

# Лабораторная работа №5. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

## 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛЕВЫХ РАБОТАХ

Нивелирование выполнено с четырех станций, на каждой из которых отсчеты взяты по черным сторонам реек. Границы участков, для вершин которых отсчеты брались с отдельных станций, показаны на рис. 1 и 2 пунктирной линией. На связующие точки (4 и 9; 29 и 30; 34 и 39; 23 и 24) отсчеты по рейке взяты с двух смежных станций.

Значения отсчетов по черной стороне рейки на всех вершинах приведены для 24 вариантов задачи в приложении. В них порядок записи соответствует последовательности перехода речечника по вершинам квадратов в процессе нивелирования.

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

1. Выписать на схему (рис. 1) отсчеты по рейке, разместив их так, как это сделано на рис. 2 по данным нулевого варианта, который используется здесь для пояснения.

2. Произвести контроль этих отсчетов: суммы накрест лежащих отсчетов должны быть равны. Расхождение допускается не более чем на 5 мм. Эту невязку для принятой здесь схемы вычислений можно нигде не записывать и не распределять.

3. Выписать на схему сети из табл. 1 высоты точки А для своего варианта.

Таблица 1. Высоты точки А

| № варианта | <i>H</i> | № варианта | <i>H</i> | № варианта | <i>H</i> | № варианта | <i>H</i> | № варианта | <i>H</i> |
|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| 1          | 57,831   | 11         | 60,802   | 21         | 78,101   | 31         | 87,321   | 41         | 91,463   |
| 2          | 58,752   | 12         | 61,310   | 22         | 74,852   | 32         | 89,897   | 42         | 90,702   |
| 3          | 54,385   | 13         | 62,451   | 23         | 71,928   | 33         | 80,158   | 43         | 98,005   |
| 4          | 53,356   | 14         | 63,785   | 24         | 70,325   | 34         | 86,485   | 44         | 92,307   |
| 5          | 58,900   | 15         | 64,395   | 25         | 79,809   | 35         | 88,398   | 45         | 97,658   |
| 6          | 59,712   | 16         | 65,728   | 26         | 77,253   | 36         | 85,649   | 46         | 96,392   |
| 7          | 53,685   | 17         | 66,124   | 27         | 70,436   | 37         | 81,235   | 47         | 95,418   |
| 8          | 57,611   | 18         | 67,010   | 28         | 72,727   | 38         | 83,651   | 48         | 91,023   |
| 9          | 55,380   | 19         | 68,584   | 29         | 75,568   | 39         | 84,702   | 49         | 94,185   |
| 10         | 54,914   | 20         | 69,235   | 30         | 76,684   | 40         | 82,905   | 50         | 93,824   |

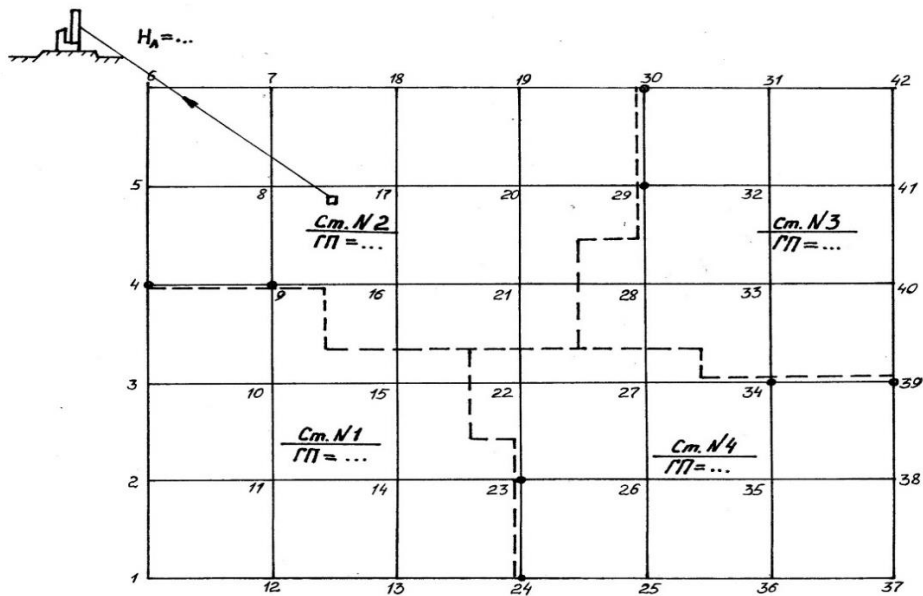


Рис. 1. Полевая схема нивелирования поверхности по квадратам

5



4. Вычислить по отсчетам реек горизонты приборов всех станций в последовательности  $\text{ГП}_{\text{II}} - \text{ГП}_{\text{III}} - \text{ГП}_{\text{IV}} - \text{ГП}_{\text{I}} - \text{ГП}'_{\text{II}}$ . Сущность и порядков действий при этом вытекают из рис. 3 и 4.

Как видно из рис. 3,

$$\text{ГП}_{\text{II}} = H_A + \text{ч}_A \quad (1)$$

В соответствии с рис. 4

$$\text{ГП}_{\text{III}} = \text{ГП}_{\text{II}} - \text{ч}_{\text{II}}^{30} + \text{ч}_{\text{III}}^{30} \quad (2)$$

$$\text{ГП}_{\text{IV}} = \text{ГП}_{\text{III}} - \text{ч}_{\text{III}}^{39} + \text{ч}_{\text{IV}}^{39} \quad (3)$$

$$\text{ГП}_{\text{I}} = \text{ГП}_{\text{IV}} - \text{ч}_{\text{IV}}^{24} + \text{ч}_{\text{I}}^{24} \quad (4)$$

$$\text{ГП}'_{\text{II}} = \text{ГП}_{\text{I}} - \text{ч}_{\text{I}}^4 + \text{ч}_{\text{II}}^4 \quad (5)$$

Здесь  $\text{ч}_A$ ,  $\text{ч}_{\text{II}}^4$ ,  $\text{ч}_{\text{II}}^{30}$ ,  $\text{ч}_{\text{III}}^{30}$ ,  $\text{ч}_{\text{III}}^{39}$ ,  $\text{ч}_{\text{IV}}^{39}$ ,  $\text{ч}_{\text{IV}}^{24}$ ,  $\text{ч}_{\text{I}}^{24}$ ,  $\text{ч}_{\text{I}}^4$  – отсчеты по черным сторонам реек соответственно на точку А, 4 и 30 (со станции II), на 30 и 39 (со станции III), на 39 и 24 (со станции IV), на 24 и 4 (со станