--------------|------|-------|--------------|--------------|----------------|---------|---------|
| II  | ПК<br>1 | 0460<br>5148 |      |       | -850         |              |                |         | 169,871 |
|     | 1+30    |              | 0820 |       |              |              | -1,5           |         |         |
|     | 1+60    |              | 0040 | 1310  |              | -849         | -849,5         | 170,331 | 169,511 |
|     | ПК<br>2 |              |      | 5997  |              |              | <u>-851</u>    |         | 170,291 |
|     |         |              |      |       |              |              |                |         | 169,020 |
| III | ПК<br>2 | 1316         |      |       | +472         |              |                |         | 169,020 |
|     | 2+50    | 6004         | 1500 | 0844  |              | +473         | -2,5           |         |         |
|     | Рп 3    |              |      | 5531  |              |              | +472,5         | 170,336 | 168,836 |
|     |         |              |      |       |              |              | <u>+470</u>    |         | 169,490 |
|     |         | 18889        |      | 20098 | -1077        | -1077        | -1077          |         |         |
|     |         |              |      |       | <u>+472</u>  | <u>+473</u>  | <u>+472,5</u>  |         |         |
|     |         |              |      |       | h = -<br>605 | h = -<br>604 | h = -<br>604,5 |         |         |

**Решение 1.** Подсчитываем сумму отсчетов задних (графа 3), равную 18889.

2. Подсчитываем сумму отсчетов передних (графа 5), равную 20098.

3. Вычисляем превышения из отсчетов по черной стороне рейки (графа 6) между ПК 0 ПК 1 + 00:  $0637 - 0864 = -227$  и т.д.

4. Вычисляем превышения из отсчетов по красной стороне рейки (графа 7) между ПК 0 и ПК 1 + 00:  $5324 - 5552 = -228$  и т.д.

**Контроль.** Разность сумм граф 3 и 5 должна быть в 2 раза больше суммы превышений (графа 8), или

$$\frac{18889 - 20098}{2} = -604,5 .$$

5. Невязка нивелирного хода составит:

$$\begin{array}{rcl} \Sigma h_{\text{изм}} & \dots\dots\dots & -604,5 \\ \underline{H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}} & \dots\dots\dots & -610,0 \\ \text{Невязка хода} & \dots\dots\dots & +5,5 \text{ мм} \end{array}$$

6. Предельная допустимая невязка определится по формуле

$$f_{h \text{ п ред}} = +20\sqrt{l} = \pm 20\sqrt{0,3} = \pm 11 \text{ мм} .$$

7. Распределяем невязку поровну на все превышения с обратным знаком. Остальные вычисления ведутся в том же порядке, как при нивелировании с односторонними рейками.

**Упражнение № 1.** Дано: 1) полевые записи наблюдений в нивелирном журнале по двусторонним рейкам в прямом направлении, причем в обратном направлении среднее превышение составило:  $h_1 = +3090$ ; 2) отметка начального пикета 0 равна 180,00, таблица 72; 3) пикетная книжка (рисунок 38, 39); промежуточные пикеты наблюдались по черной стороне рейки.

Требуется: 1) обработать журнал нивелирования; 2) на миллиметровой бумаге построить профиль в масштабах: горизонтальный 1 : 1000 и вертикальный 1 : 100; 3) на профиле построить две проектные линии: первая проектная линия имеет начало на ПК 0 с отметкой 179,000 и до ПК 3+50 должна иметь уклон  $i = -0,0025$ ; вторая проектная линия должна быть задана с ПК 3+50 с отметки, которая получится в конце первой проектной линии с уклоном  $i = -0,002$  до ПК 5; 4) вычислить красные отметки всех пикетов; 5) вычислить рабочие отметки всех пикетов; 6) профиль вычертить тушью.

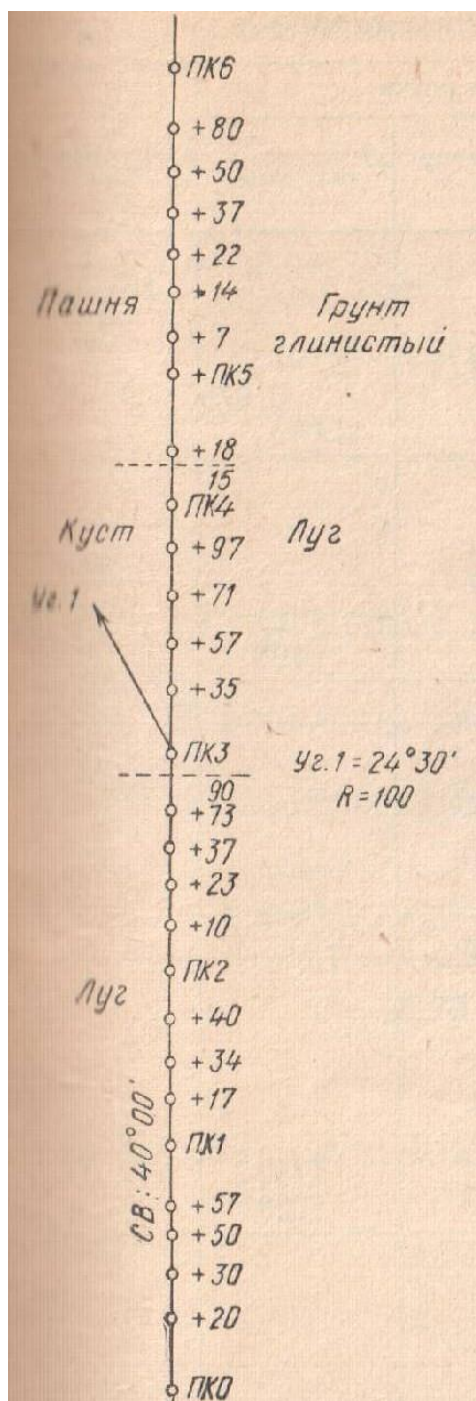


Рисунок 38 – Пикетажная книжка 1

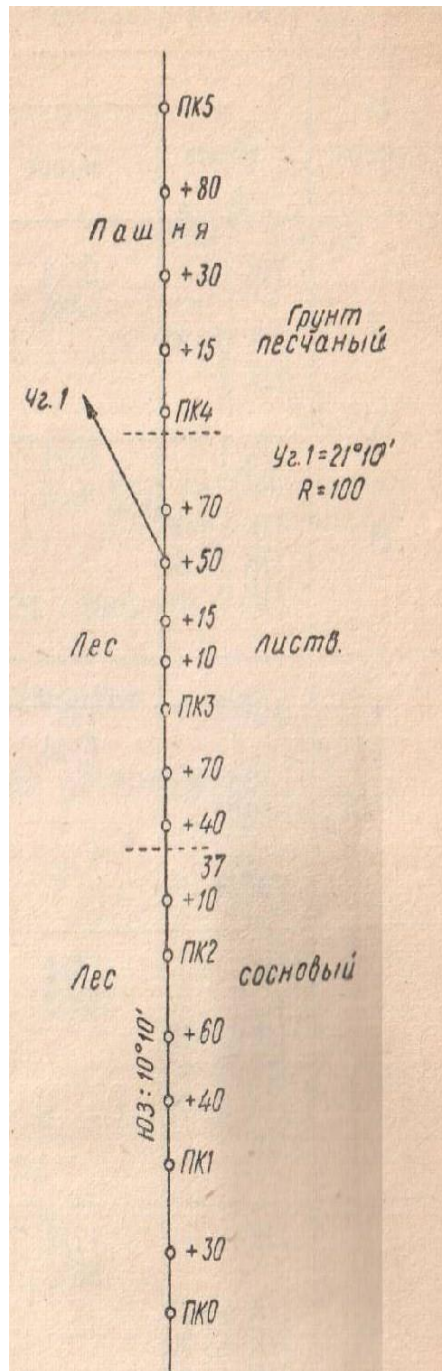


Рисунок 39 – Пикетажная книжка

**Упражнение № 2.** Данные те же, что в упражнении 1, но на профиле построить три проектные линии так, чтобы объем насыпи примерно был равен объему выемки.

Таблица 72 – Журнал нивелирования (к упражнению № 1)

| № станции | № пикета                                          | Отсчеты по рейке |                      |               | Отметки |
|-----------|---------------------------------------------------|------------------|----------------------|---------------|---------|
|           |                                                   | задние           | промежуточные        | передние      |         |
| I         | ПК 0<br><br>ПК 0+30<br>ПК 1                       | 0748<br>5435     | 0600                 | 0,975<br>5663 | 180,000 |
| II        | ПК 1<br><br>ПК 1+40<br>ПК 1+60<br>ПК 2            | 0571<br>5259     | 0800<br>2000         | 1421<br>6108  |         |
| III       | ПК 2<br><br>ПК 2+10<br>ПК 2+40<br>ПК 2+70<br>ПК 3 | 1427<br>6115     | 0120<br>0370<br>1720 | 0955<br>5642  |         |
| IV        | ПК 3<br><br>ПК 3+10<br>ПК 3+15<br>ПК 3+70<br>ПК 4 | 0652<br>5339     | 1240<br>0810<br>2100 | 1340<br>6028  |         |
| V         | ПК 4<br><br>ПК 4+15<br>ПК 4+30<br>ПК 4+80<br>ПК 5 | 15212<br>5897    | 0420<br>0840<br>1020 | 1460<br>6147  |         |

### 1.6.13 Разбивка кривых

**Пример.** Дан угол поворота  $\alpha = 30^{\circ}00'$ , радиус кривой  $R = 100$  м и номер пикета 10+40, на котором находится поворот оси нивелирования (рисунок 40). Требуется определить главные точки и элементы кривой: Т – тангенс, К – кривую, Д – номер, Б – биссектрису, НК – начало кривой, СК – середину кривой и КК – конец кривой.

Решение выполняется по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^{\circ}};$$

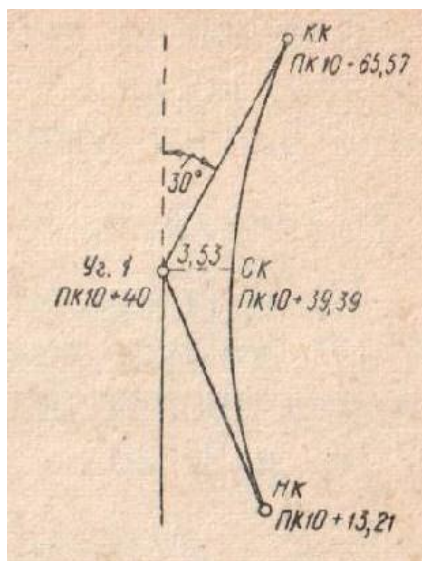


Рисунок 40 – Определение главных точек кривой

$$Д = 2T - K;$$

$$Б = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R,$$

где  $R$  – радиус кривой и  $\alpha$  – угол поворота.

## Определение главных элементов кривой

1. По четырехзначным таблицам логарифмов:

1) 2)

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{r} \lg 100 = 2,0000 \\ + \\ \lg \operatorname{tg} 15^\circ = \\ \hline 1,4281 \lg T = \\ 1,4281 \\ T = 26,79 \text{ м} \end{array}$ | $\begin{array}{r} \lg 3,1415 = 0,4971 \\ + \\ \lg 100 = 2,0000 \\ 2,4971 \\ - \\ \lg 6 = 0,7782 \\ \hline \lg K = 1,7189 \\ K = 52,35 \text{ м} \end{array}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

3)  $D = 2T - K = 2 \cdot 26,79 - 52,35 = 1,23 \text{ м};$

4)

$$\begin{array}{r} \lg 100 = 2,000 \\ - \\ \lg \cos 15^\circ = 1,9849 \\ \hline \lg \frac{100}{\cos 15^\circ} = 2,0151 \end{array}$$

$$B = 103,53 - 100 = 3,53 \text{ м.}$$

2. По таблицам натуральных значений тригонометрических функций:

1)  $T = 100 \cdot 0,2679 = 26,79 \text{ м};$

2)  $K = \frac{3,141 \cdot 100 \cdot 30^\circ}{180^\circ} = \frac{3,141 \cdot 100}{6} = 52,35 \text{ м};$

3)  $D = 2T - K = 2 \cdot 26,79 - 52,35 = 1,23 \text{ м};$

4)  $B = \frac{100}{\cos 15^\circ} - 100 = \frac{100}{0,9659} - 100 = 3,53 \text{ м}.$

3. по таблице разбивки круговых кривых (приложение Б).

Как видно, таблица дана для  $R = 1000 \text{ м}$ . Для нашего случая, когда  $R = 100 \text{ м}$ , необходимо приведенные в таблице данные умножить на 0,1, тогда:



**1.6.14 Составление профиля по оси трассы, построение проектной (красной) линии, вычисление красных, рабочих отметок и точек нулевых работ**

**Построение проектной линии по отметкам  
конечных пикетов**

**Пример 1.**

1. Даны вычисленные отметки из журнала нивелирования (таблица 74).
2. Пикетная книжка (рисунок 41).

Таблица 74 – Вычисленные отметки

| № пикета | Горизонтальное<br>расстояние между<br>пикетами, м | Отметки пикетов |
|----------|---------------------------------------------------|-----------------|
| 0        |                                                   | 177,000         |
| 0+25     | 25                                                | 177,600         |
| 0+40     | 15                                                | 177,200         |
| 0+70     | 30                                                | 178,000         |
| 1        | 30                                                | 177,500         |

Требуется: 1) построить профиль в масштабе: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 100; 2) запроектировать красную линию, если красные отметки пикета 0 составят 177,000 и пикета 1 будут 178,000; 3) вычислить красные отметки промежуточных точек; 4) вычислить рабочие отметки основных и промежуточных точек.

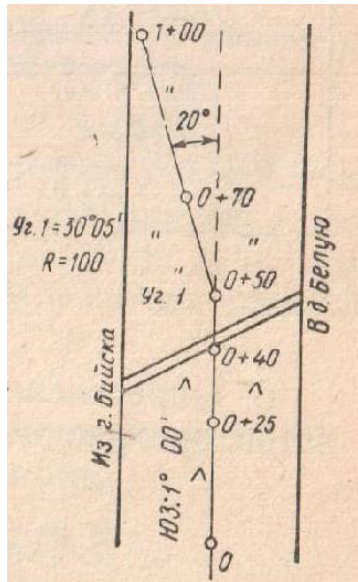


Рисунок 41 – Пикетажная книжка

**Решение.** 1. Проектный профиль будет иметь вид, приведенный на рисунке 42.

2. Определяем уклон проектной линии:

$$i = \frac{H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}}{d} = \frac{178,000 - 177,000}{100\text{м}} = +0,01.$$

3. Определяем красную отметку пикета 0+25 по формуле  $H_1 = H_0 \pm id$ :

$$177,000 + (+0,01 \cdot 25) = 177,250.$$

Красная отметка пикета 0+40 составит:

$$177,000 + (+0,01 \cdot 40) = 177,400 \text{ и т.д.}$$

4. Выпишем на профиль полученные красные отметки точек.

5. Вычисляем рабочие отметки пикетов. Рабочая отметка для пикета 0 будет  $177,000 - 177,00 = 0$ . Рабочая отметка для пикета 0+25 составит  $177,250 - 177,600 = -0,350$  м и т.д.

6. Определение точек нулевых работ от ближайших пикетов производится по формуле

$$x = \frac{n}{m+n} d = \frac{15 \cdot 0,2}{0,55} = 5,4 \text{ м и т.д.}$$



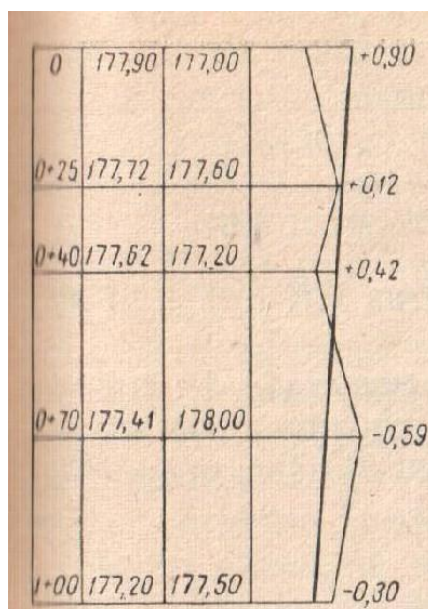


Рисунок 43 – Продольный профиль

**Решение.** 1. Построенный профиль будет иметь тот же вид.

2. Определяем красную отметку Н пикета 1:

$$H_1 = 177,900 + (-0,007 \cdot 100) = 177,200.$$

3. Графически наносим полученную отметку 177,200 на профиль и, соединив ее с красной отметкой пикета 0, получим на профиле проектную (красную) линию (рисунок 43).

4. Вычисление остальных красных и рабочих отметок производится так же, как в примере 1.

#### 1.6.15. Геометрическое нивелирование поверхности по квадратам с одной станции

**Пример.** Дано: в результате нивелирования прямоугольника ABCD получены отсчеты по вершинам квадратов (рисунок 44). Стороны квадратов 20 X 20 м. Отметка репера № 5 40,000 м.

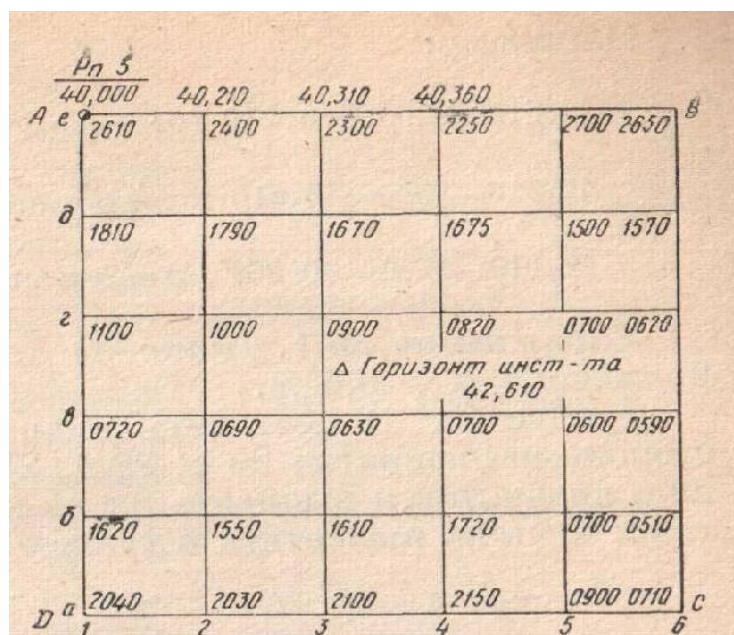


Рисунок 44 – Нивелирование площадки с одной станции

Требуется: 1) вычислить отметки вершин квадратов; 2) составить план в масштабе 1 : 1000 и написать отметки вершин квадратов.

**Решение.** 1. Для вычисления отметок пикетов определим горизонт инструмента этой станции, для чего к отметке репера № 5 прибавим отсчет по рейке на этот репер:

$$40,000 + 2610 = 42,610.$$

2. Отметки пикетов, прониивелированных с данной станции, получается, если из горизонта инструмента этой станции вычтем отсчеты по рейке на соответствующие пикеты.

Например:

$$42,610 - 2400 = 40,210 \text{ (отметка пикета } \frac{e}{2} \text{)};$$

$$42,610 - 2300 = 40,310 \text{ (отметка пикета } \frac{e}{3} \text{)};$$

$$42,610 - 2250 = 40,360 \text{ (отметка пикета } \frac{e}{4} \text{) и т.д.}$$

**Упражнение № 1.** Дано: 1) отметка ПК а/6 = 57,477; 2) сечение  $h = 0,5$  м.

Требуется : 1) составить план в масштабе 1 : 1000 со сторонами квадратов 20 X 20 м, 2) вычислить отметки вершин квадратов и выписать их на план; 3) нанести горизонтали; 4) план вычертить тушью.

|   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|---|------|------|------|------|------|------|
| а | 2710 | 2620 | 2715 | 2710 | 2800 | 2910 |
| б | 2500 | 2400 | 2455 | 2615 | 2410 | 2410 |
| в | 2010 | 2000 | 1980 | 1972 | 1888 | 1872 |
| г | 1670 | 1500 | 1610 | 1710 | 1620 | 1680 |
| д | 0840 | 0700 | 0750 | 0777 | 0810 | 0910 |
| е | 0222 | 0100 | 0312 | 0320 | 0126 | 0202 |

**Упражнение № 2.** Отметка пикета а/4 = 33,755; сечение h = 1 м. Требования те же, что в упражнении № 1.

|   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|---|------|------|------|------|------|------|
| а | 2710 | 2620 | 2715 | 2710 | 2800 | 2910 |
| б | 2500 | 2400 | 2455 | 2615 | 2410 | 2410 |
| в | 2010 | 2000 | 1980 | 1972 | 1888 | 1872 |
| г | 1670 | 1500 | 1610 | 1710 | 1620 | 1680 |
| д | 0840 | 0700 | 0750 | 0777 | 0810 | 0910 |
| е | 0222 | 0100 | 0312 | 0320 | 0126 | 0202 |

### 1.6.16 Нивелирование поверхности по квадратам с нескольких станций

**Пример.** Дано: в результате нивелирования прямоугольника ABCD получены отсчеты по вершинам квадратов (рисунок 45). Стороны квадратов 20 X 20 м. отметка репера № 10 77,000.

Требуется: 1) составить план в масштабе 1 : 500; 2) вычислить отметки вершин квадратов.

|                             |        |        |                 |
|-----------------------------|--------|--------|-----------------|
| $P_{n 10}$                  |        |        |                 |
| 77,000                      |        |        |                 |
| 76,92      77,16      76,83 |        |        |                 |
| A e 2                       | 0240   | 0320   | 0080 0405 B     |
| д                           | 0860   | 0920   | 1040 1050       |
| $\Delta$ ГИ I ст. 77,240    |        |        |                 |
| 2                           | 1710   | 1820   | 1910 2400       |
| в                           | 74,40  |        | 74,49           |
| в                           | 2840   | 2700   | 2690 2750       |
|                             | (300)  |        | (212)           |
| $\Delta$ ГИ II ст. 74,700   |        |        |                 |
| д                           | 73,10  | 73,30  | 73,32           |
|                             | (1600) | (1400) | (1375) (0200)   |
| Д а                         | (2005) | (2100) | (2200) (0140) С |
|                             | 1      | 2      | 3 4             |

Рисунок 45 – Нивелирование площадки с двух станций

**Решение.** 1. Как видно из рисунка 45, нивелирование прямоугольника произведено с двух установок инструмента (с двух станций) I и II, причем для передачи горизонта инструмента со станции I на станцию II на пикеты в/1 и в/4 сделано по два отсчета, а именно: со станции I на пикет в/1 отсчет 2840 и со станции II на этот же пикет 0300. Соответственно на пикет в/4 со станции I сделан отсчет 2750 и со станции II отсчет 0212.

2. Для вычисления отметок пикетов, пронивелированных со станции I, определим горизонт инструмента этой станции, для чего к отметке репера № 10 прибавим отсчет на этот репер:  $77,000 + 0240 = 77,240$  (горизонт инструмента станции I).

3. Отметки пикетов, отнивелированных со станции I, получается, если из горизонта инструмента этой станции вычтем отсчеты по рейкам на соответствующие пикеты.

Например:

$$77,240 - 0,320 = 76,920 \text{ (отметка пикета е/2);}$$

$$77,240 - 0,080 = 77,160 \text{ (отметка пикета е/3);}$$

$$77,240 - 0,405 = 76,835 \text{ (отметка пикета е/4) и т.д.}$$

4. Определим горизонт инструмента станции II, для чего к отметке пикета в/1 прибавим отсчет по рейке на этот пикет со станции II:  $74,400 + 0,300 = 74,700$  (горизонт инструмента станции II). Для контроля можно передать горизонт инструмента со станции I на станцию II через пикет в/4:

$$74,490 + 0,212 = 74,702.$$

5. Отметки пикетов, пронивелированных со станции II, получается, если из горизонта инструмента этой станции будем вычитать отсчеты по рейкам на соответствующие пикеты.

Например:

$$74,702 - 1600 = 73,102 \text{ (отметка пикета б/1);}$$

$$74,702 - 1400 = 73,302 \text{ (отметка пикета б/2);}$$

$$74,702 - 1375 = 73,327 \text{ (отметка пикета б/3) и т.д.}$$

6. Полученные отметки пикетов выпишем на план с точностью до сотых долей метра.

При выполнении приводимых упражнений следует учесть, что к отсчетам по рейке на пикеты, взятым со станции II, прибавлена буква а, например 0,140а.

**Упражнение № 1.** Дано: 1) отметка ПК а/4 = 177,305; 2) сечение  $h = 0.5$  м.

Требуется: 1) составить план в масштабе 1 : 1000 со сторонами квадратов 20 X 20 м; 2) вычислить отметки вершин квадратов и выписать их на план; 3) нанести горизонтали; 4) план вычертить тушью.

|   | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---|-------|-------|-------|-------|
| а | 0408  | 0390  | 0370  | 0410  |
| б | 1842  | 1910  | 1755  | 1600  |
| в | 2401  | 2300  | 2177  | 2416  |
| г | 2810  | 2790  | 2910  | 2940  |
|   | 0140а |       |       | 0190а |
| д | 0607а | 0710а | 0840а | 0810а |
| е | 1460а | 1520а | 1610а | 1640а |

**Упражнение № 2.** Отметка пикета 1/1 = 179,666. Требования те же, что и в упражнении № 1.

|   | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---|-------|-------|-------|-------|
| а | 2760  | 2818  | 2912  | 2980  |
| б | 1240  | 1310  | 1160  | 1272  |
| в | 0202  | 0167  | 0206  | 0188  |
| г | 2600а |       |       | 2586а |
|   | 2710а | 2690а | 2610  | 2720а |
| д | 1320а | 1340а | 1355а | 1412а |
| е | 1960а | 2002а | 2020а | 2300а |

## 2 Прикладная геодезия

### 2.1 Геодезические работы на строительной площадке в подготовительный период

#### 2.1.1 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания полярным методом из одной опорной точки

**Пример.** Дано: координаты концов оси линии (рисунок 46) АВ:  $x_A = +142,25$ ,  $y_A = +56,94$ ,  $x_B = +0141,66$ ,  $y_B = 82,06$ ; координаты полигонометрического знака  $x_6 = +120,45$ ,  $y_6 = +60,85$  и дирекционный угол линии 5 – 6  $270^\circ 05'$ .

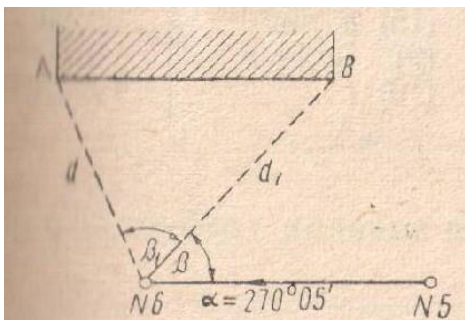


Рисунок 46 – К полярному методу из одной точки

Требуется определить: длины линий  $6 - A = d$ ,  $6 - B = d_1$  горизонтальные углы  $\beta$  и  $\beta_1$ .

Решение выполняется с помощью формул обратной геодезической задачи

(таблицы 75 и 76):

$$\operatorname{tgr} = \frac{\Delta x}{\Delta y}; d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}.$$

Определяем угол  $\beta$ . Как видно из рисунка 47, угол равен разности дирекционных углов:  $\beta = 90^\circ 05' - 45^\circ 00' = 45^\circ 05' 00''$  (предварительно переводим прямой дирекционный угол линии 5 – 6 в обратный). Определяем угол  $\beta_1$ . Как видно, угол  $\beta_1 = 55^\circ 10' 06''$ .

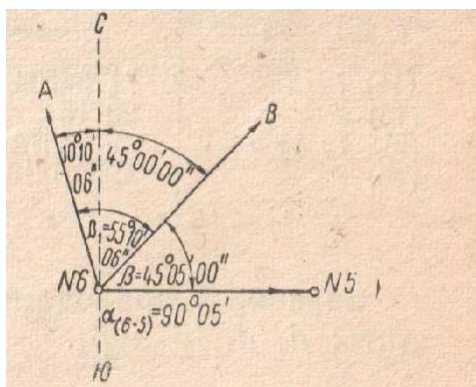


Рисунок 47 – Определение углов  $\beta$  и  $\beta_1$

Таблица 75 – Решение геодезической задачи

| Формулы                    | Вычисление по линии 6 – А |
|----------------------------|---------------------------|
| (1) $x_A$                  | +142,25                   |
| (2) $x_6$                  | +120,45                   |
| (3) $x_A - x_6 = \Delta x$ | +21,80                    |
| (4) $y_A$                  | +56,94                    |
| (5) $y_6$                  | +60,85                    |
| (6) $y_A - y_6 = \Delta y$ | -3,91                     |
| (13) $\lg d$               | 1,34534                   |
| (7) $\lg \Delta y$         | n 0,59218                 |
| (11) $\lg \sin r$          | n 9,24684                 |
| (12) $\lg \cos r$          | n 9,99313                 |
| (8) $\lg \Delta x$         | 1,33846                   |
| (14) $\lg d$               | 1,34533                   |
| (15) $d$                   | 22,15                     |
| (9) $\lg \tg r$            | 9,25372                   |
| (10) $r$                   | C3:10°10'06"              |

Таблица 76 – Решение геодезической задачи

| Формулы   | Вычисление по линии 6 – А |
|-----------|---------------------------|
| (1) $x_B$ | +141,66                   |
| (2) $x_6$ | +120,45                   |

Продолжение таблицы 76

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| (3) $x_B - x_6 = \Delta x$    | +21,21       |
| (4) $y_B$                     | +82,06       |
| (5) $y_6$                     | +60,85       |
| (6) $y_B - y_6 = \Delta y$    | +21,21       |
| (13) $\lg d$                  | 1,47705      |
| (7) $\lg \Delta y$            | 1,32654      |
| (11) $\lg \sin r$             | 9,84949      |
| (12) $\lg \cos r$             | 9,84949      |
| (8) $\lg \Delta x$            | 1,32654      |
| (14) $\lg d$                  | 1,47705      |
| (15) $d$                      | 29,95        |
| (9) $\lg \operatorname{tg} r$ | 0,00000      |
| (10) $r$                      | C3:45°00'00" |

**Задачи.** В приводимых ниже задачах требуется определить  $d$ ,  $d_1$ ,  $\beta$  и  $\beta_1$ .

При решении задач рекомендуется на миллиметровой бумаге составить схему по координатам точек А, В и 6 и нанести дирекционный угол линии 5 – 6.

Таблица – 77 Варианты заданий

| № задачи | Дано              |                   |                  |                               |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
|          | $x_A; y_A$        | $x_B; y_B$        | $x_6; y_6$       | Дирекционный угол линии 5 – 6 |
| 1        | +120,00<br>–75,00 | +120,00<br>–35,00 | +95,00<br>–60,00 | 305°20'                       |
| 2        | +70,00<br>–20,00  | +70,00<br>+15,00  | +50,00<br>0      | 270°00'                       |
| 3        | +20,00<br>–10,00  | +20,00<br>+20,00  | –5,00<br>+10,00  | 270°05'                       |
| 4        | –25,00<br>–15,00  | –25,00<br>+15,00  | –45,00<br>–10,00 | 269°57'                       |
| 5        | +15,00<br>+45,00  | –15,00<br>+80,00  | +10,00<br>+65,00 | 270°07'                       |

## 2.1.2 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания способом угловых засечек

**Пример.** Даны: координаты концов оси линии CD (рисунок 48):  $x_C = +1274,97$ ,  $y_C = -839,09$ ,  $x_D = +1276,15$ ,  $y_D = -781,50$ ; координаты полигонометрического хода:  $x_A = +1240,60$ ,  $y_A = -860,70$ ,  $x_B = +1240,60$ ,  $y_B = -760,70$  и дирекционный угол линии A – B  $90^\circ 00'$ .

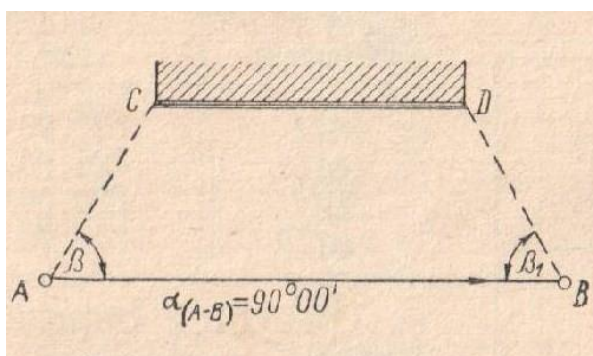


Рисунок 48 – К способу угловых засечек

Требуется определить: длины линий AC и BD, а также горизонтальные углы  $\beta$  и  $\beta_1$ . Решение производится подобно разобранным примерам в разделе 2.1.1.

**Задачи.** Ниже приведены исходные данные. Требуется определить AC, BD, таблица 78.

При решении задач рекомендуется на миллиметровой бумаге составить схему по координатам точки A, B, C, D.

Таблица 78 – Варианты заданий

| № задачи | Дано       |            |            |            |                               |
|----------|------------|------------|------------|------------|-------------------------------|
|          | координаты |            |            |            | Дирекционный угол линии 5 – 6 |
|          | $x_A; y_A$ | $x_B; y_B$ | $x_C; y_C$ | $x_D; y_D$ |                               |
| 6        | -777,50    | -743,85    | -800,48    | -801,01    | 70°20'                        |
|          | +220,40    | +314,57    | +242,80    | +316,90    |                               |

Продолжение таблицы 78

|    |                     |                     |                     |                     |         |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 7  | +1200,45<br>+844,57 | +1340,45<br>+845,06 | +1230,74<br>+929,32 | +1334,20<br>+862,95 | 0°12'   |
| 8  | -1211,11<br>-687,44 | -1076,71<br>-648,23 | -1214,08<br>-798,37 | -1076,70<br>-681,56 | 16°16'  |
| 9  | -877,77<br>-1240,44 | +988,77<br>-1240,14 | +877,75<br>-1200,04 | +945,92<br>-1198,29 | 359°38' |
| 10 | -127,00<br>-610,40  | -129,37<br>-450,42  | -107,71<br>-590,95  | -109,39<br>-437,67  | 90°51'  |

### 2.1.3 Подготовка геодезических данных для перенесения на местность основных осей здания от строительной координатной сетки

**Пример 1.** Даны координаты продольных и поперечных осей углов здания № 1 (рисунок 49, таблица 79).

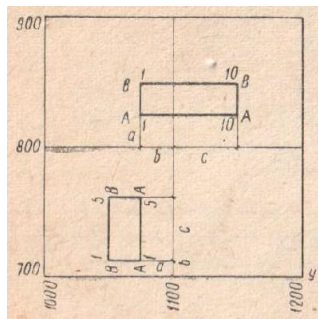


Рисунок 49 – Разбивка зданий при наличии строительной сетки

Таблица 79 – Координаты осей здания

| № точки | x      | y       |
|---------|--------|---------|
| A/1     | 825,00 | 1075,00 |
| A/10    | 825,00 | 1150,00 |
| B/1     | 850,00 | 1075,00 |
| B/10    | 850,00 | 1150,00 |

Требуется определить от ближайшей вершины координатной строительной сетки расстояния  $a$ ,  $b$  и  $c$ , а также длину  $d$  и ширину здания  $d_1$ .

**Решение.** Как видно из рисунка 49,  $a = 825,00 - 800,00 = 25,00$  м,  $b = 1100,00 -$

$1075,00 = 25,00$  м, и  $c = 1150,00 - 1100,00 = 50,00$  м. Длина здания  $d = 1150,00 - 1075,00 = 75,00$  м и ширина  $d_1 = 850,00 - 825,00 = 25,00$  м.

**Пример 2.** Даны координаты продольных и поперечных осей углов здания № 2 (рисунок 49, таблица 80).

Таблица 80 – Координаты осей здания

| № точки | x       | y      |
|---------|---------|--------|
| A/1     | 1075,00 | 712,50 |
| A/5     | 1075,00 | 762,50 |
| B/1     | 1050,00 | 712,50 |
| B/5     | 1050,00 | 762,50 |

**Решение.** Из рисунка 49 видно, что  $a = 1100,00 - 1075,00 = 25,00$  м,  $b = 712,50 - 700,00 = 12,50$  м,  $c = 762,50 - 712,50 = 50,00$  м,  $d = 762,50 - 712,50 = 50,00$  м и  $d_1 = 1075,00 - 1050,00 = 25,00$  м.

**Задачи.** Определить  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , и  $d_1$  по приводимым данным, таблица 81.

Таблица 81 – Варианты заданий

| № задачи | Дано    |        |        |
|----------|---------|--------|--------|
|          | № точки | x      | y      |
| 11       | A/1     | 825,70 | 312,50 |
|          | A/5     | 825,70 | 375,50 |
|          | B/1     | 850,70 | 312,50 |
|          | B/5     | 850,70 | 375,50 |
| 12       | A/1     | 862,50 | 412,60 |
|          | A/2     | 862,50 | 450,60 |
|          | B/1     | 875,00 | 412,60 |
|          | B/2     | 875,00 | 450,60 |
| 13       | A/1     | 812,30 | 510,30 |
|          | A/4     | 812,30 | 550,30 |
|          | B/1     | 827,30 | 510,30 |
|          | B/4     | 827,30 | 550,30 |
| 14       | A/1     | 870,20 | 649,70 |
|          | A/3     | 870,20 | 695,00 |
|          | B/1     | 887,20 | 649,70 |
|          | B/3     | 887,20 | 695,00 |
| 15       | A/1     | 762,40 | 395,00 |
|          | A/5     | 762,40 | 455,00 |
|          | B/1     | 787,50 | 395,00 |
|          | B/5     | 787,50 | 455,00 |
| 16       | A/1     | 712,00 | 498,00 |
|          | A/3     | 712,00 | 550,00 |
|          | B/1     | 725,00 | 498,00 |

| № задачи | № точки | x      | y      |
|----------|---------|--------|--------|
| 17       | B/3     | 725,00 | 550,00 |
|          | A/1     | 750,40 | 590,00 |
|          | A/6     | 750,40 | 650,00 |
|          | B/1     | 770,00 | 590,00 |
|          | B/6     | 770,00 | 650,00 |

При решении задачи рекомендуется построить на миллиметровой бумаге квадрат в масштабе 1 : 2500 со сторонами 100 X 100 м. На вершины квадрата выписать оцифровку координатной сетки с учетом координат углов здания и на квадрат нанести контур здания.

#### 2.1.4 Перенесение абсолютной отметки на репер строительной площадки с односторонней рейкой при двух положениях горизонта нивелира

**Пример.** Между репером № 79 и репером на строительной площадке № 1 проложен двойной нивелирный ход, где  $h_{пр} = +6146$  и  $h_{обр} = -6150$ . Требуется определить отметку репера № 1 по данным полевого журнала нивелирования (таблица 82).

**Решение.** 1. Подсчитываем сумму отсчетов по задней рейке (графа 3), равную 17982.

2. Подсчитываем сумму отсчетов по передней рейке (графа 4), равную 5690.

3. Вычисляем превышения из I горизонта инструмента  $1600 - 1167 = +433$  и из II горизонта инструмента  $1440 - 1005 = +435$ ; данные записываем в графу 5.

4. Выводим среднее превышение  $-\frac{(+433)+(435)}{2}=+434$  и записываем в графу

7. Те же действия (пункты 3 и 4) проводим по остальным станциям.

5. Суммируем вычисленные превышения по графам 5 и 7, в результате получаем 12292 и 6146.

**Контроль.** 1. Разность сумм отсчетов граф 3 и 4,  $17982 - 5690 = +12292$ ,

равна сумме превышений по графе 5.

2. Сумма вычисленных превышений (графа 5) должна быть вдвое больше суммы средних превышений (графа 7).

Таблица 82 – Данные полевого журнала

| № станц<br>ии | № пике<br>та            | Отсчеты по рейке |                  | Превышения       |   | Среднее<br>превышение |   | Абсолютные<br>отметки |
|---------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
|               |                         | задней           | передней         | +                | – | +                     | – |                       |
| 1             | 2                       | 3                | 4                | 5                | 6 | 7                     | 8 | 9                     |
| I             | Рп 79<br><br>х          | 1600<br>1440     | <br>1167<br>1005 | <br>433<br>435   |   | <br>434               |   | 177,777               |
| II            | х<br><br>х <sub>1</sub> | 0988<br>0850     | <br>0277<br>0141 | <br>711<br>709   |   | <br>710               |   |                       |
| III           | х1<br><br>х2            | 2416<br>2296     | <br>0312<br>0190 | <br>2104<br>2106 |   | <br>2105              |   |                       |
| IV            | х2<br><br>х3            | 1408<br>1278     | <br>1204<br>1072 | <br>204<br>206   |   | <br>205               |   |                       |
| V             | х3<br><br>Рп 1          | 2903<br>2803     | <br>0211<br>0111 | <br>2692<br>2692 |   | <br>2692              |   | 183,925               |
|               |                         | 17982            | 5690             | 12292            |   | 6146                  |   |                       |

В нашем примере сумма по графе 5 равна 12292 и по графе 7 равна 6146.

Определение невязки  $f_h$ , ее допустимость и распределение рассмотрено в разделе 1.6.12. В данном примере отметка репера № 1 составит 183,925. Вычислить отметку репера, расположенного на строительной площадке по приводимым данным.

**Упражнение.** Между реперами № 75 и репером на строительной площадке

№ 5 проложен двойной нивелирный ход: а) ход в прямом направлении (таблица 83); б) ход в обратном направлении  $h_{обр} = -1615$ ; в)  $L = 400$  м. Вычислить отметку репера № 5

Таблица 83 – Журнал нивелирования

| № станции | № пикета       | Отчеты |              | Отметка |
|-----------|----------------|--------|--------------|---------|
|           |                | задние | передние     |         |
| I         | Рп 75          | 1440   |              | 180,180 |
|           | x              | 1340   | 0320<br>0220 |         |
| II        | x              | 0644   |              |         |
|           | x <sub>1</sub> | 0442   | 0810<br>1610 |         |
| III       | x <sub>1</sub> | 1316   |              |         |
|           | x <sub>2</sub> | 1216   | 0810<br>0708 |         |
| IV        | x <sub>2</sub> | 1468   |              |         |
|           | Рп 5           | 1270   | 0308<br>0108 |         |

### 2.1.5 Перенесение абсолютной отметки на репер строительной площадки с двусторонней рейкой

**Пример.** Обработать журнал нивелирного хода, проложенного от репера № 75 до репера № 0 на строительной площадке (таблица 84), где  $h_{пр} = +3137$  и  $h_{обр} = -3141$ .

**Решение.** 1. Подсчитываем сумму отсчетов задних (графа 3), равную 30053.

2. Подсчитываем сумму отсчетов передних (графа 4), равную 23779.

3. Вычисляем превышения из отсчетов по черной стороне рейки Рп 75 и ПК x:  $2100 - 0404 = +1696$  и т.д. Результат записываем в графу 5.

4. Вычисляем превышения из отсчетов по красной стороне рейки Рп 75 и ПК x:  $6786 - 5092 = +1694$  и т.д.. Результат записываем в графу 5.

5. Вычисляем средние превышения между Рп 75 и ПК х:  $\frac{(1696)+(1694)}{2} = +1695$ ;

данные записываем в графу 7 и т.д.

6. Остальные вычисления ведутся в том же порядке, как при нивелировании с односторонними рейками.

**Контроль.** Разность сумм граф 3 и 4 должна быть равна разности сумм граф 5 и 6.

Таблица 84 – Журнал нивелирного хода

| № станции | № пикета       | Отсчеты по рейке |              | Превышения   |            | Средние превышения |   | Абсолютные отметки |
|-----------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------------|---|--------------------|
|           |                | задней           | передней     | +            | –          | +                  | – |                    |
| 1         | 2              | 3                | 4            | 5            | 6          | 7                  | 8 | 9                  |
| I         | Рп 75          | 2100<br>6786     |              | 1696<br>1694 |            | +1<br>1695<br>1696 |   | 111,111            |
|           | х              |                  | 0404<br>5092 |              |            |                    |   | 112,807            |
| II        | х              | 1240<br>5928     |              |              | 440<br>438 |                    |   |                    |
|           | х <sub>1</sub> |                  | 1680<br>6366 |              |            | +1<br>439<br>438   |   |                    |

Продолжение таблицы 84

|     |                |              |              |              |     |      |     |         |
|-----|----------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|-----|---------|
| III | x <sub>1</sub> | 2144<br>6831 |              | 1836<br>1836 |     | 1836 |     | 112,369 |
|     | x <sub>2</sub> |              | 0308<br>4995 |              |     |      |     |         |
| IV  | x <sub>2</sub> | 0168<br>4856 |              | 46<br>44     |     | 45   |     | 114,205 |
|     | Рп 0           |              | 0122<br>4812 |              |     |      |     |         |
|     |                | 30053        | 23779        | 7152         | 878 | 3576 | 439 |         |

Определение невязки, ее допустимость и распределение рассмотрены в разделе 1.6.12.

**Упражнение.** Вычислить отметку репера № 0, если даны: а) ход в прямом направлении (журнал нивелирования, таблица 85); б) ход в обратном направлении  $h_{обр} = +4912$ ;

в)  $L = 420$  м.

Таблица 85 – Журнал нивелирования

| № станции | № пикета       | Отсчеты по рейке |              | Абсолютные отметки |
|-----------|----------------|------------------|--------------|--------------------|
|           |                | задние           | передние     |                    |
| 1         | 2              | 3                | 4            | 9                  |
| I         | Рп 50          | 0270<br>4957     |              | 169,175            |
|           | x              |                  | 2460<br>7147 |                    |
| II        | x              | 0300<br>4987     |              |                    |
|           | x <sub>1</sub> |                  | 0910<br>5598 |                    |
| № станции | № пикета       | Отсчеты по рейке |              | Абсолютные отметки |
|           |                | задние           | передние     |                    |
| III       | x <sub>1</sub> | 0140<br>4826     |              |                    |
|           | x <sub>2</sub> |                  | 0600<br>5288 |                    |
| IV        | x <sub>2</sub> | 0444<br>5131     |              |                    |
|           | Рп 0           |                  | 2100<br>6787 |                    |

## 2.1.6 Вынесение в натуру точек с заданной проектной отметкой

**Пример.** Требуется вынести нулевой горизонт, отметка которого в абсолютной системе равна 177,450 м от репера А, имеющего абсолютную отметку 177,570 м (рисунок 50).

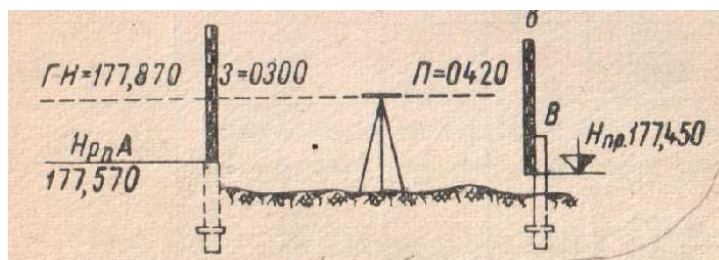


Рисунок 50 – Вынос точки с заданной проектной отметкой

**Решение.** Как видно из рисунка 50, отсчет по рейке на репере АЗ = 0300 мм. Для того чтобы получить точку, равную заданной проектной отметке на столбе В 177,450 м, отсчет по рейке на столбе в должен быть П = 0420.

**Задачи.** По приводимым данным определить величину отсчета по рейке П, соответствующего заданной проектной отметке, таблица 86.

Таблица 86 – Варианты заданий

| № задачи | Дано             |                              |                                   |
|----------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|          | Отметка репера А | Отсчет по рейке на репере АЗ | Отметка проектная Н <sub>пр</sub> |
| 21       | 180,465          | 1212                         | 180,600                           |
| 22       | 167,455          | 0862                         | 167,800                           |
| 23       | 169,007          | 0986                         | 169,500                           |
| 24       | 174,811          | 0346                         | 174,900                           |
| 25       | 127,002          | 0240                         | 126,900                           |
| 26       | 137,010          | 0333                         | 137,200                           |
| 27       | 169,705          | 0464                         | 169,500                           |
| 28       | 180,185          | 1212                         | 179,400                           |
| 29       | 193,666          | 1242                         | 194,000                           |
| 30       | 184,905          | 0242                         | 183,100                           |

## 2.2 Геодезические работы при производстве работ нулевого цикла

### 2.2.1 Составление картограммы земляных масс и подсчет объемов земляных работ

**Пример.** Дан квадрат 20 X 20 м в масштабе 1 : 500, черные отметки вершин квадратов  $a/1 = 9,0$ ;  $b/1 = 9,8$ ;  $b/1 = 10,3$ ;  $a/2 = 9,0$ ;  $b/2 = 9,6$ ;  $b/2 = 11,3$ ;  $a/3 = 9,3$ ;  $b/3 = 10,2$ ;  $b/3 = 12,3$  и отметка проектной (красной) равная 10,2 м (рисунок 51).

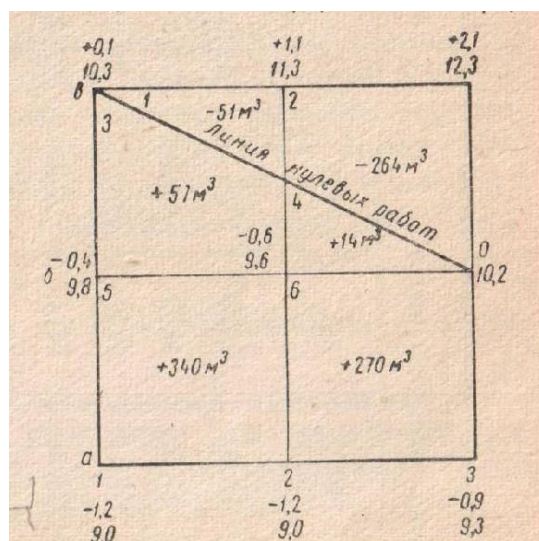


Рисунок 51 – К составлению картограммы

Требуется: 1) по заданной отметке планировки вычислить рабочие отметки вершин квадратов; 2) провести линию нулевых работ; 3) вычислить для каждой геометрической фигуры объем насыпи и выемки; 4) подсчитать баланс земляных масс.

**Решение.** 1. Вычисляем рабочие отметки (как разность между черными и красными отметками).

Так, для вершин квадрата  $a/1$  рабочая отметка составила  $9,0 - 10,2 = -1,2$  м

(рисунок 51). Для вершин квадрата  $b/1$  :  $9,8 - 10,2 = -0,4$  м. Для вершин квадрата  $b/1$  :  $10,3 - 10,2 = +0,1$  м и т.д.

2. Производим определение точек нулевых работ, расположенных на

сторонах квадратов, по формуле  $x = \frac{m}{m+n} d$ .

3. Точки нулевых работ соединим прямыми линиями и в результате получим шесть геометрических фигур.

4. Определяем среднюю рабочую отметку по каждой фигуре  $h_{cp}$ . Для фигуры № 1  $h_{cp} = \frac{(+0,1)+(+1,1)+(0)+(0)}{4} = +0,3$  м и т.д.

5. Определяем площадь каждой фигуры  $S$ .

6. Подсчитываем объем земляных работ по каждой фигуре по формуле  $V = Sh_{cp}$ . В данном примере объем земляных работ по фигуре № 1 составит:  $V = 170 \cdot (+0,3) = +51 \text{ м}^3$ , что выписываем на план.

7. В итоге подсчитываем объем земляных работ по всем фигурам, принимая во внимание знаки рабочих отметок. Если знак положительный, то требуется срезка грунта, если же отрицательный – то подсыпка. В данном примере насыпь составит  $681 \text{ м}^3$  и

выемка  $315 \text{ м}^3$ .

В таблице 87 приводятся данные для упражнения на составление картограммы земляных работ и подсчета объемов земляных масс.

Требуется: 1) на миллиметровой бумаге составить план в масштабе 1 : 500 с нанесением квадратов со сторонами 20 X 20 м; 2) выписать на план черные отметки вершин всех квадратов; 3) определить рабочие отметки вершин квадратов; 4) провести линию нулевых работ; 5) определить для каждой геометрической фигуры объем насыпи и выемки, что выписать на план; 6) подсчитать баланс земляных масс.

Таблица 87 – Данные для упражнения

| № упражнения | № вершин квадратов и черные отметки, м |      |      |      |      |      |      |      |      | Проектная отметка |
|--------------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|
|              | а/1                                    | б/1  | в/1  | а/2  | б/2  | в/2  | а/3  | б/3  | в/3  |                   |
| 1            | 14,2                                   | 14,0 | 10,5 | 14,2 | 13,8 | 11,5 | 14,1 | 13,3 | 12,0 | 13,2              |
| 2            | 16,0                                   | 16,8 | 17,0 | 16,3 | 21,5 | 16,8 | 16,0 | 17,7 | 17,7 | 17,0              |
| 3            | 24,4                                   | 24,7 | 24,0 | 24,5 | 22,1 | 24,2 | 24,5 | 24,3 | 24,1 | 23,8              |
| 4            | 27,0                                   | 27,1 | 27,2 | 27,5 | 30,5 | 27,4 | 27,6 | 27,3 | 27,0 | 28,0              |
| 5            | 22,2                                   | 22,0 | 18,5 | 22,2 | 21,8 | 19,5 | 22,1 | 21,3 | 20,0 | 21,2              |
| 6            | 27,3                                   | 26,2 | 25,0 | 27,4 | 26,3 | 25,0 | 28,0 | 26,9 | 24,5 | 26,0              |
| 7            | 19,0                                   | 18,4 | 17,2 | 18,4 | 17,0 | 16,7 | 17,1 | 16,5 | 16,0 | 17,2              |
| 8            | 19,2                                   | 20,3 | 19,0 | 19,2 | 19,0 | 19,0 | 19,2 | 20,5 | 19,0 | 19,0              |
| 9            | 15,0                                   | 16,0 | 15,0 | 16,0 | 15,5 | 16,0 | 15,0 | 16,0 | 15,0 | 15,5              |
| 10           | 16,7                                   | 16,2 | 15,8 | 18,0 | 17,3 | 16,0 | 16,5 | 16,1 | 16,5 | 16,5              |

## 2.2.2 Геодезический контроль работы землеройных машин

**Пример.** В результате составленных поперечных профилей по разработанному котловану получены площади вертикальных разрезов  $S$  между поперечниками 1 – 6, таблица 88.

Таблица 88 – Площади вертикальных разрезов

| № поперечника | Площадь вертикальных разрезов |
|---------------|-------------------------------|
| 1             | 0                             |
| 2             | 10,60                         |
| 3             | 16,80                         |
| 4             | 20,20                         |
| 5             | 12,80                         |
| 6             | 0                             |

Требуется определить объем вынутого грунта из котлована, если расстояния  $d$  между разрезами составляют 10 м.

**Решение.** Вынутый из котлована объем земляной массы вычисляется по приближенной формуле

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} d,$$

где  $V$  – объем массы, заключающийся между двумя соседними поперечниками;

$S_1$  и  $S_2$  – площади соседних вертикальных разрезов;

$d$  – расстояние между разрезами.

Подсчет объема земляных работ приведен в таблице 89.

Таблица 89 – Пример подсчета объема

| № поперечника | Площадь вертикальных разрезов | Средние $\frac{S_1 + S_2}{2}$ | Расстояние $d$ | Объем $V = \frac{S_1 + S_2}{2} d$ |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1             | 0                             | 5,30                          | 10,00          | 53,0                              |
| 2             | 10,60                         | 13,70                         | 10,00          | 137,0                             |
| 3             | 16,80                         | 18,60                         | 10,00          | 186,0                             |
| 4             | 20,40                         |                               | 10,00          |                                   |

Продолжение таблицы 89

|           |            |                    |            |                    |
|-----------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| 5<br>6    | 12,70<br>0 | 16,55<br>6,35<br>— | 10,00<br>— | 165,5<br>63,5<br>— |
| Итого ... | —          | —                  | —          | 605 м3             |

**Задачи.** Определить объем вынутого грунта из котлована по приводимым данным, если расстояние  $d$  между разрезами составляет 10 м, таблица 90.

Таблица 90 – Варианты заданий

| № задачи | № поперечника<br>площади вертикальных разрезов |                  |                  |                  |                  |               |
|----------|------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
|          | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>8,4  | <u>3</u><br>12,6 | <u>4</u><br>14,2 | <u>5</u><br>10,8 | <u>6</u><br>0 |
| 1        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>8,4  | <u>3</u><br>12,6 | <u>4</u><br>14,2 | <u>5</u><br>10,8 | <u>6</u><br>0 |
| 2        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>9,6  | <u>3</u><br>10,8 | <u>4</u><br>16,0 | <u>5</u><br>6,0  | <u>6</u><br>0 |
| 3        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>10,2 | <u>3</u><br>20,0 | <u>4</u><br>16,2 | <u>5</u><br>10,4 | <u>6</u><br>0 |
| 4        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>20,0 | <u>3</u><br>16,0 | <u>4</u><br>14,8 | <u>5</u><br>10,2 | <u>6</u><br>0 |
| 5        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>12,4 | <u>3</u><br>22,0 | <u>4</u><br>16,8 | <u>5</u><br>12,0 | <u>6</u><br>0 |
| 6        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>12,7 | <u>3</u><br>14,6 | <u>4</u><br>21,2 | <u>5</u><br>8,6  | <u>6</u><br>0 |
| 7        | <u>1</u><br>0                                  | <u>2</u><br>17,6 | <u>3</u><br>18,6 | <u>4</u><br>19,8 | <u>5</u><br>10,4 | <u>6</u><br>0 |

### 2.2.3 Определение высоты отметки дна котлована с помощью рулетки

**Пример.** Требуется определить отметку дна котлована  $H_1$ , если дано: отметка  $H$  репера № 1 200,400, отсчет по рейке на репере  $a = 1240$  мм, отсчет по рулетке  $b = 8400$  мм.

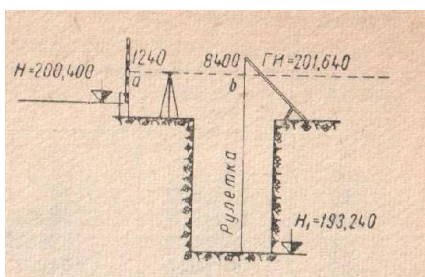


Рисунок 52 – Определение отметки дна котлована

**Решение.** Как видно из рисунка 52,  $H_1 = H + a - b$ . Отсюда: 1) отметка горизонта инструмента будет равна  $200,400 + 1240 = 201,640$ ; 2) отметка  $H_1$  составит:  $201,640 - 8400 = 193,240$ .

**Задачи.** Произвести определение отметки дна котлована по приводимым данным, таблица 91.

Таблица 91 – Варианты заданий

| № задачи | Дано    |      |      | № задачи | Дано    |      |       |
|----------|---------|------|------|----------|---------|------|-------|
|          | H       | a    | b    |          | H       | a    | b     |
| 8        | 180,150 | 0407 | 8462 | 13       | 184,195 | 0158 | 6962  |
| 9        | 193,405 | 0188 | 9111 | 14       | 191,115 | 1311 | 8645  |
| 10       | 177,177 | 1002 | 8677 | 15       | 186,006 | 1011 | 7878  |
| 11       | 178,002 | 1307 | 7895 | 16       | 189,087 | 0672 | 10115 |
| 12       | 181,180 | 0107 | 8888 | 17       | 200,405 | 0578 | 8140  |

### 2.2.4 Передача отметки на репер глубокого котлована с помощью рулетки

**Пример.** Требуется передать отметку с репера № 1, находящегося на

поверхности земли, на репер № 2, расположенный на дне котлована (рисунок 53), если дано: отметка репера № 1 250,400, отсчет по рейке на репере № 1  $a = 0210$ , отсчет по рулетке  $b = 9760$ , отсчет по рулетке на дне котлована  $c = 0320$  и отсчет по рейке на репере № 2  $d = 0435$ .

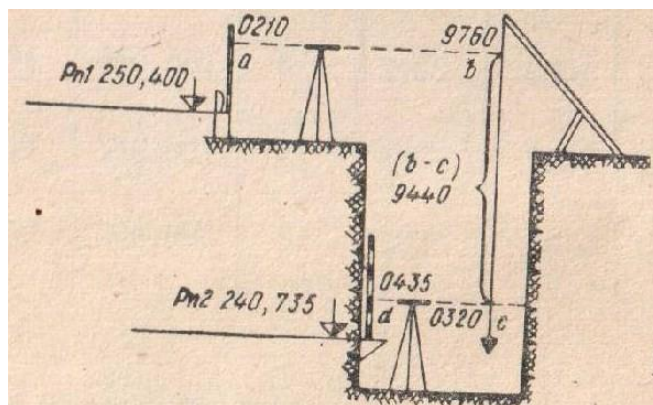


Рисунок 53 – Передача отметки на репер в котловане

**Решение.** Как видно из рисунка 53, отметка репера № 2 определится по формуле

$$H_{Рп2} = H_{Рп1} + a - (b - c) - d, \text{ или } H_{Рп2} = 250,400 + 210 - (9760 - 320) - 435 = 240,735.$$

**Задачи.** По приводимым данным определить отметку репера № 2, расположенного на дне котлована, таблица 92.

Таблица 92 – Варианты заданий

| № задачи | Дано        |       |       |       |       |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|          | отметка Рп1 | a, мм | b, мм | c, мм | d, мм |
| 18       | 162,071     | 0116  | 8142  | 0252  | 0361  |
| 19       | 184,900     | 0144  | 8000  | 0242  | 0111  |
| 20       | 184,705     | 0242  | 7966  | 0344  | 0222  |
| 21       | 200,000     | 1262  | 10000 | 0377  | 0168  |
| 22       | 201,016     | 0444  | 9682  | 0457  | 0342  |
| 23       | 177,777     | 0333  | 9767  | 0405  | 0307  |
| 24       | 177,777     | 0866  | 9175  | 0301  | 0642  |

## 2.2.5 Передача отметки на репер в котловане

**Пример.** Передать отметку с репера А, находящегося на поверхности земли, на репер В, расположенный на дне котлована (рисунок 54), если дано: отметка Рп А  $A = 177,777$ ; отсчеты по рейкам на Рп А  $a = 0540$ ; на ПК х  $b = 1200$ ; на ПК х<sub>1</sub>  $c = 0115$  и на Рп В  $d = 1210$ .

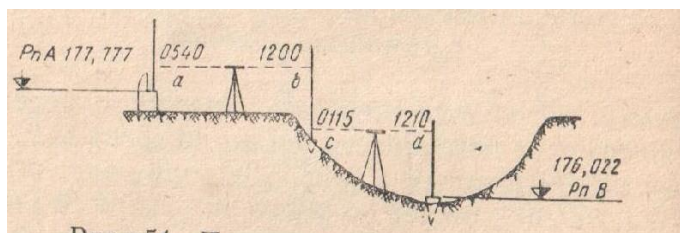


Рисунок 54 – Передача отметки на репер в котловане

**Решение.** Из рисунка 54 видно, что  $H_B = H_A + a - b + c - d = 177,777 + 0540 - 1200 + 0115 - 1210 = 176,022$ .

**Задачи.** Определить отметку репера В, находящегося на дне котлована, таблица 93

Таблица 93 – Варианты заданий

| № задачи | Отметка А | Дано |      |      |      |
|----------|-----------|------|------|------|------|
|          |           | a    | b    | c    | d    |
| 25       | 189,069   | 0333 | 1285 | 0111 | 3002 |
| 26       | 193,075   | 0666 | 1374 | 0444 | 2984 |
| 27       | 200,002   | 0810 | 2005 | 0777 | 2964 |
| 28       | 64,015    | 1202 | 1896 | 0678 | 3807 |
| 29       | 77,895    | 0777 | 1444 | 1207 | 3662 |

## 2.2.6 Перенесение на местность линии заданного уклона (по отсчетам по рейке)

**Пример.** Допустим, что из точки А в точку В (рисунок 55) необходимо протрассировать линию с уклоном  $i = -0,001$  и забить через каждые 5 м колышки соответственно заданному уклону, причем известно, что отсчет по рейке в точке А равен 1000. Требуется определить отсчеты по рейке на пикетах а, б, в и В, которые соответствовали заданному уклону.

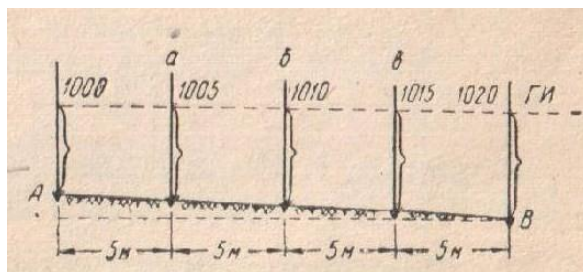


Рисунок 55 – Перенесение на местности линии с уклоном

**Решение.** 1. Падение линии на 5 м составит  $-0,001 \cdot 5 = -0,005 = -5$  мм, падение линии на 10 м составит  $-0,001 \cdot 10 = -0,010 = -10$  мм и т.д.

2. Из рисунка 55 следует, что отсчет по рейке на пикете а должен быть равен  $1000 + 10 = 1010$  мм и т.д.

**Задачи.** Определить отсчеты по рейке на пикетах а, б, в и В в соответствии с приводимыми данными, таблица 94.

Таблица 94 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                      |                              |         |
|----------|---------------------------|------------------------------|---------|
|          | Отсчет по рейке в точке А | Расстояние между пикетами, м | уклон   |
| 30       | 1200                      | 5                            | -0,005  |
| 31       | 1875                      | 5                            | +0,017  |
| 32       | 1455                      | 10                           | +0,0015 |
| 33       | 2010                      | 3                            | -0,030  |
| 34       | 1840                      | 2                            | +0,020  |

## 2.2.7 Вычисление отметок пикетов и определение отсчетов по рейкам для перенесения на местность линии на одной прямой с вершинами пикетов на концах линии

**Пример.** Дано: расстояние между пикетами А и В равно 40 м; отметка пикета А равна 164,200 м, отметка пикета В 164,952 м, отсчет по рейке на пикете А 1387 (рисунок 56).

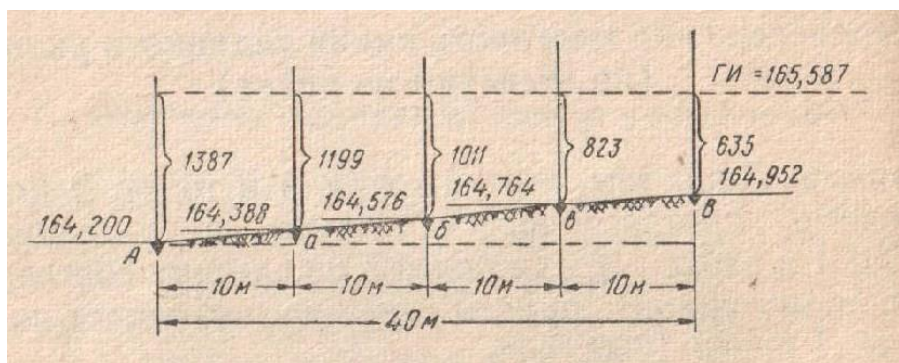


Рисунок 56 – К вычислению отметок пикетов и перенесению наклонной линии

Требуется: 1) через каждые 10 м вычислить отметки пикетов а, б, в; 2) определить отсчеты по рейкам на пикетах а, б и в для перенесения данной линии на местности.

**Решение.** 1. Определим превышение  $h$  пикета В над пикетом А:  $h = 164,952 - 164,200 = +752$  мм.

2. Определим превышение линии на 1 м:  $+\frac{752}{40} = +18,8$  мм.

3. Превышение на 10 м для пикета а =  $18,8 \cdot 10 = +188$  мм; на 20 м для пикета б =  $18,8 \cdot 20 = +376$  мм; на 30 м для пикета в =  $18,8 \cdot 30 = +564$  мм.

4. Отметка пикета а =  $164,200 + 188 = 164,388$  м; б =  $164,200 + 376 = 164,576$  м, в =  $164,200 + 564 = 164,764$  м.

5. Для определения отсчетов по рейкам на пикетах а, б и в определим горизонт инструмента:  $164,200 + 1387 = 165,587$ .

6. Вычислим отсчеты по рейкам на пикетах а, б и в.

В нашем случае отсчет по рейке: а =  $165,587 - 164,388 = 1199$ , б =  $165,587 - 164,576 = 1011$ , в =  $165,587 - 164,764 = 823$ .

**Контроль.** Разность отметок соседних пикетов должна быть равна разности отсчетов по рейкам на этих пикетах.

**Задачи.** Определить отметки пикетов  $a$ ,  $b$ ,  $v$  и т.д. и отсчеты по рейкам на пикетах по приводимым данным, таблица 95.

Таблица 95 – Варианты заданий

| № задачи | Дано             |             |            |                                 |                                          |
|----------|------------------|-------------|------------|---------------------------------|------------------------------------------|
|          | расстояние АВ, м | отметки     |            | отсчет по рейке на пикете А, мм | расстояния между пикетами по линии АВ, м |
|          |                  | пикета А, м | пикет В, м |                                 |                                          |
| 35       | 60,0             | 160,160     | 159,680    | 1640                            | 10                                       |
| 36       | 80,0             | 177,170     | 177,600    | 1222                            | 10                                       |
| 37       | 100,0            | 183,200     | 182,800    | 1284                            | 20                                       |
| 38       | 120,0            | 164,500     | 164,910    | 2002                            | 20                                       |
| 39       | 120,0            | 193,810     | 192,570    | 2060                            | 12                                       |

### 2.2.8 Придание площадке пола в промышленном здании наклонной плоскости

**Пример.** Дана площадка ABCD размером 10 X 9,5 м. Площадка разбита на квадраты со сторонами 2 X 2 м. Вершины квадратов закреплены кольями. Отсчет по рейке по ряду кольев  $a = 1200$  (рисунок 57).

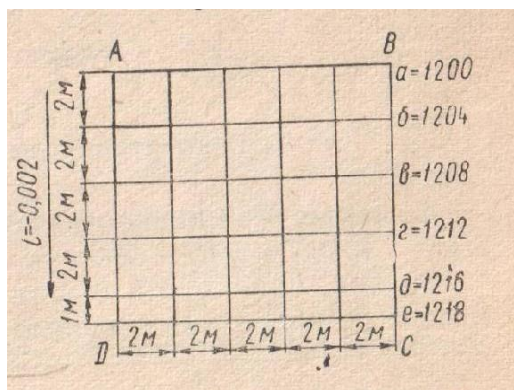


Рисунок 57 – Придание площадке пола наклонной плоскости

Требуется определить отсчеты по рейкам на головках кольев рядов  $b$ ,  $v$ ,  $г$ ,  $д$ ,  $е$  так, чтобы от стороны площадки АВ к стороне CD уклон составил  $i = -0,002$ .

**Решение.** Превышение на 2м составит  $-0,002 \times 2 = -0,004$  м; на 4 м  $-0,002 \cdot 4 = -0,008$  м и т.д. Следовательно, отсчет по рейке на головках кольев ряда б 1204, ряда в 1208 и т.д.

**Задачи.** В приводимых задачах требуется определить отсчеты по рейке по ряду кольев б, в, г, д, е, таблица 96.

Таблица 96 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                             |                  |                                  |                     |
|----------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|---------------------|
|          | Отсчет по рейке по ряду кольев а | Уклон от АВ к CD | Размер квадратов, м <sup>2</sup> | Длина стороны ВС, м |
| 40       | 1345                             | +0,002           | 2X2                              | 10                  |
| 41       | 1111                             | +0,001           | 2X2                              | 10                  |
| 42       | 1212                             | -0,001           | 3X3                              | 15                  |
| 43       | 1002                             | +0,001           | 3X3                              | 14                  |
| 44       | 1111                             | -0,005           | 2X2                              | 10                  |

### 2.2.9 Перенесение условной отметки на временный репер в котловане

**Пример.** Требуется передать отметку с риски на стене здания на временный репер (штырь), находящийся в котловане (рисунок 58).

Дано: отметка риски равна +0,5 м, отсчет по рейке на риске а 0450 и отсчет по рейке на временном репере б 2900.

**Решение.** Как видно из рисунка 58,  $H_1 = H_0 + a - b$ , или  $H_1 = +0,5 + 0450 - 2900 = -1950 = -1,95$  м.

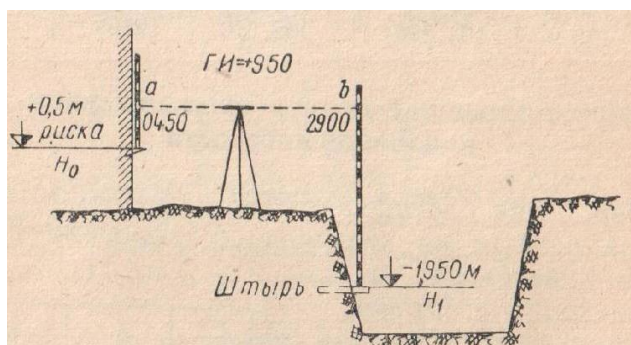


Рисунок 58 – Перенесение условной отметки в котлован

**Задачи.** Определить отметку временного репера в котловане по приводимым данным с точностью до 0,01 м, таблица 97.

Таблица 97 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                |                              |                                         |
|----------|---------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
|          | отметка риски $H_0$ | отсчет по рейке на риске $a$ | отсчет по рейке на временном репере $b$ |
| 45       | 0                   | 0100                         | 2990                                    |
| 46       | +0,5                | 0244                         | 3893                                    |
| 47       | +1,0                | 0305                         | 2905                                    |
| 48       | −0,2                | 1020                         | 3870                                    |
| 49       | −0,5                | 0555                         | 2955                                    |

### 2.2.10 Нивелирование пути под башенный кран (с одной постановки нивелира)

**Пример.** В результате нивелирования пути под башенный кран (рисунок 59) получены отсчеты по рейке на стыках рельсов, посередине рельса и в тупиках. Требуется найти наивысшую точку рельса и по ней определить размеры подштопки остальных точек головок рельсов.

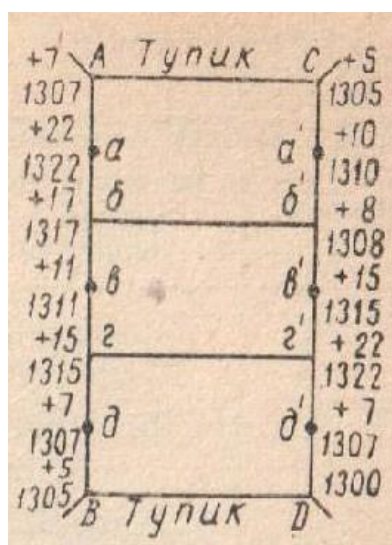


Рисунок 59 – К нивелированию пути под башенный кран

**Решение.** По отсчетам на рейке находят наивысшее положение точки. Такой будет точка D, которая имеет отсчет 1300. Тогда рельс в точке A следует поднять на 7 мм, в точке а на 22 мм и т.д. Поскольку при контрольном нивелировании подкрановых путей допускаются отклонения до  $\pm 15$  мм, подштопке подлежат рельсы в точках а, б.

**Задачи.** По приводимым данным определить размеры подштопок, таблица 98.

Таблица 98 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                                                               |                                                                         | № задачи | Дано                                                               |                                                                         |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|          | отсчеты по рейке в точках                                          | отсчеты по рейке в точках                                               |          | отсчеты по рейке в точках                                          | отсчеты по рейке в точках                                               |
| 50       | A=1317<br>а=1320<br>б=1315<br>в=1305<br>г=1307<br>д=1309<br>B=1320 | C=1307<br>а'=1322<br>б'=1308<br>в'=1305<br>г'=1310<br>д'=1315<br>D=1300 | 54       | A=0982<br>а=1000<br>б=0983<br>в=0999<br>г=1002<br>д=1003<br>B=1007 | C=0985<br>а'=1000<br>б'=0984<br>в'=1000<br>г'=1007<br>д'=1005<br>D=0999 |
| 51       | A=1210<br>а=1220<br>б=1217<br>в=1206<br>г=1200<br>д=1198<br>B=1202 | C=1210<br>а'=1225<br>б'=1208<br>в'=1210<br>г'=1205<br>д'=1206<br>D=1206 | 55       | A=1140<br>а=1400<br>б=1405<br>в=1398<br>г=1397<br>д=1395<br>B=1400 | C=1415<br>а'=1399<br>б'=1400<br>в'=1405<br>г'=1402<br>д'=1403<br>D=1407 |

Продолжение таблицы 98

|    |                                                                    |                                                                         |    |                                                                    |                                                                         |
|----|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 52 | A=1385<br>a=1387<br>б=1377<br>в=1378<br>г=1379<br>д=1377<br>B=1400 | C=1401<br>a'=1402<br>б'=1378<br>в'=1378<br>г'=1378<br>д'=1400<br>D=1402 | 56 | A=1220<br>a=1221<br>б=1224<br>в=1227<br>г=1235<br>д=1237<br>B=1240 | C=1225<br>a'=1220<br>б'=1217<br>в'=1202<br>г'=1204<br>д'=1207<br>D=1241 |
| 53 | A=1001<br>a=1010<br>б=1005<br>в=1017<br>г=1020<br>д=1010<br>B=1010 | C=1001<br>a'=0988<br>б'=1002<br>в'=1007<br>г'=1010<br>д'=1015<br>D=1010 | 57 | A=1012<br>a=1011<br>б=0990<br>в=0995<br>г=0998<br>д=1002<br>B=1003 | C=1010<br>a'=1000<br>б'=1005<br>в'=1007<br>г'=1012<br>д'=1015<br>D=1009 |
| 58 | A=0688<br>a=0700<br>б=0702<br>в=0704<br>г=0707<br>д=0686<br>B=0689 | C= 702<br>a'=0700<br>б'=0703<br>в'=0699<br>г'=0687<br>д'=0686<br>D=0702 | 59 | A=0703<br>a=0704<br>б=0710<br>в=0720<br>г=0730<br>д=0707<br>B=0708 | C=0710<br>a'=0704<br>б'=0689<br>в'=0690<br>г'=0720<br>д'=0720<br>D=0708 |

1. В ответах даны размеры подштопок, где отклонения превышают +15мм
2. При решении задач рекомендуется составлять схематический чертеж.

### 2.2.11 Нивелирование пути под башенный кран (с двух постановок нивелира)

**Пример.** В результате нивелирования пути под башенный кран (рисунок 60) с двух постановок нивелира получены отсчеты по рейке: на стыках рельсов, посередине рельса и в тупиках, например отсчет со станции I в точке А 1200 в точке а 1208 (рисунок 61) и т.д. со станции II в точке в (988), в точке С (1005) и т.д.

Требуется найти наивысшую точку рельса и по ней определить размеры подшторки остальных точек головок рельсов.

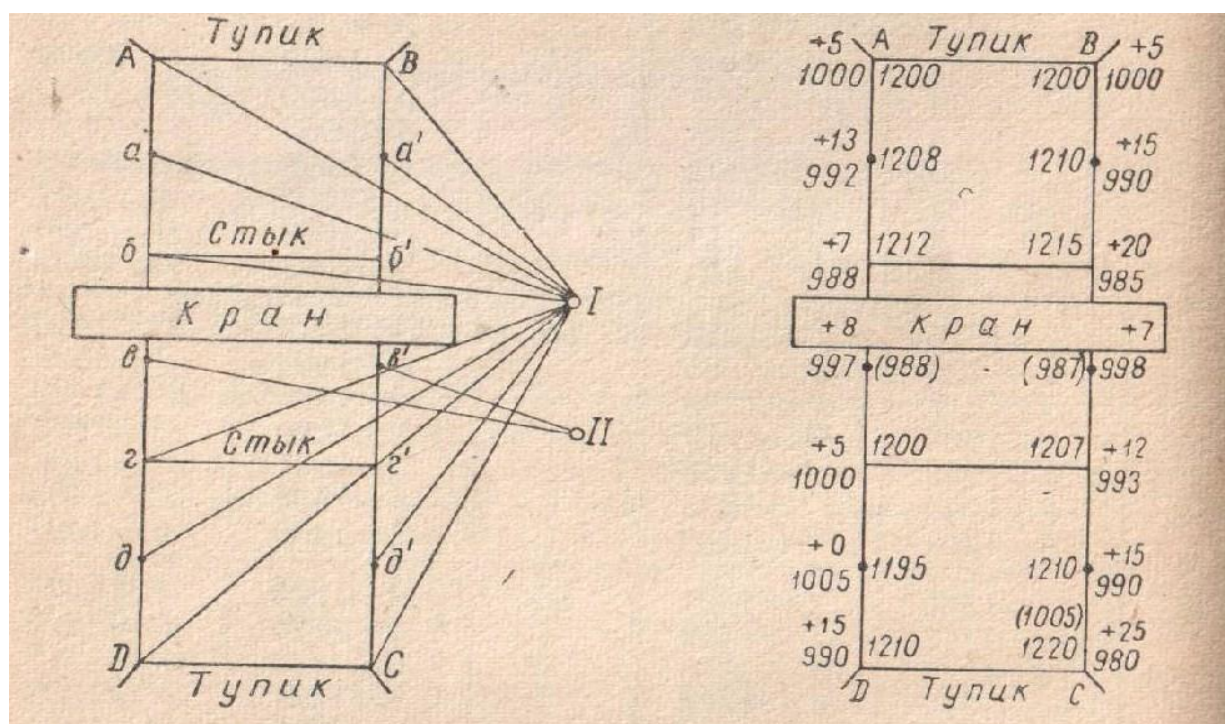


Рисунок 60 – Схема нивелирования Рисунок 61 – Результаты нивелирования

**Решение.** 1. Точке А придают условную отметку, например  $H = 1$  м.

2. Определяют горизонт инструмента для станции I, который будет:  $ГИ_I = 1,000 + + 1,200 = 2,200$  м.

3. Вычисляют отметки точек, пронивелированных со станции I: отметка точки б составит  $2,200 - 1,212 = 0,988$  и т.д.

4. Определяют горизонт инструмента для станции II:  $ГИ_{II} = 0,980 + 1,005 = 1,985$  м.

5. Вычисляют отметки точек, пронивелированных со станции II: отметка точки в  $= 1,985 - 0,988 = 0,997$ ,  $в = 1,985 - 0,987 = 0,998$ .

6. Находят по отметкам наивысшую точку. Такой точкой будет  $D = 1,005$  м.

7. Отсюда размер подштопки на точке А  $1,005 - 1,000 = +5$  мм и т.д.

**Задачи.** Определить размеры подштопок по приводимым данным, таблица 99.

1. Отсчеты по рейке со станции II показаны в скобках.

2. При решении задач рекомендуется составлять схематический чертеж.

3. В ответах даны размеры подштопок, где отклонения превышают  $+15$  мм

Таблица 99 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                                                                 |                                                                                     | № задачи | Дано                                                                 |                                                                                     |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|          | отсчеты по рейке в точках                                            | отсчеты по рейке в точках                                                           |          | отсчеты по рейке в точках                                            | отсчеты по рейке в точках                                                           |
|          | A=1300<br>a=1308<br>б=1312<br>в=(1068)<br>г=1300<br>д=1295<br>D=1310 | B=1300<br>a'=1300<br>б'=1315<br>в'=(1084)<br>г'=1310<br>д'=1317<br>C=1318<br>(1102) |          | г=1211<br>д=1220<br><br>D=1218                                       | г'=1217<br>д'=1225<br>(1112)<br>C=1211<br>(1613)                                    |
|          | A=1212<br>a=1218<br>б=1205<br>в=(1104)                               | B=1220<br>a'=1224<br>б'=1205<br>в'=(1110)                                           |          | A=0967<br>a=0960<br>б=0971<br>в=0960<br>г=(0862)<br>д=0974<br>D=0974 | B=0980<br>a'=0981<br>б'=0977<br>в'=0962<br>г'=(0872)<br>д'=0963<br>C=0970<br>(0871) |
|          | A=1300<br>a=1308<br>б=1312<br>в=(1068)<br>г=1300<br>д=1295<br>D=1310 | B=1300<br>a'=1300<br>б'=1315<br>в'=(1084)<br>г'=1310<br>д'=1317<br>C=1318<br>(1102) |          | г=1211<br>д=1220<br><br>D=1218                                       | г'=1217<br>д'=1225<br>(1112)<br>C=1211<br>(1613)                                    |
|          | A=1212<br>a=1218<br>б=1205<br>в=(1104)                               | B=1220<br>a'=1224<br>б'=1205<br>в'=(1110)                                           |          | A=0967<br>a=0960<br>б=0971<br>в=0960<br>г=(0862)<br>д=0974<br>D=0974 | B=0980<br>a'=0981<br>б'=0977<br>в'=0962<br>г'=(0872)<br>д'=0963<br>C=0970<br>(0871) |

Продолжение таблицы 99

|    |                                                                      |                                                                                     |    |                                                                      |                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 63 | A=1111<br>a=1115<br>б=1122<br>в=(1020)<br>г=1110<br>д=1117<br>D=1120 | B=1122<br>a'=1117<br>б'=1130<br>в'=(1031)<br>г'=1127<br>д'=1128<br>C=1120<br>(1018) | 64 | A=0999<br>a=1005<br>б=1017<br>в=(1120)<br>г=1017<br>д=0989<br>D=0900 | B=1004<br>a'=1010<br>б'=1020<br>в'=(1117)<br>г'=1018<br>д'=1016<br>C=1000<br>(1100) |
|    | A=1300<br>a=1308<br>б=1312<br>в=(1068)<br>г=1300<br>д=1295<br>D=1310 | B=1300<br>a'=1300<br>б'=1315<br>в'=(1084)<br>г'=1310<br>д'=1317<br>C=1318<br>(1102) |    | г=1211<br>д=1220<br><br>D=1218                                       | г'=1217<br>д'=1225<br>(1112)<br>C=1211<br>(1613)                                    |

## 2.2.12 Нивелирование пути под мостовой кран

**Пример.** В результате нивелирования одной нитки пути получен журнал с заполненными графами 1, 2 и 3, таблица 100.

Таблица 100 – Журнал нивелирования

| № станции | № колонны и середина пролета | Отсчеты по рейке | Горизонт инструмента | Абсолютные отметки |
|-----------|------------------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| 1         | 2                            | 3                | 4                    | 5                  |
| I         | A/1 .....                    | 0373             | 178,073              | 177,700            |
|           | a.....                       | 0377             |                      | 177,696            |
|           | 2/A.....                     | 0387             |                      | 177,686            |
|           | б.....                       | 0390             |                      | 177,683            |
|           | 3/A.....                     | 0383             |                      | 177,690            |

Требуется вычислить отметки прониивелированных точек и составить продольный профиль в масштабе горизонтальный 1:10. Отметка точки A/1 = 178,073.

**Решение.** 1. Горизонт инструмента составит:  $177,700 + 0373 = 178,073$ .

Отметка точки а  $178,073 - 0377 = 177,696$ ; 2/A  $178,073 - 0387 = 177,686$  и т.д.

Профиль примет вид, приведенный на рисунке 62.

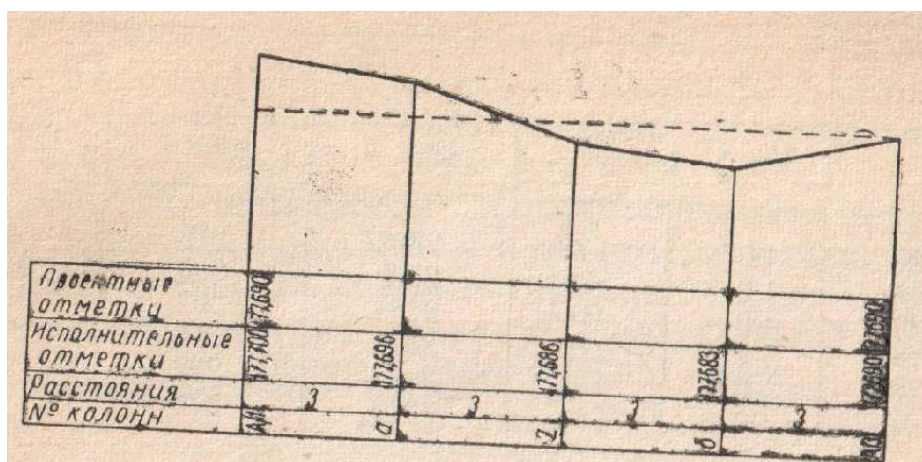


Рисунок 62 – Продольный профиль пути под мостовой кран

### 2.2.13 Определение условной отметки верха фундамента, расположенного ниже нулевого горизонта

**Пример.** Требуется определить условную отметку верха фундамента  $H_1$  (рисунок 63), если в результате нивелирования получены следующие данные: отсчет по рейке на риску (+1,0 м) равен  $a = 500$ . Отсчет по рейке на временном репере (штырь)  $b = 2915$ , отсчет по рейке на репере в котловане  $c = 445$  и отсчет по рейке на фундаменте  $d = 1010$ .

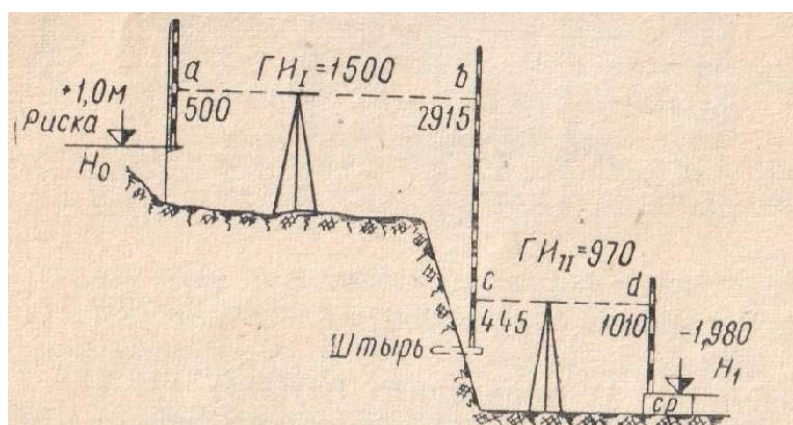


Рисунок 63 – Определение отметки верха фундамента

**Решение.** Как видно из рисунка 63,  $H_1 = H_0 + a - b + c - d$ ;

$$H_1 = +1,0 \text{ м} + 500 - 2915 + 445 - 1010 = -1980 = -1,98 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить отметку верха фундамента по приводимым данным, таблица 101.

При решении задач рекомендуется составлять схематический чертеж.

Таблица 101 – Варианты заданий

| № задачи | Дано      |                   |                   |                   |                                 |
|----------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
|          | $H_0$ , м | Отсчет по рейке а | Отсчет по рейке b | Отсчет по рейке с | Отсчет по рейке на фундаменте d |
| 65       | +0,5      | 450               | 2805              | 275               | 985                             |
| 66       | +0,2      | 333               | 2900              | 303               | 1033                            |
| 67       | $\pm 0$   | 444               | 2755              | 307               | 1020                            |
| 68       | +1,0      | 222               | 2871              | 111               | 2946                            |
| 69       | +0,1      | 333               | 2922              | 222               | 3003                            |
| 70       | +0,3      | 444               | 3040              | 333               | 3711                            |

#### 2.2.14 Перенесение на местность заданной наклонной линии для котлованов под стойки эстакады и определение глубины выемки грунта

**Пример.** Для фундамента под стойки эстакады необходимо углубить котлованы так, чтобы дно котлованов (рисунок 64) имело заданные проектные отметки: № 1 178,800, № 2 178,770, № 3 178,740, № 4 178,710 № 5 178,680, если дано: отметка репера № 17 242 и черные отметки пикетов: а = 180,569, б = 180,479, в = 180,404, г = 180,302 и д = 180,207.

Требуется: 1) определить глубину выемки грунта под котлованы; 2) вычислить отсчеты по рейке, чтобы они соответствовали проектным отметкам дна котлованов.

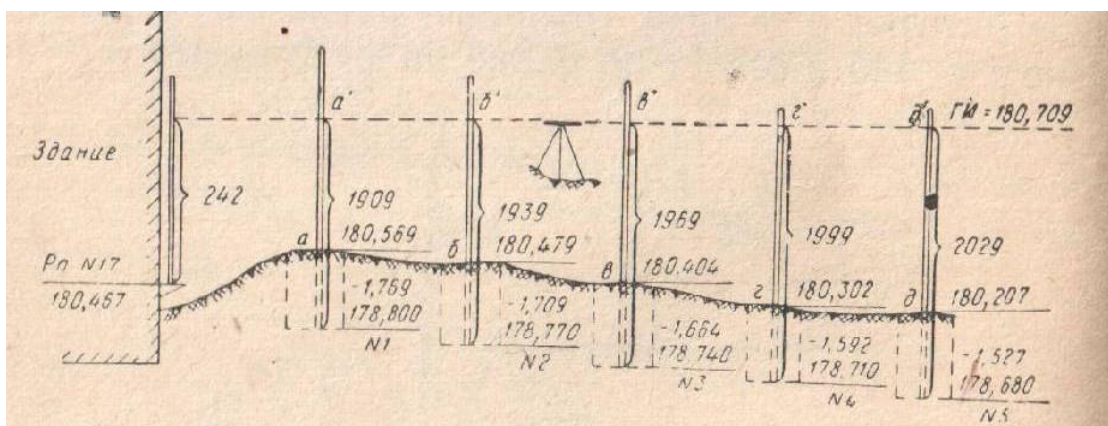


Рисунок 64 – К определению глубины выемки грунта

**Решение.** 1. Глубина выемки грунта под котлованы получится из разности проектных и черных отметок.

Для котлована № 1 глубина выемки составит:

$$H = 178,800 - 180,569 = -1,769 \text{ м.}$$

Для котлована № 2 глубина выемки составит:

$$h = 178,770 - 180,479 = -1,709 \text{ м и т.д.}$$

2. Определяем горизонт инструмента  $180,467 + 242 = 180,709 \text{ м.}$

3. Вычисляем отсчеты по рейкам, чтобы они соответствовали проектным отметкам дна котлованов. Как видно из рисунка 64, отсчет по рейке для котлована № 1 составит:  $a' = 180,709 - 178,800 = 1,909 \text{ м}$ , для котлована № 2  $б' = 180,709 - 178,770 = 1,939 \text{ м}$  и т.д.

**Задачи.** По приводимым данным определить глубину выемки грунта под котлованы и отсчеты по рейке, чтобы они соответствовали проектным отметкам дна котлованов, таблица 102.

Таблица 102 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                                                                       |                           |                           |                           |                           |                           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | Проектные отметки дна котлованов (числитель), черные отметки (знаменатель) |                           |                           |                           |                           | Отметка репера            |
|          | $\frac{№1}{a}$                                                             | $\frac{№2}{б}$            | $\frac{№3}{в}$            | $\frac{№4}{г}$            | $\frac{№5}{д}$            | Отсчет по рейке на репере |
| 71       | $\frac{179,600}{181,830}$                                                  | $\frac{179,650}{181,900}$ | $\frac{179,700}{182,000}$ | $\frac{179,750}{181,930}$ | $\frac{179,800}{181,780}$ | 181,200<br>1245           |
| 72       | $\frac{179,500}{182,830}$                                                  | $\frac{179,550}{182,800}$ | $\frac{179,650}{182,700}$ | $\frac{179,700}{182,697}$ | $\frac{179,750}{182,300}$ | 182,990<br>457            |

Продолжение таблицы 102

|    |                           |                           |                           |                           |                           |                |
|----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| 73 | <u>180,551</u><br>183,277 | <u>180,501</u><br>183,340 | <u>180,451</u><br>183,430 | <u>180,401</u><br>183,170 | <u>180,351</u><br>183,000 | 182,010<br>555 |
| 74 | <u>180,671</u><br>183,011 | <u>180,700</u><br>183,000 | <u>180,730</u><br>183,212 | <u>180,760</u><br>183,200 | <u>180,791</u><br>183,002 | 183,500<br>907 |
| 75 | <u>178,205</u><br>181,100 | <u>178,225</u><br>181,200 | <u>178,250</u><br>181,100 | <u>178,275</u><br>181,150 | <u>178,290</u><br>181,170 | 181,500<br>200 |
| 76 | <u>179,400</u><br>181,100 | <u>179,340</u><br>181,300 | <u>179,460</u><br>181,900 | <u>179,490</u><br>181,900 | <u>179,520</u><br>181,155 | 181,700<br>222 |
| 77 | <u>182,100</u><br>185,100 | <u>182,110</u><br>185,215 | <u>182,120</u><br>185,177 | <u>182,130</u><br>85,300  | <u>182,140</u><br>185,177 | 185,277<br>77  |

При решении задач рекомендуется на миллиметровой бумаге составлять схематический чертеж.

### 2.2.15 Составление исполнительной высотной схемы верха стоек под эстакаду при помощи подвесной нивелирной рейки (с одной постановки нивелира)

**Пример.** При помощи подвесной нивелирной рейки пронивелированы верха стоек для эстакады (рисунок 65) с одной станции нивелира. Нивелирный ход привязан к реперу № 10.

Требуется: вычислить отметки верха стоек, если дано: отметка репера № 10 179,544 м; отсчеты по рейке на репере № 10 2400 мм, на стойке а 1485 мм, на стойке б 1476 мм; отсчеты на подвесной рейке на стойках: А 1500 мм, Б 1490 мм, В 1485 мм, Г 1550 мм, Д 1540 мм; длина отрезка на подвесной рейке на стойке А l = 6020 мм.

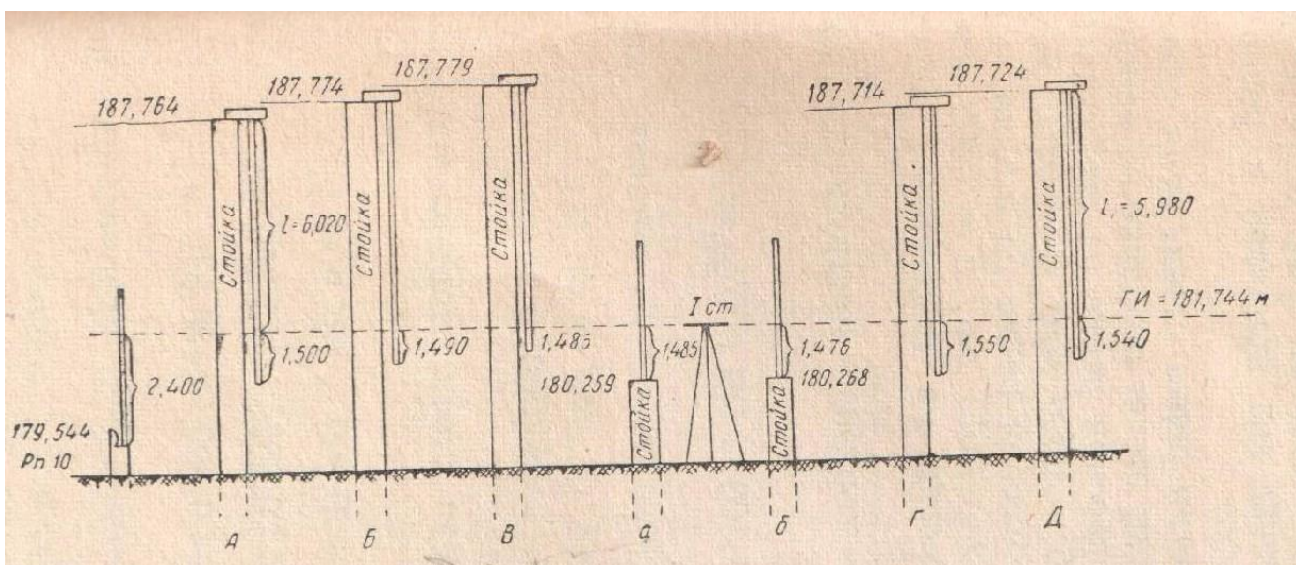


Рисунок 65 – Определение отметки верха стойки А

**Решение.** 1. Определяют горизонт инструмента  $ГИ = 179,544 + 2400 = 81,744$

м.

2. Определяют отметку верха стойки А, которая, как видно из рисунка 65, равна отметке  $ГИ = 181,744 + 6,020 = 187,764$ .

3. Вычисляют отметки верха стоек Б, В, Г, Д, а, б.

$$H_B = 187,764 + 1500 - 1490 = 187,774 \text{ м};$$

$$H_B = 187,774 + 1490 - 1485 = 187,779 \text{ м};$$

$$H_\Gamma = 187,779 + 1485 - 1550 = 187,714 \text{ м};$$

$$H_D = 187,714 + 1550 - 1540 = 187,724 \text{ м};$$

$$H_a = 181,744 - 1485 = 180,259 \text{ м};$$

$$H_b = 181,744 - 1476 = 180,268 \text{ м}.$$

**Задачи.** По приводимым данным вычислить отметки верха стоек, таблица

103.

Таблица 103 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                |                           |                                  |                            |                                        |
|----------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
|          | отметка репера № 10 | отсчет по рейке на репере | отсчет по рейке на малых стойках | отсчеты на подвесной рейке | длина отрезка на подвесной рейке l, мм |

Продолжение таблицы 103

|    |         |      |                                  |                                                          |      |
|----|---------|------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|------|
| 78 | 177,155 | 1875 | a = 1610<br>б = 1622             | A = 1800<br>Б = 1770<br>В = 1740<br>Г = 1812<br>Д = 1784 | 5740 |
| 79 | 180,001 | 1977 | a = 1694<br>б = 1524             | A = 1745<br>Б = 1700<br>В = 1694<br>Г = 1695<br>Д = 1710 | 6010 |
| 80 | 177,777 | 0822 | a = 0300<br>б = 0280             | A = 666<br>Б = 676<br>В = 688<br>Г = 695<br>Д = 708      | 4111 |
| 81 | 181,066 | 1111 | a = 1311<br>б = 1295<br>в = 1280 | A = 1000<br>Б = 1005<br>В = 1010<br>Г = 1017<br>Д = 1025 | 4001 |
| 82 | 181,181 | 1211 | a = 0800<br>б = 0830<br>в = 0862 | A = 1111<br>Б = 1222<br>В = 1300<br>Г = 1327<br>Д = 1363 | 3895 |

При решении задач рекомендуется на миллиметровой бумаге составить схематический чертеж.

#### 2.2.16 Составление исполнительной высотной схемы верха стоек под эстакаду при помощи подвесной нивелирной рейки (с двух постановок нивелира)

**Пример.** При помощи подвесной нивелирной рейки пронивелированы верха стоек для эстакады (рисунок 66) с двух станций нивелира. Нивелирный ход привязан к реперу № 10.

Требуется вычислить отметки верха стоек, если дано: отметка репера № 10 180,000 м; отсчет по рейке на реперу № 10 1500 мм; отсчет по подвесной рейке на

стойках со станции I: А = 0200 мм, Б = 0300 мм, В = 0350 мм, Г = 0390 мм; отсчеты по подвесной рейке на подвесных стойках со станции II: Г = 0540 мм, Д = 0515 мм, Е = 0500 мм, Ж = 0465 мм; длина отрезка на подвесной рейке  $l = 4500$  мм на станции I.

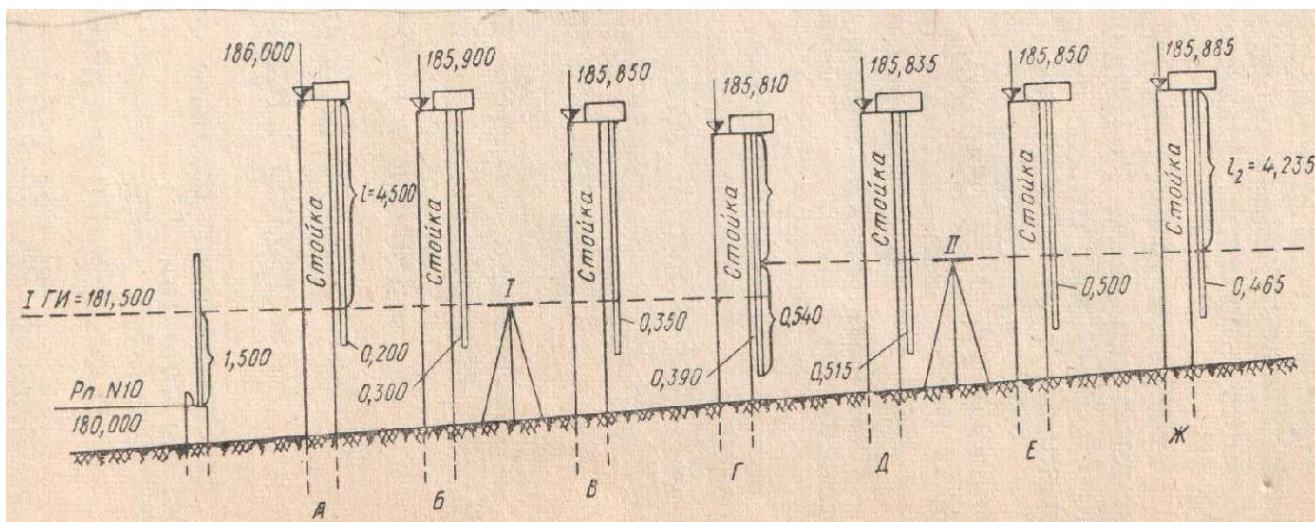


Рисунок 66 – Нивелирование верха стоек

**Решение.** 1. Определяют горизонт инструмента для станции I:

$$\text{ГИ}_I = 1806000 + 1,500 = 181,500 \text{ м.}$$

2. Определяют отметку верха стойки А, которая, как видно из рисунка 66, равна:

$$181,500 + 4,500 = 186,000 \text{ м.}$$

3. Вычисляют отметки верха стоек, пронивелированных на станции I:

$$H_B = 186,000 + 0,200 - 0,300 = 185,900 \text{ м;}$$

$$H_V = 185,900 + 0,300 - 0,350 = 185,850 \text{ м;}$$

$$H_\Gamma = 185,850 + 0,350 - 0,390 = 185,810 \text{ м.}$$

4. Определяют отметки верха стоек, пронивелированных на станции II:

$$H_D = 185,810 + 0,540 - 0,515 = 185,835 \text{ м;}$$

$$H_E = 185,835 + 0,515 - 0,500 = 185,850 \text{ м;}$$

$$H_{\text{Ж}} = 185,850 + 0,500 - 0,465 = 185,885 \text{ м.}$$

**Задачи.** В приводимых задачах определить отметки верха стоек, таблица

Таблица 104 – Варианты заданий

| № задачи | Отметка репера № 10 | Отсчет по рейке на репере № 10 | Отсчеты по подвесной рейке на стойках станции I | Отсчеты по подвесной рейке на стойках станции II | Длина отрезка на подвесной рейке l, мм |
|----------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 83       | 177,177             | 1400                           | A = 0400<br>Б = 0455<br>В = 0495<br>Г = 0520    | Г = 0478<br>Д = 0777<br>Е = 0707<br>Ж = 0604     | 4300                                   |
| 84       | 177,900             | 1100                           | A = 0700<br>Б = 0712<br>В = 0720<br>Г = 0731    | Г = 0800<br>Д = 0815<br>Е = 0822<br>Ж = 0832     | 4000                                   |
| 85       | 169,977             | 1600                           | A = 0302<br>Б = 0403<br>В = 0459<br>Г = 0492    | Г = 0642<br>Д = 0617<br>Е = 0602<br>Ж = 0564     | 4398                                   |
| 86       | 111,111             | 1510                           | A = 0212<br>Б = 0318<br>В = 0364<br>Г = 0400    | Г = 0552<br>Д = 0540<br>Е = 0531<br>Ж = 0522     | 4488                                   |
| 87       | 122,122             | 1550                           | A = 0253<br>Б = 0350<br>В = 0403<br>Г = 0444    | Г = 0600<br>Д = 0648<br>Е = 0798<br>Ж = 0847     | 4447                                   |

Продолжение таблицы 104

|    |         |      |                                              |                                              |      |
|----|---------|------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------|
| 88 | 137,182 | 1508 | A = 0207<br>Б = 0308<br>В = 0359<br>Г = 0402 | Г = 0550<br>Д = 0522<br>Е = 0530<br>Ж = 0548 | 4493 |
| 89 | 178,888 | 1010 | A = 0302<br>Б = 0320<br>В = 0343<br>Г = 0363 | Г = 0677<br>Д = 0695<br>Е = 0715<br>Ж = 0737 | 4698 |
| 90 | 161,005 | 866  | A = 0468<br>Б = 0487<br>В = 0502<br>Г = 0535 | Г = 0225<br>Д = 0240<br>Е = 0261<br>Ж = 0283 | 4732 |

### 2.2.17 Исполнительная высотная схема верха фундаментов под оборудование

**Пример. 1.** На рисунке 67 изображено три фундамента: ФО-1, ФО-2 и ФО-3. Произведена привязка в точке А к риску (с отметкой +1 м), отсчет по рейке 0205.

2. На фундаментах даны отсчеты по рейкам: а = 1090, б = 1095, в = 1087, а<sub>1</sub> = 1082, б<sub>1</sub> = 1096, в<sub>1</sub> = 1090, г<sub>1</sub> = 1078, а<sub>2</sub> = 1083, б<sub>2</sub> = 1097, в<sub>2</sub> = 1098, г<sub>2</sub> = 1075.

3. Проектная отметка верха фундаментов равна +0,120 м.

Требуется: определить отметки верха фундаментов в точках постановок рейке; составить таблицу отклонения от проектной отметки.

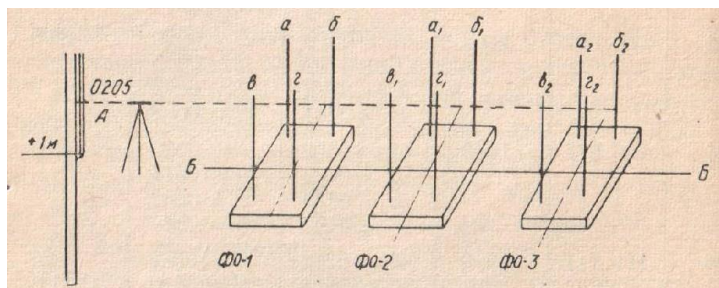


Рисунок 67 – К исполнительной схеме фундаментов

**Решение.** 1. Определяем горизонт инструмента:

$$H_{\text{ГИ}} = + 1,000 \text{ м} + 0,205 = + 1,205 \text{ м.}$$

2. Вычисляем отметки точек а, б, в, г и т.д.; отметка точек:

$$a = + 1,205 - 1,090 = + 0,115;$$

$$\bar{б} = + 1,205 - 1,095 = + 0,110;$$

$$в = + 1,205 - 1,087 = + 0,118$$

$$\Gamma = + 1,205 - 1,080 = + 0,125 \text{ и т.д.}$$

В результате получаем отметки остальных точек:

$$a_1 = + 0,123; \bar{б}_1 = + 0,109; в_1 = + 0,115; \Gamma_1 = + 0,127;$$

$$a_2 = + 0,122; \bar{б}_2 = + 0,108; в_2 = + 0,107; \Gamma_2 = + 0,130.$$

3. Таблица отклонения от проектной отметки примет следующий вид (таблица 105).

Таблица 105 – Отклонения от проектной отметки, мм

| № фундамента | № точки | № осей |     |     | Проектная отметка |
|--------------|---------|--------|-----|-----|-------------------|
|              |         | Б/1    | Б/2 | Б/3 |                   |
| ФО-1         | а       | – 5    |     |     | +0,120            |
|              | б       | –10    |     |     |                   |
|              | в       | – 2    |     |     |                   |
|              | г       | + 5    |     |     |                   |

Продолжение таблицы 105

|      |                |  |     |     |  |
|------|----------------|--|-----|-----|--|
| ФО-2 | a <sub>1</sub> |  | + 3 |     |  |
|      | б <sub>1</sub> |  | –11 |     |  |
|      | в <sub>1</sub> |  | – 5 |     |  |
|      | г <sub>1</sub> |  | + 7 |     |  |
| ФО-3 | a <sub>2</sub> |  |     | + 2 |  |
|      | б <sub>2</sub> |  |     | –12 |  |
|      | в <sub>2</sub> |  |     | –13 |  |
|      | г <sub>2</sub> |  |     | +10 |  |

**Упражнения.** По приводимым данным определить отметки верха фундаментов и составить таблицу отклонения от проектных отметок; отметка риски + 1 м, таблица 106.

Таблица 106 – Результаты измерений

| № упражнения | Отсчет по рейке в точке А | № оси | № точки        | Отсчеты по рейке на точках фундамента | Проектная отметка |
|--------------|---------------------------|-------|----------------|---------------------------------------|-------------------|
| 1            | 0308                      | В/2   | а              | 1288                                  | + 0,200           |
|              |                           |       | б              | 1295                                  |                   |
|              |                           |       | в              | 1300                                  |                   |
|              |                           |       | г              | 1283                                  |                   |
|              |                           | В/3   | а <sub>1</sub> | 1282                                  |                   |
|              |                           |       | б <sub>1</sub> | 1292                                  |                   |
|              |                           |       | в <sub>1</sub> | 1293                                  |                   |
|              |                           |       | г <sub>1</sub> | 1299                                  |                   |
|              |                           | В/4   | а <sub>2</sub> | 1286                                  |                   |
|              |                           |       | б <sub>2</sub> | 1286                                  |                   |
|              |                           |       | в <sub>2</sub> | 1295                                  |                   |
|              |                           |       | г <sub>2</sub> | 1298                                  |                   |

Продолжение таблицы 106

|   |      |     |                |      |         |
|---|------|-----|----------------|------|---------|
| 2 | 0111 | Б/3 | а              | 1212 | – 0,100 |
|   |      |     | б              | 1210 |         |
|   |      |     | в              | 1217 |         |
|   |      |     | г              | 1208 |         |
|   |      | Б/4 | а <sub>1</sub> | 1205 |         |
|   |      |     | б <sub>1</sub> | 1200 |         |
|   |      |     | в <sub>1</sub> | 1215 |         |
|   |      |     | г <sub>1</sub> | 1217 |         |
|   |      | Б/5 | а <sub>2</sub> | 1222 |         |
|   |      |     | б <sub>2</sub> | 1210 |         |
|   |      |     | в <sub>2</sub> | 1210 |         |
|   |      |     | г <sub>2</sub> | 1216 |         |
| 3 | 0217 | В/4 | а              | 870  | + 0,350 |
|   |      |     | б              | 868  |         |
|   |      |     | в              | 872  |         |
|   |      |     | г              | 873  |         |
|   |      | В/5 | а <sub>1</sub> | 877  |         |
|   |      |     | б <sub>1</sub> | 879  |         |
|   |      |     | в <sub>1</sub> | 871  |         |
|   |      |     | г <sub>1</sub> | 875  |         |
|   |      | В/6 | а <sub>2</sub> | 866  |         |
|   |      |     | б <sub>2</sub> | 868  |         |
|   |      |     | в <sub>2</sub> | 869  |         |
|   |      |     | г <sub>2</sub> | 877  |         |

### 2.2.18 Исполнительная высотная схема котлована

**Пример.** На рисунке 68 показана схема определения отметки земли  $H_3$  и отметки дна котлована  $H_{\phi}$ . В результате нивелирования получены данные, приведенные в таблице 107.

Таблица 107 – Результаты измерений

| Точка    | Отсчеты по рейке |                        |                    | Отметка репера |
|----------|------------------|------------------------|--------------------|----------------|
|          | на репере а      | на поверхности земли b | на дне котлована с |                |
|          | 0570             |                        |                    | 177,000        |
| А/1..... |                  | 0100                   | 2570               |                |
| Б/1..... |                  | 0100                   | 2540               |                |
| В/1..... |                  | 0242                   | 2530               |                |
| А/2..... |                  | 0374                   | 2562               |                |
| Б/2..... |                  | 0120                   | 2600               |                |
| В/2..... |                  | 0412                   | 2560               |                |
| А/3..... |                  | 0200                   | 2550               |                |
| Б/3..... |                  | 0150                   | 2540               |                |
| В/3..... |                  | 0312                   | 2610               |                |

Требуется: вычислить отметки  $H_3$  и  $H_\Phi$ , составить таблицу отклонения от проектной с определением глубины вскрытия котлована при условии, что проектная отметка дна котлована равна 175,000.

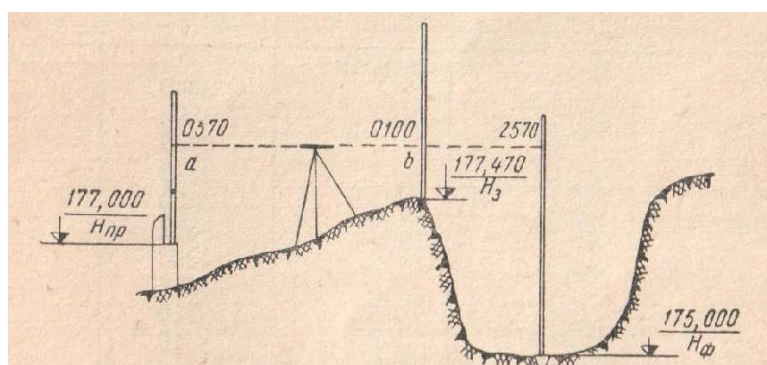


Рисунок 68 – К исполнительной схеме котлована

**Решение.** Из рисунка 68 видно, что  $H_3 = H_{пр} + a - b = 177,000 + 0570 - 0100 = 177,470$  и  $H_\Phi = H_{пр} + a - c = 177,000 + 0570 - 2570 = 175,000$ .

После вычисления отметок  $H_3$  и  $H_\Phi$  составим таблицу отклонения от проектной отметки с определением глубины вскрытия котлована. Таблица 108 примет следующий вид:

Таблица 108 – Отклонения от проектной отметки

| Точка    | $H_3$  | Дно котлована |         | Разность         |               |
|----------|--------|---------------|---------|------------------|---------------|
|          |        | $H_{пр}$      | $H_{ф}$ | $H_{пр} - H_{ф}$ | $H_3 - H_{ф}$ |
| А/1..... | 177,47 | 175,00        | 175,00  | 0                | 2,47          |
| Б/1..... | 177,47 | 175,00        | 175,03  | -0,03            | 2,43          |
| В/1..... | 177,33 | 175,00        | 175,04  | -0,04            | 2,29          |
| А/2..... | 177,20 | 175,00        | 175,01  | -0,01            | 2,19          |
| Б/2..... | 177,45 | 175,00        | 174,97  | +0,03            | 2,48          |
| В/2..... | 177,16 | 175,00        | 175,01  | -0,01            | 2,15          |
| Точка    | $H_3$  | Дно котлована |         | Разность         |               |
|          |        | $H_{пр}$      | $H_{ф}$ | $H_{пр} - H_{ф}$ | $H_3 - H_{ф}$ |
| А/3..... | 177,37 | 175,00        | 175,02  | -0,02            | 2,35          |
| Б/3..... | 177,42 | 175,00        | 175,03  | -0,03            | 2,39          |
| В/3..... | 177,26 | 175,00        | 174,96  | +0,04            | 2,30          |

В приводимом упражнении требуется составить таблицу отклонения фактических отметок дна котлована от проектных отметок и определить глубину выемки грунта.

**Упражнение.** Проектная отметка дна котлована 154,340 м. Отметка репера 159,666, отсчет по рейке на репере 0,440, таблица 109

Таблица 109 – Результаты измерений

| Точка    | Отсчеты по рейке         |                      |
|----------|--------------------------|----------------------|
|          | на поверхности земли $b$ | На дне котлована $c$ |
| А/1..... | 0615                     | 3766                 |
| Б/1..... | 1260                     | 3700                 |
| В/1..... | 1110                     | 3603                 |
| Г/1..... | 1030                     | 3722                 |
| Точка    | Отсчеты по рейке         |                      |
|          | на поверхности земли $b$ | На дне котлована $c$ |
| А/2..... | 1120                     | 3804                 |
| Б/2..... | 1140                     | 3784                 |
| В/2..... | 1360                     | 3840                 |
| Г/2..... | 1450                     | 3867                 |
| А/3..... | 1000                     | 3772                 |
| Б/3..... | 0900                     | 3796                 |
| В/3..... | 1750                     | 3782                 |
| Г/3..... | 0877                     | 3800                 |

## 2.2.19 Исполнительная высотная схема фундаментов под колонны

**Пример.** На рисунке 69 дан отсчет на риску А  $a = 0340$  с условной отметкой  $+1$  м и отсчет по рейке в котловане  $b = 3340$ .

На рисунке 70 показана схема расположения стаканов по осям. В таблице 110 приведены результаты наблюдений.

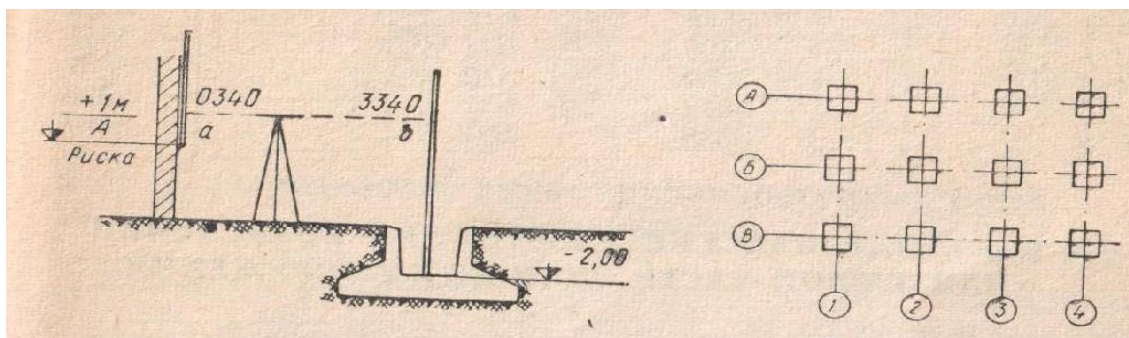


Рисунок 69 – Схема измерений

Рисунок 70 – Схема расположения стаканов

Таблица 110 – Результаты наблюдений

| Точка    | Отсчеты по рейке            |                         | Проектная отметка<br>дна стаканов |
|----------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|          | на поверхности<br>земли $b$ | На дне<br>котлована $c$ |                                   |
|          | 0340                        |                         | -2,00                             |
| А/1..... |                             | 3340                    |                                   |
| Б/1..... |                             | 3302                    |                                   |
| В/1..... |                             | 3308                    |                                   |
| А/2..... |                             | 3349                    |                                   |
| Б/2..... |                             | 3358                    |                                   |
| В/2..... |                             | 3322                    |                                   |
| А/3..... |                             | 3320                    |                                   |

Продолжение таблицы 110

|          |  |      |  |
|----------|--|------|--|
| Б/3..... |  | 3312 |  |
| В/3..... |  | 3310 |  |
| А/4..... |  | 3310 |  |
| Б/4..... |  | 3349 |  |
| В/4..... |  | 3316 |  |

Требуется: определить отметки дна стаканов; составить таблицу отклонения фактических отметок дна стаканов от проектной отметки.

**Решение.** 1. Определяем горизонт инструмента  $1 \text{ м} + 0,340 = + 1,340$ .

2. Вычисляем отметку дна стакана:

$$А/1 \dots + 1,340 - 3,340 = - 2,00 \text{ м};$$

$$Б/1 \dots + 1,340 - 3,302 = - 1,96 \text{ м};$$

$$В/1 \dots + 1,340 - 3,308 = - 1,96 \text{ м и т.д.}$$

3. Таблица отклонения фактических отметок дна стаканов от проектных отметок примет следующий вид, таблица 111.

Таблица 111 – Отклонения фактических отметок

| Точка    | Отметки дна стаканов |                | Разность                       |
|----------|----------------------|----------------|--------------------------------|
|          | $H_{\text{пр}}$      | $H_{\text{ф}}$ | $H_{\text{пр}} - H_{\text{ф}}$ |
| А/1..... | -2,00                | -2,00          | 0,00                           |
| Б/1..... | -2,00                | -1,96          | -0,04                          |
| В/1..... | -2,00                | -1,97          | -0,03                          |
| А/2..... | -2,00                | -2,01          | +0,01                          |
| Б/2..... | -2,00                | -2,02          | +0,02                          |
| В/2..... | -2,00                | -1,98          | -0,02                          |

Продолжение таблицы 111

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| А/3..... | –2,00 | –1,98 | –0,02 |
| Б/3..... | –2,00 | –1,97 | –0,03 |
| В/3..... | –2,00 | –1,97 | –0,03 |
| А/4..... | –2,00 | –1,97 | –0,03 |
| Б/4..... | –2,00 | –2,01 | +0,01 |
| В/4..... | –2,00 | –1,98 | –0,02 |

По приводимым данным вычислить отметки дна стаканов и составить таблицу отклонения фактических отметок дна стаканов от проектных отметок, таблицы 112, 113.

**Упражнение № 1.** Проектная отметка – 2,45 м;  $R_{п} = + 1$  м; отсчет по рейке на  $R_{п} = 0,212$ .

Таблица 112 – Варианты заданий

| Точка    | Отсчеты по рейке на дне стакана b |
|----------|-----------------------------------|
| А/1..... | 3660                              |
| Б/1..... | 3678                              |
| В/1..... | 3693                              |
| А/2..... | 3650                              |
| Б/2..... | 3642                              |
| В/2..... | 3638                              |

**Упражнение № 2.** Проектная отметка – 1,90 м;  $R_{п} = + 1$  м; отсчет по рейке на  $R_{п} = 0,600$ .

Таблица 113 – Варианты заданий

| Точка    | Отсчеты по рейке на дне стакана b |
|----------|-----------------------------------|
| А/1..... | 3500                              |
| Б/1..... | 3522                              |
| В/1..... | 3541                              |

Продолжение таблицы 113

|          |      |
|----------|------|
| A/2..... | 3537 |
| Б/2..... | 3528 |
| В/2..... | 3487 |

## 2.3 Геодезические работы при возведении надземной части зданий и сооружений

### 2.3.1 Передача условной отметки на высокую часть промышленного здания

**Пример.** Требуется передать условную отметку на третий этаж промышленного здания на риску В, если дано: отметка риски А + 1,000 м, расстояние от риски А до проема здания а 5000 мм, отсчет по рейке в 0300 мм и отсчет по рейке В 0200 мм.

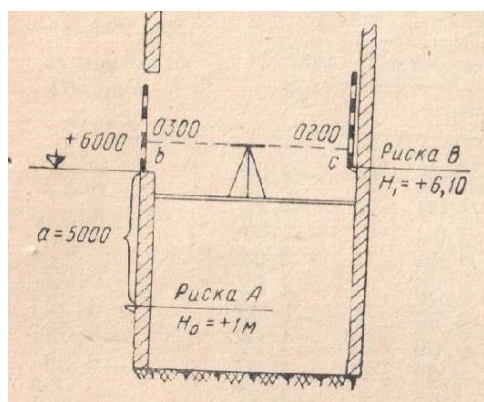


Рисунок 71 – Передача отметки на высокую точку стройки

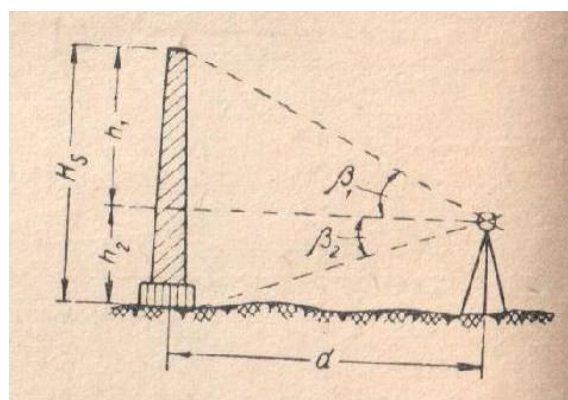


Рисунок 72 – Определение высоты сооружения

**Решение.** Как видно из рисунка 72, отметку риски В можно определить по формуле

$$H_1 = H_0 + a + b - c \text{ или } \text{отметка риски В} = 1 \text{ м} + 5000 - 0300 - 0200 = +6,10 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить условную отметку риски  $H_1$  по приводимым данным с точностью до сотых метра, таблица 114.

Таблица 114 – Варианты заданий

| № задачи | Дано                     |                     |                        |                        |
|----------|--------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|          | отметка риски<br>$A$ , м | расстояние $a$ , мм | отсчет по<br>рейке $b$ | отсчет по<br>рейке $c$ |
| 1        | +0,500                   | 4600                | 0311                   | 0222                   |
| 2        | +0                       | 4205                | 0217                   | 0111                   |
| 3        | +1,000                   | 5607                | 0344                   | 0307                   |
| 4        | +0,200                   | 8466                | 0307                   | 0511                   |
| 5        | +0,100                   | 9465                | 0266                   | 0302                   |
| 6        | +0                       | 8111                | 0366                   | 0307                   |

### 2.3.2 Определение высот труднодоступных точек сооружений

**Пример.** Требуется определить высоту сооружения (рисунок 71), если дано:  $d = 51,20$  м,  $\beta_1 = 20^\circ 22'$  и  $\beta_2 = 2^\circ 42'$ . Из рисунка 71 следует, что  $h_1 = d \operatorname{tg} \beta_1$  и  $h_2 = d \operatorname{tg} \beta_2$ , откуда  $H_S = h_1 + h_2$ .

**Решение.** 1. Логарифмированием

$$\begin{array}{rcl}
 \lg 51,20 & = & 1,70927 \\
 + & & + \\
 \lg \operatorname{tg} \beta_1 20^\circ 22' & = & 9,56965 \\
 \hline
 \lg 51,20 & = & 1,70927 \\
 + & & + \\
 \lg \operatorname{tg} \beta_2 2^\circ 42' & = & 8,67356 \\
 \hline
 \end{array}$$

Отсюда

$$H_S = 19,01 + 2,41 = 21,42 \text{ м.}$$

При помощи натуральных значений тригонометрических функций

$$H_S = h_1 + h_2 = d (\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2) = 51,20 (0,3712 + 0,0472) = 51,20 \cdot 0,4184 = 21,42 \text{ м.}$$

**Задачи.** Определить высоту сооружения  $H_S$  по приводимым данным, таблица 115.

Таблица 115 – Варианты заданий

| № задачи | Дано  |           |           |
|----------|-------|-----------|-----------|
|          | d     | $\beta_1$ | $\beta_2$ |
| 7        | 60,00 | 20°07'    | 5°15'     |
| 8        | 47,00 | 23°15'    | 3°15'     |
| 9        | 49,30 | 27°10'    | 2°10'     |
| 10       | 38,45 | 33°33'    | 3°15'     |
| 11       | 51,50 | 36°22'    | 4°07'     |

### **3 Литература, рекомендуемая для изучения тем**

1. Инженерная геодезия: учебник / под ред. Г.А. Федотова. – М: Высшая школа, 2007. – 463 с.
2. Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов / под ред. И.П. Интулова; Воронежский гос.арх.-строит.университет. – Воронеж, 2006. – 273 с.
3. Инженерная геодезия: учебное пособие / под ред. Д.Ш. Михелева. – М: Высшая школа, 2001. – 464 с.
4. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве. – М., 1985
5. Монолитное домостроение: учебное пособие для ВУЗов; под ред. Ю.М. Красный. – М., 2001. – 356 с.
6. Основы геодезии и топография местности: учебное пособие / под ред. О.Ф. Кузнецова. – Оренбург, ОГУ, 2008. – 309 с.
7. Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов / под ред. О.Ф. Кузнецова. – Оренбург, ОГУ, 2012. – 259 с.

## Приложение А

### (справочное)

**Таблица поправок за наклон линий**

| Углы наклона,<br>о | Расстояние, м |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|--------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                    | 10            | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90  | 100 |
| 10                 | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |
| 20                 | 0             | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2   | 2   |
| 30                 | 0             | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 4   | 4   |
| 40                 | 1             | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 5  | 6   | 7   |
| 50                 | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 10  | 11  |
| 1 00               | 2             | 3  | 5  | 6  | 8  | 9  | 11 | 12 | 14  | 15  |
| 10                 | 2             | 4  | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 17 | 19  | 21  |
| 20                 | 2             | 5  | 8  | 11 | 14 | 16 | 19 | 22 | 24  | 27  |
| 30                 | 3             | 7  | 10 | 14 | 17 | 20 | 24 | 27 | 30  | 34  |
| 40                 | 4             | 9  | 13 | 17 | 21 | 25 | 30 | 34 | 38  | 42  |
| 50                 | 5             | 10 | 15 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46  | 51  |
| 2 00               | 6             | 12 | 18 | 24 | 30 | 37 | 43 | 49 | 55  | 61  |
| 05                 | 7             | 13 | 20 | 26 | 33 | 40 | 46 | 53 | 59  | 66  |
| 10                 | 7             | 14 | 21 | 29 | 36 | 43 | 50 | 57 | 64  | 72  |
| 15                 | 9             | 15 | 23 | 31 | 39 | 46 | 54 | 62 | 69  | 77  |
| 20                 | 8             | 17 | 25 | 33 | 41 | 50 | 58 | 66 | 75  | 83  |
| 25                 | 9             | 18 | 27 | 36 | 44 | 53 | 62 | 71 | 80  | 89  |
| 30                 | 10            | 19 | 29 | 38 | 48 | 57 | 67 | 76 | 86  | 95  |
| 35                 | 10            | 20 | 31 | 41 | 51 | 61 | 71 | 81 | 91  | 102 |
| 40                 | 11            | 22 | 33 | 43 | 54 | 65 | 76 | 87 | 98  | 108 |
| 45                 | 12            | 23 | 35 | 46 | 58 | 69 | 81 | 91 | 104 | 115 |

| Углы наклона,<br>о | Расстояние, м |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|---------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    | 10            | 20 | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
| 50                 | 12            | 24 | 37  | 49  | 61  | 73  | 86  | 98  | 110 | 122 |
| 55                 | 13            | 26 | 39  | 52  | 65  | 78  | 91  | 104 | 117 | 130 |
| 3 00               | 14            | 27 | 41  | 55  | 69  | 82  | 96  | 110 | 124 | 137 |
| 05                 | 15            | 29 | 43  | 58  | 72  | 87  | 101 | 116 | 130 | 145 |
| 10                 | 15            | 31 | 46  | 61  | 76  | 92  | 107 | 122 | 138 | 153 |
| 15                 | 16            | 32 | 48  | 64  | 80  | 96  | 113 | 129 | 145 | 161 |
| 20                 | 17            | 34 | 51  | 68  | 85  | 102 | 119 | 135 | 152 | 169 |
| 25                 | 18            | 36 | 53  | 71  | 89  | 107 | 124 | 142 | 160 | 178 |
| 30                 | 19            | 37 | 56  | 75  | 94  | 112 | 131 | 149 | 168 | 187 |
| 35                 | 20            | 39 | 59  | 78  | 98  | 117 | 137 | 156 | 176 | 196 |
| 40                 | 21            | 41 | 61  | 82  | 102 | 123 | 143 | 164 | 184 | 205 |
| 45                 | 21            | 43 | 64  | 86  | 107 | 128 | 150 | 171 | 193 | 214 |
| 50                 | 22            | 45 | 67  | 90  | 112 | 134 | 157 | 179 | 201 | 224 |
| 55                 | 23            | 47 | 70  | 93  | 117 | 140 | 164 | 187 | 210 | 234 |
| 4 00               | 24            | 49 | 73  | 98  | 122 | 146 | 171 | 195 | 220 | 244 |
| 05                 | 25            | 51 | 76  | 102 | 127 | 152 | 178 | 203 | 228 | 254 |
| 10                 | 26            | 53 | 79  | 106 | 132 | 159 | 185 | 211 | 238 | 264 |
| 15                 | 28            | 55 | 83  | 110 | 138 | 165 | 193 | 220 | 248 | 275 |
| 20                 | 29            | 57 | 86  | 114 | 143 | 172 | 200 | 229 | 257 | 286 |
| 25                 | 30            | 59 | 89  | 119 | 149 | 178 | 208 | 238 | 267 | 297 |
| 30                 | 31            | 62 | 92  | 123 | 154 | 185 | 216 | 246 | 277 | 308 |
| 35                 | 32            | 64 | 96  | 128 | 160 | 192 | 224 | 256 | 288 | 320 |
| 40                 | 33            | 66 | 99  | 133 | 166 | 199 | 232 | 266 | 298 | 332 |
| 45                 | 34            | 69 | 103 | 137 | 172 | 206 | 240 | 274 | 309 | 343 |
| 50                 | 36            | 71 | 107 | 142 | 178 | 213 | 249 | 284 | 320 | 354 |

| Углы<br>наклона,<br>о | Расстояние, м |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 10            | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
| 55                    | 37            | 74  | 110 | 147 | 184 | 221 | 258 | 294 | 331 | 368 |
| 5 00                  | 38            | 76  | 114 | 152 | 190 | 229 | 267 | 305 | 343 | 381 |
| 05                    | 39            | 79  | 118 | 157 | 197 | 236 | 275 | 315 | 354 | 393 |
| 10                    | 41            | 81  | 122 | 63  | 203 | 244 | 284 | 325 | 366 | 406 |
| 15                    | 42            | 84  | 126 | 168 | 210 | 252 | 294 | 336 | 378 | 420 |
| 20                    | 43            | 87  | 130 | 173 | 216 | 260 | 303 | 346 | 390 | 433 |
| 25                    | 45            | 89  | 134 | 179 | 223 | 268 | 313 | 357 | 402 | 446 |
| 30                    | 46            | 92  | 138 | 184 | 230 | 276 | 322 | 368 | 414 | 460 |
| 35                    | 47            | 95  | 142 | 190 | 237 | 284 | 332 | 380 | 427 | 474 |
| 40                    | 49            | 98  | 147 | 196 | 244 | 293 | 342 | 391 | 439 | 489 |
| 45                    | 50            | 101 | 151 | 201 | 252 | 302 | 352 | 402 | 453 | 503 |
| 50                    | 52            | 104 | 155 | 207 | 259 | 311 | 362 | 414 | 466 | 518 |
| 55                    | 53            | 107 | 160 | 213 | 266 | 320 | 373 | 426 | 480 | 533 |
| 6 00                  | 55            | 110 | 164 | 219 | 274 | 329 | 384 | 438 | 493 | 543 |
| 05                    | 56            | 113 | 169 | 225 | 282 | 338 | 394 | 450 | 506 | 563 |
| 10                    | 58            | 116 | 174 | 231 | 289 | 347 | 405 | 463 | 521 | 579 |
| 15                    | 59            | 119 | 178 | 238 | 297 | 356 | 416 | 475 | 535 | 594 |
| 20                    | 61            | 122 | 183 | 244 | 305 | 366 | 427 | 488 | 549 | 610 |
| 25                    | 63            | 125 | 188 | 251 | 313 | 376 | 439 | 501 | 564 | 626 |
| 30                    | 64            | 129 | 193 | 257 | 322 | 386 | 450 | 514 | 579 | 643 |
| 35                    | 66            | 132 | 198 | 264 | 330 | 396 | 462 | 528 | 593 | 659 |
| 40                    | 68            | 135 | 203 | 270 | 338 | 406 | 473 | 541 | 609 | 676 |
| 45                    | 69            | 139 | 208 | 277 | 347 | 416 | 485 | 554 | 624 | 693 |
| 50                    | 71            | 142 | 213 | 284 | 355 | 426 | 497 | 568 | 639 | 710 |
| 55                    | 73            | 146 | 219 | 292 | 365 | 438 | 511 | 584 | 656 | 729 |

| Углы наклона,<br>о | Расстояние, м |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|--------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|                    | 10            | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90   | 100  |
| 7 00               | 75            | 149 | 224 | 298 | 373 | 447 | 522 | 596 | 671  | 745  |
| 05                 | 76            | 153 | 229 | 305 | 382 | 458 | 534 | 611 | 687  | 763  |
| 10                 | 78            | 154 | 234 | 313 | 391 | 469 | 547 | 625 | 703  | 781  |
| 15                 | 80            | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720  | 800  |
| 20                 | 82            | 164 | 245 | 327 | 409 | 491 | 572 | 654 | 736  | 818  |
| 25                 | 84            | 167 | 251 | 335 | 418 | 502 | 586 | 668 | 753  | 837  |
| 30                 | 86            | 171 | 257 | 342 | 428 | 514 | 599 | 685 | 770  | 856  |
| 35                 | 87            | 175 | 262 | 350 | 437 | 525 | 612 | 700 | 787  | 875  |
| 40                 | 89            | 179 | 268 | 358 | 447 | 536 | 626 | 715 | 805  | 894  |
| 45                 | 91            | 183 | 274 | 365 | 457 | 548 | 639 | 730 | 822  | 913  |
| 50                 | 93            | 187 | 280 | 373 | 467 | 560 | 653 | 747 | 840  | 933  |
| 55                 | 95            | 191 | 286 | 381 | 477 | 572 | 667 | 762 | 858  | 953  |
| 8 00               | 97            | 195 | 292 | 389 | 487 | 584 | 681 | 778 | 876  | 973  |
| 05                 | 99            | 199 | 298 | 397 | 497 | 596 | 695 | 795 | 894  | 994  |
| 10                 | 101           | 203 | 304 | 406 | 507 | 608 | 710 | 811 | 913  | 1015 |
| 15                 | 104           | 207 | 311 | 414 | 518 | 621 | 725 | 828 | 932  | 1035 |
| 20                 | 106           | 211 | 317 | 422 | 528 | 634 | 739 | 845 | 950  | 1056 |
| 25                 | 108           | 215 | 323 | 431 | 538 | 646 | 754 | 862 | 969  | 1077 |
| 30                 | 110           | 220 | 329 | 439 | 549 | 659 | 769 | 878 | 938  | 1098 |
| 35                 | 112           | 224 | 336 | 448 | 560 | 672 | 784 | 896 | 1008 | 1120 |
| 40                 | 114           | 228 | 343 | 457 | 571 | 685 | 799 | 913 | 1028 | 1142 |
| 45                 | 116           | 233 | 350 | 466 | 582 | 698 | 815 | 931 | 1048 | 1164 |
| 50                 | 119           | 237 | 356 | 474 | 593 | 712 | 830 | 949 | 1067 | 1186 |
| 55                 | 121           | 242 | 363 | 483 | 604 | 725 | 846 | 967 | 1088 | 1209 |
| 9 00               | 123           | 246 | 369 | 492 | 616 | 739 | 862 | 985 | 1108 | 1231 |

# Приложение Б

(справочное)

## Разбивка круговых кривых

R = 1000

| $\alpha$ | $T$     | $K$     | $D$    | $B$    |
|----------|---------|---------|--------|--------|
| 20°00'   | 176,327 | 349,066 | 3,588  | 15,426 |
| 10       | 177,827 | 351,975 | 3,679  | 15,688 |
| 20       | 179,328 | 354,884 | 3,772  | 15,952 |
| 30       | 180,829 | 357,793 | 3,865  | 16,217 |
| 40       | 182,232 | 360,701 | 3,963  | 16,486 |
| 50       | 183,835 | 363,610 | 4,060  | 16,756 |
| 21°00'   | 185,339 | 366,519 | 4,159  | 17,030 |
| 10       | 186,844 | 369,428 | 4,260  | 17,305 |
| 20       | 188,349 | 372,337 | 4,361  | 17,583 |
| 30       | 189,856 | 375,246 | 4,466  | 17,862 |
| 40       | 191,363 | 378,155 | 4,571  | 18,144 |
| 50       | 192,871 | 381,064 | 4,678  | 18,429 |
| 22°00'   | 194,380 | 383,972 | 4,788  | 18,716 |
| 10       | 195,890 | 386,881 | 4,899  | 19,005 |
| 20       | 197,401 | 389,790 | 5,012  | 19,297 |
| 30       | 198,912 | 392,699 | 5,125  | 19,591 |
| 40       | 200,425 | 395,608 | 5,242  | 19,887 |
| 50       | 201,938 | 398,517 | 5,359  | 20,185 |
| 23°00'   | 203,452 | 401,426 | 5,478  | 20,486 |
| 10       | 204,967 | 404,335 | 5,599  | 20,789 |
| 20       | 206,483 | 407,244 | 5,722  | 21,095 |
| 30       | 208,000 | 410,152 | 5,848  | 21,402 |
| 40       | 209,518 | 413,061 | 5,975  | 21,713 |
| 50       | 211,037 | 415,970 | 6,104  | 22,025 |
| 24°00'   | 212,557 | 418,879 | 6,235  | 22,340 |
| 10       | 214,077 | 421,788 | 6,366  | 22,657 |
| 20       | 215,599 | 424,697 | 6,501  | 22,977 |
| 30       | 217,121 | 427,606 | 6,636  | 23,299 |
| 40       | 218,645 | 430,515 | 6,775  | 23,623 |
| 50       | 220,169 | 433,423 | 6,915  | 23,950 |
| 25°00'   | 221,695 | 436,332 | 7,058  | 24,279 |
| 10       | 223,221 | 439,241 | 7,201  | 24,610 |
| 20       | 224,749 | 442,150 | 7,348  | 24,944 |
| 30       | 226,277 | 445,059 | 7,495  | 25,280 |
| 40       | 227,806 | 447,968 | 7,644  | 25,619 |
| 50       | 229,337 | 450,877 | 7,797  | 25,960 |
| 26°00'   | 230,868 | 453,786 | 7,950  | 26,304 |
| 10       | 232,401 | 456,695 | 8,107  | 26,649 |
| 20       | 233,934 | 459,603 | 8,265  | 26,998 |
| 30       | 235,469 | 462,512 | 8,426  | 27,348 |
| 40       | 237,004 | 465,421 | 8,587  | 27,701 |
| 50       | 238,541 | 468,330 | 8,752  | 28,057 |
| 27°00'   | 240,079 | 471,239 | 8,919  | 28,415 |
| 10       | 241,618 | 474,148 | 9,088  | 28,775 |
| 20       | 243,157 | 477,057 | 9,257  | 29,138 |
| 30       | 244,698 | 479,966 | 9,430  | 29,503 |
| 40       | 246,241 | 482,874 | 9,608  | 29,870 |
| 50       | 247,784 | 485,783 | 9,785  | 30,240 |
| 28°00'   | 249,328 | 488,692 | 9,964  | 30,613 |
| 10       | 250,873 | 491,601 | 10,145 | 30,988 |
| 20       | 252,420 | 494,510 | 10,330 | 31,366 |
| 30       | 253,968 | 497,419 | 10,517 | 31,745 |
| 40       | 255,517 | 500,328 | 10,706 | 32,128 |
| 50       | 257,066 | 503,237 | 10,895 | 32,512 |
| 29°00'   | 258,618 | 506,145 | 11,091 | 32,900 |
| 10       | 260,170 | 509,054 | 11,286 | 33,289 |
| 20       | 261,723 | 511,963 | 11,483 | 33,682 |
| 30       | 263,278 | 514,872 | 11,684 | 34,076 |
| 40       | 264,834 | 517,781 | 11,887 | 34,474 |
| 50       | 266,391 | 520,690 | 12,092 | 34,873 |
| 30°00'   | 267,949 | 523,599 | 12,299 | 35,276 |

## Приложение В

(справочное)

### Ответы к задачам

| Раздел | № задачи | Ответы       | Раздел | № задачи | Ответы                 |
|--------|----------|--------------|--------|----------|------------------------|
| 1.1    | 1.       | В 1 см 0,5 м | 1.1    | 37.      | 2,28 см                |
|        | 2.       | В 1 см 25 м  |        | 38.      | 11,4 см                |
|        | 3.       | В 1 см 1 м   |        | 39.      | 0,62 см                |
|        | 4.       | В 1 см 2 м   |        | 40.      | 16,3 см                |
|        | 5.       | В 1 см 200 м | 1.2    | 1.       | l=100,47 м l1=100,51 м |
|        | 6.       | В 1 см 50 м  |        | 2.       | l=88,39 м l1=88,43 м   |
|        | 7.       | В 1 см 5 м   |        | 3.       | l=67,36 м l1=67,39 м   |
|        | 8.       | В 1 см 20 м  |        | 4.       | l=81,09 м l1=81,12 м   |
|        | 9.       | В 1 см 500 м |        | 14.      | $\frac{1}{1700}$       |
|        | 10.      | В 1 см 10 м  |        | 15.      | $\frac{1}{2300}$       |
|        | 11.      | 1 : 1 000    |        | 16.      | $\frac{1}{3000}$       |
|        | 12.      | 1 : 50 000   |        | 17.      | $\frac{1}{2000}$       |
|        | 13.      | 1 : 2 000    |        | 18.      | $\frac{1}{2600}$       |
|        | 14.      | 1 : 500      |        | 19.      | $\frac{1}{3600}$       |
|        | 15.      | 1 : 5 000    |        | 20.      | $\frac{1}{3900}$       |
|        | 16.      | 1 : 20 000   |        | 21.      | Допустима 100,015 м    |

| Раздел | № задачи | Ответы           | Раздел | № задачи | Ответы              |
|--------|----------|------------------|--------|----------|---------------------|
|        | 17.      | 1 : 200          |        | 22.      | Недопустима         |
|        | 18.      | 1 : 100          |        | 23.      | Недопустима         |
|        | 19.      | 1 : 2 500        |        | 24.      | Допустима 52,165 м  |
|        | 20.      | 1 : 50           |        | 25.      | недопустима         |
|        | 21.      | 1 : 100 в 50 раз |        | 26.      | Допустима 84,285 м  |
|        | 22.      | 1 : 100 в 5 раз  |        | 27.      | Допустима 161,195 м |
|        | 23.      | 1 : 50 в 4 раза  |        | 28.      | Допустима 239,94 м  |
|        | 24.      | 1 : 20 в 10 раз  |        | 29.      | Допустима 181,125 м |
|        | 25.      | 1 : 10 в 2 раза  |        | 30.      | Недопустима         |
|        | 26.      | 0,001 м          |        | 31.      | 179,76 м            |
|        | 27.      | 0,005 м          |        | 32.      | 110,92 м            |
|        | 28.      | 0,2 м            |        | 33.      | 110,83 м            |
|        | 29.      | 0,5 м            |        | 34.      | 116,58 м            |
|        | 30.      | 1 м              |        | 35.      | 131,81 м            |
|        | 31.      | 25 м             |        | 36.      | 177,43 м            |
|        | 32.      | 112 м            |        | 37.      | 110,10 м            |
|        | 33.      | 183 м            |        | 38.      | 110,10 м            |
|        | 34.      | 390 м            |        | 39.      | 131,89 м            |
|        | 35.      | 3,45 м           |        | 40.      | 131,29 м            |
|        | 36.      | 1,14 см          |        | 41.      | 99,53 м             |
| 1.2    | 42.      | 110,86 м         |        | 39.      | 8°59′               |

| Раздел | № задачи | Ответы      | Раздел | № задачи | Ответы      |
|--------|----------|-------------|--------|----------|-------------|
|        | 43.      | 87,92 м     |        | 40.      | 149°26′     |
|        | 44.      | 69,64 м     |        | 41.      | СЗ : 79°35′ |
|        | 45.      | 63,61 м     |        | 42.      | СЗ : 79°42′ |
|        | 46.      | 77,48 м     |        | 43.      | СЗ : 79°17′ |
|        | 47.      | 66,40 м     |        | 44.      | ЮЗ : 51°16′ |
|        | 48.      | 54,97 м     |        | 45.      | СВ : 54°32′ |
|        | 49.      | 106,20 м    | 1.4    | 1.       | t=1′        |
|        | 50.      | 73,65 м     |        | 2.       | t=30″       |
| 1.3    | 1.       | ЮВ : 19°00′ |        | 3.       | t=1′        |
|        | 2.       | СЗ : 82°55′ |        | 4.       | t=30″       |
|        | 3.       | СВ : 0°40′  |        | 5.       | t=2′        |
|        | 4.       | ЮВ : 87°45′ |        | 6.       | t=1′        |
|        | 5.       | СВ : 10°10′ |        | 7.       | t=2′        |
|        | 6.       | СЗ : 4°05′  |        | 8.       | t=1′        |
|        | 7.       | ЮЗ : 1°10′  |        | 9.       | t=2′        |
|        | 8.       | ЮВ : 0°16′  |        | 10.      | t=0′        |
|        | 9.       | ЮВ : 88°40′ |        | 11.      | t=2′        |
|        | 10.      | СВ : 18°18′ |        | 12.      | t=3′        |
|        | 11.      | 220°40′     |        | 13.      | t=2′        |
|        | 12.      | 339°40′     |        | 14.      | t=1′        |
|        | 13.      | 169°50′     |        | 15.      | 2′30″       |
|        | 14.      | 0°15′       |        | 16.      | 1′30″       |
|        | 15.      | 181°05′     |        | 17.      | 3′00″       |
|        | 16.      | 16°16′      |        | 18.      | 2′30″       |
|        | 17.      | 172°53′     |        | 19.      | 3′30″       |
|        | 18.      | 191°33′     |        | 20.      | 0′15′       |

| Раздел | № задачи | Ответы             | Раздел | № задачи | Ответы                            |
|--------|----------|--------------------|--------|----------|-----------------------------------|
|        | 19.      | $271^{\circ}08'$   |        | 21.      | $1'15'$                           |
|        | 20.      | $359^{\circ}45'$   |        | 22.      | $2'30'$                           |
|        | 21.      | $64^{\circ}00'$    |        | 23.      | $0^{\circ}05'$                    |
|        | 22.      | $173^{\circ}55'$   |        | 24.      | $645'$                            |
|        | 23.      | $87^{\circ}24'$    |        | 25.      | $505^{\circ}53'00''$              |
|        | 24.      | $299^{\circ}50'$   |        | 26.      | $1',5$                            |
|        | 25.      | $0^{\circ}15'$     |        | 27.      | $0',5$                            |
|        | 26.      | $77^{\circ}37'$    |        | 28.      | $6'$                              |
|        | 27.      | $163^{\circ}15'$   |        | 29.      | $45'5$                            |
|        | 28.      | $289^{\circ}18'$   |        | 30.      | $359^{\circ}58'$                  |
|        | 29.      | $143^{\circ}41'$   |        | 31.      | $359^{\circ}55'30''$              |
|        | 30.      | $1^{\circ}49'$     |        | 32.      | $5'30''$                          |
|        | 31.      | $23^{\circ}57'$    |        | 33.      | $1'30''$                          |
|        | 32.      | $228^{\circ}52'$   |        | 34.      | $1'$                              |
|        | 33.      | $275^{\circ}01'$   |        | 35.      | $1'$                              |
|        | 34.      | $300^{\circ}00'$   |        | 36.      | $-7^{\circ}10'$                   |
|        | 35.      | $90^{\circ}92'$    |        | 37.      | $-7^{\circ}15'$                   |
|        | 36.      | $20^{\circ}50'$    |        | 38.      | $+5^{\circ}23'$                   |
|        | 37.      | $69^{\circ}55'$    |        | 39.      | $+1^{\circ}00',5$                 |
|        | 38.      | $0^{\circ}03'$     |        | 40.      | $-0^{\circ}53',5$                 |
| 1.4    | 41.      | $-1^{\circ}50',5$  | 1.5    | 11.      | От $180^{\circ}$ до $270^{\circ}$ |
|        | 42.      | $-1^{\circ}50',5$  |        | 12.      | От $270^{\circ}$ до $360^{\circ}$ |
|        | 43.      | $-17^{\circ}56'$   |        | 13.      | От $90^{\circ}$ до $180^{\circ}$  |
|        | 44.      | $-17^{\circ}33',5$ |        | 14.      | От $0^{\circ}$ до $90^{\circ}$    |

| Раздел | № задачи | Ответы          | Раздел | № задачи | Ответы                            |
|--------|----------|-----------------|--------|----------|-----------------------------------|
|        | 45.      | $+2^{\circ}13'$ |        | 15.      | От $180^{\circ}$ до $270^{\circ}$ |
|        | 46.      | $-3'$           |        | 16.      | $\Delta x=+; \Delta y=-$          |
|        | 47.      | $+7'45''$       |        | 17.      | $\Delta x=+; \Delta y=+$          |
|        | 48.      | $-3'$           |        | 18.      | $\Delta x=-; \Delta y=+$          |
|        | 49.      | $-8'$           |        | 19.      | $\Delta x=-; \Delta y=-$          |
|        | 50.      | $+2'$           |        | 20.      | $\Delta x=+; \Delta y=-$          |
|        | 51.      | $+1'30''$       |        | 21.      | $\Delta x=-; \Delta y=-$          |
|        | 52.      | $-5'$           |        | 22.      | $\Delta x=-; \Delta y=+$          |
|        | 53.      | $+7'30''$       |        | 23.      | $\Delta x=-; \Delta y=+$          |
|        | 54.      | $+30''$         |        | 24.      | $\Delta x=+; \Delta y=+$          |
|        | 55.      | $-30''$         |        | 25.      | $\Delta x=-; \Delta y=-$          |
|        | 56.      | Допустима       |        | 26.      | $\Delta x=-; \Delta y=+$          |
|        | 57.      | Допустима       |        | 27.      | $\Delta x=-; \Delta y=-$          |
|        | 58.      | Допустима       |        | 28.      | $\Delta x=+; \Delta y=+$          |
|        | 59.      | Допустима       |        | 29.      | $\Delta x=+; \Delta y=-$          |
|        | 60.      | Допустима       |        | 30.      | $\Delta x=-; \Delta y=+$          |
|        | 61.      | Допустима       |        | 31.      | ЮЗ:                               |
|        | 62.      | Недопустима     |        | 32.      | СЗ:                               |
|        | 63.      | Допустима       |        | 33.      | ЮВ:                               |
|        | 64.      | Допустима       |        | 34.      | СЗ:                               |
|        | 65.      | Допустима       |        | 35.      | ЮЗ:                               |
|        | 66.      | $-2'$           |        | 36.      | ЮВ:                               |
|        | 67.      | $+30''$         |        | 37.      | СВ:                               |

| Раздел | № задачи | Ответы       | Раздел | № задачи | Ответы                                         |
|--------|----------|--------------|--------|----------|------------------------------------------------|
|        | 68.      | 0′           |        | 38.      | СЗ:                                            |
|        | 69.      | −6′30″       |        | 39.      | СВ:                                            |
|        | 70.      | −1′30″       |        | 40.      | ЮВ:                                            |
|        | 71.      | +3′30″       |        | 41.      | $\Delta x = -113,56$ ;<br>$\Delta y = +113,56$ |
|        | 72.      | Недопустима  |        | 42.      | $\Delta x = -149,20$ ; $\Delta y = -7,55$      |
|        | 73.      | Допустима    |        | 43.      | $\Delta x = +123,15$ ;<br>$\Delta y = +1,82$   |
|        | 74.      | Допустима    |        | 44.      | $\Delta x = -80,31$ ;<br>$\Delta y = +227,22$  |
|        | 75.      | Допустима    |        | 45.      | $\Delta x = -10,62$ ; $\Delta y = -262,57$     |
|        | 76.      | Допустима    |        | 46.      | $\Delta x = -272,79$ ;<br>$\Delta y = +16,52$  |
|        | 77.      | Допустима    |        | 47.      | $\Delta x = +630,45$ ;<br>$\Delta y = +49,80$  |
| 1.5    | 1.       | IV четверть  |        | 48.      | $\Delta x = -130,90$ ;<br>$\Delta y = +121,23$ |
|        | 2.       | III четверть |        | 49.      | $\Delta x = +140,03$ ; $\Delta y = -74,80$     |
|        | 3.       | II четверть  |        | 50.      | $\Delta x = +121,19$ ; $\Delta y = -101,63$    |

| Раздел | № задачи | Ответы                        | Раздел | № задачи | Ответы                                       |
|--------|----------|-------------------------------|--------|----------|----------------------------------------------|
|        | 4.       | I четверть                    |        | 51.      | $\Delta x = +49,67$ ;<br>$\Delta y = +60,57$ |
|        | 5.       | III четверть                  |        | 52.      | $\Delta y > \Delta x$                        |
|        | 6.       | От $180^\circ$ до $270^\circ$ |        | 53.      | $\Delta y > \Delta x$                        |
|        | 7.       | От $270^\circ$ до $360^\circ$ |        | 54.      | $\Delta x > \Delta y$                        |
|        | 8.       | От $0^\circ$ до $90^\circ$    |        | 55.      | $\Delta x > \Delta y$                        |
|        | 9.       | От $90^\circ$ до $180^\circ$  |        | 56.      | $\Delta x > \Delta y$                        |
|        | 10.      | От $270^\circ$ до $360^\circ$ |        | 57.      | $\Delta x > \Delta y$                        |
| 1.5    | 58.      | $\Delta x > \Delta y$         | 1.5    | 102.     | $\alpha = 45^\circ 15'$ ; $L = 333,33$       |
|        | 59.      | $\Delta x > \Delta y$         |        | 103.     | 40 см и 31 см                                |
|        | 60.      | $\Delta y > \Delta x$         |        | 104.     | 68 см и 57 см                                |
|        | 61.      | $\Delta x > \Delta y$         |        | 105.     | 68 см и 57 см                                |
|        | 62.      | $153^\circ 26'$               |        | 106.     | 48 см и 28 см                                |
|        | 63.      | $56^\circ 18'$                |        | 107.     | 35 см и 26 см                                |
|        | 64.      | $113^\circ 58'$               |        | 108.     | 43 см и 39 см                                |
|        | 65.      | $258^\circ 41'$               |        | 109.     | 40 см и 43 см                                |
|        | 66.      | $83^\circ 22'$                |        | 110.     | 48 см и 36 см                                |
|        | 67.      | $179^\circ 51'$               |        | 111.     | 63 см и 47 см                                |
|        | 68.      | $97^\circ 26'$                |        | 112.     | 57 см и 57 см                                |
|        | 69.      | $277^\circ 46'$               |        | 113.     | 0,66 м                                       |
|        | 70.      | $143^\circ 08'$               |        | 114.     | 0,88 м                                       |
|        | 71.      | $8^\circ 05'$                 |        | 115.     | 2,20 м                                       |
|        | 72.      | $x_2 = -13,16$ ; $y_2 = +173$ |        | 116.     | 0,17 м                                       |

| Раздел | № задачи | Ответы                                 | Раздел | № задачи | Ответы      |
|--------|----------|----------------------------------------|--------|----------|-------------|
|        | 73.      | $x_2 = -249,20; y_2 = -107$            |        | 117.     | 0,31 м      |
|        | 74.      | $x_2 = +23,15; y_2 = +101,82$          |        | 118.     | 0,31 м      |
|        | 75.      | $x_2 = -87,31; y_2 = +234,22$          |        | 119.     | 2,36 м      |
|        | 76.      | $x_2 = +104,38; y_2 = -147,57$         |        | 120.     | 0,33 м      |
|        | 77.      | $x_2 = -272,79; y_2 = +16,52$          |        | 121.     | 0,92 м      |
|        | 78.      | $x_2 = -13,16; y_2 = +13,56$           |        | 122.     | 2,24 м      |
|        | 79.      | $x_2 = -149,42; y_2 = -7,77$           |        | 123.     | 1,2 м       |
|        | 80.      | $x_2 = +122,24; y_2 = +1,82$           |        | 124.     | 0,44 м      |
|        | 81.      | $x_2 = -80,10; y_2 = +227,22$          |        | 125.     | 0,21 м      |
|        | 82.      | $x_2 = -110,62; y_2 = -162,57$         |        | 126.     | 0,38 м      |
|        | 83.      | ЮВ : $45^{\circ}00'$ ; $L = 160,60$    |        | 127.     | 1,35 м      |
|        | 84.      | ЮП : $2^{\circ}54'$ ; $L = 149,40$     |        | 128.     | 0,82 м      |
|        | 85.      | СВ : $0^{\circ}51'$ ; $L = 123,15$     |        | 129.     | 0,48 м      |
|        | 86.      | ЮВ : $70^{\circ}32'$ ; $L = 241,00$    |        | 130.     | 1,01 м      |
|        | 87.      | ЮЗ : $87^{\circ}41'$ ; $L = 262,79$    |        | 131.     | 1,00 м      |
|        | 88.      | ЮВ : $3^{\circ}28'$ ; $L = 273,30$     |        | 132.     | 0,40 м      |
|        | 89.      | ЮЗ : $23^{\circ}40'$ ; $L = 181,80$    |        | 133.     | Допустима   |
|        | 90.      | СВ : $40^{\circ}00'$ ; $L = 200,00$    |        | 134.     | Недопустима |
|        | 91.      | ЮВ : $30^{\circ}00'$ ; $L = 100,00$    |        | 135.     | Недопустима |
|        | 92.      | ЮЗ : $1^{\circ}00'$ ; $L = 150,00$     |        | 136.     | Допустима   |
|        | 93.      | $\alpha = 187^{\circ}00'$ ; $L = 1,15$ |        | 137.     | Допустима   |
|        | 94.      | $\alpha = 220^{\circ}24'$ ; $L = 6,45$ |        | 138.     | Недопустима |
|        | 95.      | $\alpha = 177^{\circ}09'$ ; $L = 8,62$ |        | 139.     | Допустима   |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                             | Раздел | № задачи | Ответы                     |
|--------|----------|--------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------------------|
|        | 96.      | $\alpha = 4^{\circ}44'$ ; $L = 28,63$                              |        | 140.     | Допустима                  |
|        | 97.      | $\alpha = 90^{\circ}01'$ ; $L = 33,33$                             |        | 141.     | Недопустима                |
|        | 98.      | $\alpha = 179^{\circ}59'$ ; $L = 77,77$                            |        | 142.     | Недопустима                |
|        | 99.      | $\alpha = 181^{\circ}00'$ ; $L = 150,00$                           |        | 143.     | $\frac{1}{2200}$ допустима |
|        | 100.     | $\alpha = 280^{\circ}00'$ ; $L = 130,00$                           |        | 144.     | $\frac{1}{2700}$ допустима |
|        | 101.     | $\alpha = 89^{\circ}45'$ ; $L = 222,00$                            |        | 145.     | $\frac{1}{1200}$ допустима |
| 1.5    | 146.     | $\frac{1}{1050}$ допустима                                         |        | 19.      | $h = - 1643$ мм            |
|        | 147.     | $\frac{1}{500}$ недопустима                                        |        | 20.      | $h = + 669$ мм             |
|        | 148.     | Недопустима                                                        |        | 21.      | Допустима                  |
|        | 149.     | Допустима                                                          |        | 22.      | Допустима                  |
|        | 150.     | Допустима                                                          |        | 23.      | Допустима                  |
|        | 151.     | Недопустима                                                        |        | 24.      | Допустима                  |
|        | 152.     | Допустима                                                          |        | 25.      | Допустима                  |
|        | 153.     | $x_5 = +2922,63$ ; $y_5 = +4444,06$ ;<br>$(5-6) = 355^{\circ}13'$  |        | 26.      | Недопустима                |
|        | 154.     | $x_5 = +476,62$ ; $y_5 = - 3778,29$ ;<br>$(5-6) = 342^{\circ}55'$  |        | 27.      | Недопустима                |
|        | 155.     | $x_5 = +236,77$ ; $y_5 = +174,00$ ;<br>$(5-6) = 70^{\circ}49'30''$ |        | 28.      | Недопустима                |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                  | Раздел | № задачи | Ответы          |
|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------------|
|        | 156.     | $x_5 = -9749,70;$<br>$y_5 = +322,67;$<br>$(5-6) = 330^\circ 58' 30''$   |        | 29.      | Недопустима     |
|        | 157.     | $x_5 = -3998,50;$ $y_5 = -157,99;$<br>$(5-6) = 107^\circ 43' 30''$      |        | 30.      | Допустима       |
|        | 158.     | $x_5 = -15221,92;$ $y_5 = -5863,38;$<br>$(5-6) = 262^\circ 36' 45''$    |        | 31.      | $h = + 9,900$ м |
|        | 159.     | $x_5 = +10262,01;$<br>$y_5 = +1020,45;$<br>$(5-6) = 148^\circ 45' 20''$ |        | 32.      | $h = - 0,885$ м |
|        | 160.     | $x_5 = -39,40;$ $y_5 = +6,98;$<br>$(5-6) = 307^\circ 09'$               |        | 33.      | $h = + 1,281$ м |
|        | 161.     | $x_5 = +21100,90;$<br>$y_5 = +1993,69;$<br>$(5-6) = 127^\circ 48' 30''$ |        | 34.      | $h = - 0,444$ м |
|        | 162.     | $x_5 = -15130,63;$<br>$y_5 = +15,27;$<br>$(5-6) = 269^\circ 02'$        |        | 35.      | $h = + 0,800$ м |
| 1.6    | 1.       | $h = - 300$ мм                                                          |        | 36.      | $i = + 0,002$   |
|        | 2.       | $h = - 300$ мм                                                          |        | 37.      | $i = - 0,001$   |
|        | 3.       | $h = - 240$ мм                                                          |        | 38.      | $i = + 0,003$   |
|        | 4.       | $h = + 300$ мм                                                          |        | 39.      | $i = - 0,005$   |
|        | 5.       | $h = + 800$ мм                                                          |        | 40.      | $i = + 0,006$   |

| Раздел | № задачи | Ответы                    | Раздел | № задачи | Ответы                                      |
|--------|----------|---------------------------|--------|----------|---------------------------------------------|
|        | 6.       | $h = + 900 \text{ мм}$    |        | 41.      | $i = - 0,007$                               |
|        | 7.       | $h = + 176 \text{ мм}$    |        | 42.      | $i = + 0,008$                               |
|        | 8.       | $h = - 342 \text{ мм}$    |        | 43.      | $i = - 0,010$                               |
|        | 9.       | $h = - 1643 \text{ мм}$   |        | 44.      | $i = + 0,010$                               |
|        | 10.      | $h = + 984 \text{ мм}$    |        | 45.      | $i = - 0,020$                               |
|        | 11.      | $h = - 1149 \text{ мм}$   |        | 46.      | $i = + 0,005$                               |
|        | 12.      | $h = + 223 \text{ мм}$    |        | 47.      | $i = - 0,005$                               |
|        | 13.      | $h = + 9655 \text{ мм}$   |        | 48.      | $i = + 0,005$                               |
|        | 14.      | $h = + 335 \text{ мм}$    |        | 49.      | $i = + 0,010$                               |
|        | 15.      | $h = + 1022 \text{ мм}$   |        | 50.      | $i = - 0,010$                               |
|        | 16.      | $h = + 133,5 \text{ мм}$  |        | 51.      | $i = + 0,010$                               |
|        | 17.      | $h = - 1391 \text{ мм}$   |        | 52.      | $i = - 0,100$                               |
|        | 18.      | $h = - 1981,5 \text{ мм}$ |        | 53.      | $i = - 0,013$                               |
|        | 54.      | $i = + 0,013$             | 1.6    | 82.      | $- 0,41 \text{ м}$                          |
|        | 55.      | $i = + 0,003$             |        | 83.      | $- 1,10 \text{ м}$                          |
|        | 56.      | $H1 = 177,730 \text{ м}$  |        | 84.      | $- 1,04 \text{ м}$                          |
|        | 57.      | $H1 = 183,630 \text{ м}$  |        | 85.      | $- 1,18 \text{ м}$                          |
|        | 58.      | $H1 = 56,545 \text{ м}$   |        | 86.      | $x = 66,67 \text{ м}; x1 = 33,33 \text{ м}$ |
|        | 59.      | $H1 = 65,697 \text{ м}$   |        | 87.      | $x = 25,00 \text{ м}; x1 = 75,00 \text{ м}$ |
|        | 60.      | $H1 = 108,981 \text{ м}$  |        | 88.      | $x = 13,85 \text{ м}; x1 = 46,15 \text{ м}$ |
|        | 61.      | $H1 = 124,131 \text{ м}$  |        | 89.      | $x = 70,59 \text{ м}; x1 = 9,41 \text{ м}$  |

| Раздел | № задачи | Ответы                   | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                      |
|--------|----------|--------------------------|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 62.      | $H1 = 174,484 \text{ м}$ |        | 90.      | $x = 43,75 \text{ м}; x1 = 26,25 \text{ м}$                                                 |
|        | 63.      | $H1 = 177,604 \text{ м}$ |        | 91.      | $x = 20,00 \text{ м}; x1 = 60,00 \text{ м}$                                                 |
|        | 64.      | $H1 = 201,970 \text{ м}$ |        | 92.      | $x = 69,44 \text{ м}; x1 = 30,56 \text{ м}$                                                 |
|        | 65.      | $H1 = 59,760 \text{ м}$  |        | 93.      | $x = 31,57 \text{ м}; x1 = 53,43 \text{ м}$                                                 |
|        | 66.      | $H1 = 200,475 \text{ м}$ |        | 94.      | $x = 77,78 \text{ м}; x1 = 22,22 \text{ м}$                                                 |
|        | 67.      | $H1 = 189,450 \text{ м}$ |        | 95.      | $x = 25,60 \text{ м}; x1 = 64,40 \text{ м}$                                                 |
|        | 68.      | $H1 = 176,340 \text{ м}$ |        | 96.      | $HK = 31 + 75,01 \text{ м};$<br>$CK = 33 + 68,16 \text{ м};$<br>$KK = 35 + 61,31 \text{ м}$ |
|        | 69.      | $H1 = 177,240 \text{ м}$ |        | 97.      | $HK = 25 + 69,63 \text{ м};$<br>$CK = 27 + 38,63 \text{ м};$<br>$KK = 29 + 07,64 \text{ м}$ |
|        | 70.      | $H1 = 192,157 \text{ м}$ |        | 98.      | $HK = 41 + 41,93 \text{ м};$<br>$CK = 43 + 35,95 \text{ м};$<br>$KK = 45 + 29,97 \text{ м}$ |
|        | 71.      | $H1 = 199,421 \text{ м}$ |        | 99.      | $HK = 62 + 70,71 \text{ м};$<br>$CK = 64 + 45,33 \text{ м};$<br>$KK = 66 + 19,95 \text{ м}$ |

| Раздел | № задачи | Ответы                   | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                      |
|--------|----------|--------------------------|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 72.      | $H1 = 167,655 \text{ м}$ |        | 100.     | $HK = 17 + 06,03 \text{ м};$<br>$CK = 18 + 36,93 \text{ м};$<br>$KK = 19 + 67,83 \text{ м}$ |
|        | 73.      | $H1 = 173,997 \text{ м}$ | 2.1    | 1.       | $d = 29,15; d1 = 35,35;$<br>$\beta = 80^{\circ}20'; \beta1 = 75^{\circ}58'$                 |
|        | 74.      | $H1 = 169,997 \text{ м}$ |        | 2.       | $d = 28,28; d1 = 25,02;$<br>$\beta = 53^{\circ}08'; \beta1 = 81^{\circ}52'$                 |
|        | 75.      | $H1 = 174,332 \text{ м}$ |        | 3.       | $d = 32,02; d1 = 26,93;$<br>$\beta = 68^{\circ}17'; \beta1 = 60^{\circ}27'$                 |
|        | 76.      | $+ 1,97 \text{ м}$       |        | 4.       | $d = 20,62; d1 = 32,02;$<br>$\beta = 38^{\circ}37'; \beta1 = 65^{\circ}22'$                 |
|        | 77.      | $- 2,83 \text{ м}$       |        | 5.       | $d = 32,02; d1 = 29,15;$<br>$\beta = 58^{\circ}55'; \beta1 = 69^{\circ}37'$                 |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                          | Раздел | № задачи | Ответы                                                                           |
|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
|        | 78.      | – 0,99 м                                                                        |        | 6.       | AC = 32,10; BD = 57,20;<br>$\beta = 65^{\circ}25'$ ; $\beta_1 = 72^{\circ}40'$   |
|        | 79.      | + 3,94 м                                                                        |        | 7.       | AC = 90,00; BD = 18,95;<br>$\beta = 70^{\circ}08'$ ; $\beta_1 = 70^{\circ}57'$   |
|        | 80.      | – 1,05 м                                                                        |        | 8.       | AC = 111,00; BD = 33,33;<br>$\beta = 107^{\circ}48'$ ; $\beta_1 = 73^{\circ}45'$ |
|        | 81.      | – 1,06 м                                                                        |        | 9.       | AC = 29,15; BD = 35,35;<br>$\beta = 80^{\circ}20'$ ; $\beta_1 = 75^{\circ}58'$   |
| 2.1    | 10.      | AC = 27,40; BD = 23,70;<br>$\beta = 43^{\circ}54'$ ; $\beta_1 = 123^{\circ}23'$ | 2.2    | 6.       | 571 м                                                                            |
|        | 11.      | a=25,70 м; b=12,50 м;<br>c=24,50 м ; d = 63,00 м;<br>d1=25,00 м                 |        | 7.       | 664 м                                                                            |
|        | 12.      | a=25,00 м; b=12,60 м;<br>c=50,00 м ; d = 38,00 м;<br>d1=12,50 м                 |        | 8.       | 172,095 м                                                                        |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                          | Раздел | № задачи | Ответы    |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------|
|        | 13.      | a=12,30 м; b=10,30 м;<br>c=49,70 м ; d = 40,00 м;<br>d1=17,00 м |        | 9.       | 184,482 м |
|        | 14.      | a=12,80 м; b=5,00 м;<br>c=49,70 м ; d =45,30 м;<br>d1=17,00 м   |        | 10.      | 169,502 м |
|        | 15.      | a=12,50 м; b=5,00 м;<br>c=55,00 м ; d = 60,00 м;<br>d1=25,10 м  |        | 11.      | 171,414 м |
|        | 16.      | a=12,00 м; b=2,00 м;<br>c=50,00 м ; d = 52,00 м;<br>d1=13,00 м  |        | 12.      | 172,399 м |
|        | 17.      | a=30,00 м; b=10,00 м;<br>c=50,00 м ; d = 60,00 м;<br>d1=19,60 м |        | 13.      | 177,391 м |
|        | 18.      | a=5,00 м; b=12,50 м;<br>c=40,50 м ; d = 53,00 м;<br>d1=15,00 м  |        | 14.      | 183,781 м |
|        | 19.      | a=25,00 м; b=12,50 м;<br>c=25,50 м ; d = 38,00 м;<br>d1=13,00 м |        | 15.      | 179,139 м |
|        | 20.      | a=24,50 м; b=5,00 м;<br>c=43,00 м ; d = 48,00 м;<br>d1=10,00 м  |        | 16.      | 179,644 м |
|        | 21.      | b = 1077                                                        |        | 17.      | 192,843 м |

| Раздел | № задачи | Ответы             | Раздел | № задачи | Ответы                          |
|--------|----------|--------------------|--------|----------|---------------------------------|
|        | 22.      | $b = 517$          |        | 18.      | Отметка репера №<br>2 153,936 м |
|        | 23.      | $b = 493$          |        | 19.      | Отметка репера №<br>2 177,175 м |
|        | 24.      | $b = 257$          |        | 20.      | Отметка репера №<br>2 177,103 м |
|        | 25.      | $b = 342$          |        | 21.      | Отметка репера №<br>2 191,471 м |
|        | 26.      | $b = 1143$         |        | 22.      | Отметка репера №<br>2 191,893 м |
|        | 27.      | $b = 669$          |        | 23.      | Отметка репера №<br>2 168,441 м |
|        | 28.      | $b = 1997$         |        | 24.      | Отметка репера №<br>2 168,527 м |
|        | 29.      | $b = 908$          |        | 25.      | Отметка репера №<br>2 185,226 м |
|        | 30.      | $b = 2047$         |        | 26.      | Отметка репера №<br>2 189,827 м |
| 2.2    | 1.       | 460 м <sup>3</sup> |        | 27.      | Отметка репера №<br>2 196,620 м |
|        | 2.       | 424 м <sup>3</sup> |        | 28.      | Отметка репера №<br>2 60,192 м  |
|        | 3.       | 568 м <sup>3</sup> |        | 29.      | Отметка репера №<br>2 74,773 м  |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                           | Раздел | № задачи | Ответы                                       |
|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------------------------------------|
|        | 4.       | 610 м3                                                                                                           |        | 30.      | a=1225; б=1250;<br>в=1275; В=1300            |
|        | 5.       | 632 м                                                                                                            |        | 31.      | a=1790; б=1705;<br>в=1620; В=1535            |
|        | 32.      | a=1440; б=1425; в=1410;<br>В=1395                                                                                |        | 44.      | б=1121; в=1131;<br>г=1141; д=1151;<br>е=1161 |
|        | 33.      | a=2100; б=2190; в=2280;<br>В=2370                                                                                |        | 45.      | H1 = -2,89 м                                 |
|        | 34.      | a=1800; б=1760; в=1720;<br>В=1680                                                                                |        | 46.      | H1 = -2,89 м                                 |
|        | 35.      | Отметка пикета a=160,080<br>» » б=160,000<br>» » в=159,920<br>Отсчет по рейке a=1720<br>» » б=1800<br>» » в=1880 |        | 47.      | H1 = -2,89 м                                 |
|        | 36.      | Отметка пикета a=177,224<br>» » б=177,277<br>» » в=177,331<br>Отсчет по рейке a=1168<br>» » б=1114<br>» » в=1060 |        | 48.      | H1 = -2,89 м                                 |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                |
|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 37       | Отметка пикета<br>$a=183,120$<br>» »<br>$b=183,040$<br>» »<br>$v=182,960$<br>Отсчет по рейке $a=1364$<br>» » $b=1444$<br>» » $v=1524$ |        | 49       | $H_1 = -2,89 \text{ м}$                                                                                               |
|        | 38       | Отметка пикета<br>$a=164,568$<br>» »<br>$b=164,277$<br>» »<br>$v=177,331$<br>Отсчет по рейке $a=1934$<br>» » $b=1866$<br>» » $v=1798$ |        | 50       | $A=+17 \text{ мм}; a=+$<br>$20 \text{ мм};$<br>$a_1=+22 \text{ мм}; b=+15$<br>$\text{мм};$<br>$B=+20 \text{ мм}; D=0$ |
|        | 39       | Отметка пикета<br>$a=193,686$<br>» »<br>$b=193,562$<br>» » $v=193,438$<br>Отсчет по рейке $a=2184$<br>» » $b=2308$<br>» » $v=2432$    |        | 51       | $A=+22 \text{ мм}; a_1=+27$<br>$\text{мм};$<br>$b=+19 \text{ мм}$                                                     |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                          | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                       |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 40       | б=1341; в=1337; г=1333<br>д=1329; е=1325                                                                        |        | 52       | В=+23 мм; С=+24<br>мм;<br>а1=+25 мм; д=+23<br>мм;<br>Д=+25 мм                                                                |
|        | 41       | б=1109; в=1107; г=1105<br>д=1103; е=1101                                                                        |        | 53       | в=+19 мм; г=+22<br>мм; д=+21 мм;<br>д1=+17мм                                                                                 |
|        | 42       | б=1215; в=1218; г=1221;<br>д=1224; е=1227                                                                       |        | 54       | а=+18 мм;<br>а1=+18мм<br>в=+17 мм;<br>в1=+18мм;<br>г=+20 мм; г1=+25<br>мм<br>д=+21мм; д1=+ 23<br>мм<br>В=+25 мм; Д=+17<br>мм |
|        | 43       | б=999; в=996; г993;<br>д=990; е=987                                                                             |        | 55       | С=+20 мм                                                                                                                     |
| 2.2    | 56.      | А=+18 мм; С=+23 мм;<br>а=+19 мм; а1=+18 мм;<br>б=+22 мм; в=+25 мм;<br>г=+33 мм; д=+35 мм;<br>В=+38 мм; Д=+39 мм |        | 67.      | Н1 = -3,02 м                                                                                                                 |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                    | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                             |
|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 57.      | A=+22 мм; C=+20 мм;<br>в=+21 мм; в1=+17 мм;<br>г1=+22 мм; д1=+25 мм;<br>Д=+19 мм                                                          |        | 68.      | H1 = -4,48 м                                                                                                                       |
|        | 58.      | б=+16 мм; б1=+17 мм;<br>в=+18 мм; г=+21 мм;<br>Д=+16 мм                                                                                   |        | 69.      | H1 = -5,27 м                                                                                                                       |
|        | 59.      | б=+21 мм; в=+31 мм;<br>г=+41 мм; г1=+31 мм;<br>д=+18 мм; д1=+31 мм;<br>Д=+16 мм; В=+19 мм;<br>С=+21 мм                                    |        | 70.      | H1 = -5,67 м                                                                                                                       |
|        | 60       | A=+16 мм; а=+24 мм;<br>б'=+31мм; в'=+16 мм;<br>б=+28 мм; г=+16 мм;<br>г'=+26 мм; д'=+33 мм;<br>Д=+26 мм; С=+34 мм;<br>В=+16 мм; а'=+26 мм |        | 71       | h= -2,230м;<br>а1=2845<br>h1= -2,250м;<br>б1=2795<br>h2= -2,300м;<br>в1=2745<br>h3= -2,180м;<br>г1=2695<br>h4= -1,980м;<br>д1=2645 |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                               | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|----------|----------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 61       | $a' = +19 \text{ мм}; b' = +16 \text{ мм};$<br>$d' = +20 \text{ мм}$ |        | 72       | $h = -3,300 \text{ м};$<br>$a_1 = 3947$<br>$h_1 = -3,250 \text{ м};$<br>$b_1 = 3897$<br>$h_2 = -3,050 \text{ м};$<br>$b_1 = 3797$<br>$h_3 = -2,997 \text{ м};$<br>$r_1 = 3747$<br>$h_4 = -2,550 \text{ м};$<br>$d_1 = 3697$ |
|        | 62       | $B = +20 \text{ мм}; a' = +21 \text{ мм};$<br>$b' = 17 \text{ мм}$   |        | 73       | $h = -2,726 \text{ м};$<br>$a_1 = 2014$<br>$h_1 = -2,839 \text{ м};$<br>$b_1 = 2064$<br>$h_2 = -2,979 \text{ м};$<br>$b_1 = 2114$<br>$h_3 = -2,769 \text{ м};$<br>$r_1 = 2164$<br>$h_4 = -2,649 \text{ м};$<br>$d_1 = 2214$ |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 63       | $\delta' = +20\text{мм}; \text{в}' = +23\text{мм};$<br>$\Gamma' = +17\text{мм}; \text{д}' = +18\text{ мм}$                                                                                                                                                                                                                               |        | 74       | $h = -2,340\text{м};$<br>$a_1 = 3736$<br>$h_1 = -2,300\text{м};$<br>$\delta_1 = 3707$<br>$h_2 = -2,482\text{м};$<br>$\text{в}_1 = 3677$<br>$h_3 = -2,440\text{м};$<br>$\Gamma_1 = 3647$<br>$h_4 = -2,211\text{м};$<br>$\text{д}_1 = 3616$  |
|        | 64       | $A = +99\text{мм}; a = +105\text{мм};$<br>$\delta = +117\text{мм}; B = +104\text{мм};$<br>$a' = +110\text{мм}; \delta' = +120\text{мм};$<br>$\text{в} = +120\text{мм}; \text{в}' = +117\text{мм};$<br>$\Gamma = +117\text{мм}; \Gamma' = +118\text{мм};$<br>$\text{д} = +89\text{мм}; \text{д}' = +116\text{мм};$<br>$C = +100\text{мм}$ |        | 75       | $h = -2,895\text{ м};$<br>$a_1 = 3495$<br>$h_1 = -2,975\text{м};$<br>$\delta_1 = 3475$<br>$h_2 = -2,850\text{м};$<br>$\text{в}_1 = 3450$<br>$h_3 = -2,875\text{м};$<br>$\Gamma_1 = 3425$<br>$h_4 = -2,880\text{м};$<br>$\text{д}_1 = 3410$ |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                                | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                                                         |
|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 65.      | $H1 = -2,56 \text{ м}$                                                                                                                                                                |        | 76.      | $h = -1,700 \text{ м};$<br>$a1=2522$<br>$h1 = -1,870 \text{ м};$<br>$\bar{b}1=2492$<br>$h2 = -2,440 \text{ м};$<br>$b1=2462$<br>$h3 = -2,410 \text{ м};$<br>$r1=2432$<br>$h4 = -1,635 \text{ м};$<br>$d1=2402$ |
|        | 66.      | $H1 = -3,10 \text{ м}$                                                                                                                                                                |        |          |                                                                                                                                                                                                                |
| 2.2    | 77.      | $h = -3,000 \text{ м}; a1=3254$<br>$h1 = -3,105 \text{ м}; \bar{b}1=3244$<br>$h2 = -3,057 \text{ м}; b1=3234$<br>$h3 = -3,170 \text{ м}; r1=3224$<br>$h4 = -3,037 \text{ м}; d1=3214$ |        | 88.      | $HA=143,183 \text{ м};$<br>$HB=143,082 \text{ м};$<br>$HB=143,031 \text{ м};$<br>$HГ=142,988 \text{ м};$<br>$HD=143,016 \text{ м};$<br>$HE=143,008 \text{ м};$<br>$HЖ=142,990 \text{ м}$                       |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                             | Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                             |
|--------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 78.      | НА=184,770 м;<br>НБ=184,800 м;<br>НВ=184,830 м;<br>НГ=184,758 м;<br>НД=184,786 м;<br>На=177,420 м;<br>Нб=177,408 м |        | 89.      | НА=184,596 м;<br>НБ=184,578 м;<br>НВ=184,555 м;<br>НГ=184,535 м;<br>НД=184,517 м;<br>НЕ=184,497 м;<br>НЖ=184,475 м |
|        | 79.      | НА=184,988 м;<br>НБ=188,033 м;<br>НВ=188,039 м;<br>НГ=188,038 м;<br>НД=188,023 м;<br>На=180,284 м;<br>Нб=180,454 м |        | 90.      | НА=166,603 м;<br>НБ=166,584 м;<br>НВ=166,569 м;<br>НГ=166,536 м;<br>НД=166,521 м;<br>НЕ=166,500 м;<br>НЖ=166,478 м |
|        | 80.      | НА=182,710 м;<br>НБ=182,700 м;<br>НВ=182,688 м;<br>НГ=182,681 м;<br>НД=182,668 м;<br>На=178,299 м;<br>Нб=178,319 м | 2.3    | 1.       | НВ=5,19 м                                                                                                          |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                              | Раздел | № задачи | Ответы    |
|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------|
|        | 81.      | НА=186,178 м;<br>НБ=186,173 м;<br>НВ=186,168 м;<br>НГ=186,161 м;<br>НД=186,153 м;<br>На=180,867 м;<br>Нб=180,882 м;<br>Нв=180,897 м |        | 2.       | НВ=4,31 м |
|        | 82.      | НА=186,287 м;<br>НБ=186,176 м;<br>НВ=186,098 м;<br>НГ=186,071 м;<br>НД=186,035 м;<br>На=181,592 м;<br>Нб=181,562 м;<br>Нв=181,530 м |        | 3.       | НВ=6,64 м |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                                                                                | Раздел | № задачи | Ответы    |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------|
|        | 83.      | НА=182,877 м;<br>НБ=182,822 м;<br>НВ=182,782 м;<br>НГ=182,757 м;<br>НД=182,458 м;<br>На=174,851 м;<br>Нб=174,855 м;<br>Нв=174,854 м;<br>НЕ=182,528 м;<br>НЖ=182,631 м |        | 4.       | НВ=8,46 м |
|        | 84.      | НА=183,010 м;<br>НБ=182,998 м;<br>НВ=182,990 м;<br>НГ=182,979 м;<br>НД=182,964 м;<br>НЕ=182,957 м;<br>НЖ=182,947 м                                                    |        | 5.       | НВ=9,53 м |
|        | 85.      | НА=175,975 м;<br>НБ=175,874 м;<br>НВ=175,818 м;<br>НГ=175,785 м;<br>НД=175,810 м;<br>НЕ=175,825 м;<br>НЖ=175,863 м                                                    |        | 6.       | НВ=8,17 м |

| Раздел | № задачи | Ответы                                                                                                             | Раздел | № задачи | Ответы     |
|--------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------|
|        | 86.      | НА=117,109 м;<br>НБ=117,003 м;<br>НВ=116,957 м;<br>НГ=116,921 м;<br>НД=116,933 м;<br>НЕ=116,942 м;<br>НЖ=116,951 м |        | 7.       | НВ=27,49 м |
|        | 87.      | НА=128,119 м;<br>НБ=128,022 м;<br>НВ=127,969 м;<br>НГ=127,928 м;<br>НД=127,880 м;<br>НЕ=127,730 м;<br>НЖ=127,681 м |        | 8.       | НВ=22,86 м |
|        |          |                                                                                                                    |        | 9.       | НВ=27,16 м |
|        |          |                                                                                                                    |        | 10.      | НВ=27,68 м |
|        |          |                                                                                                                    |        | 11.      | НВ=41,62 м |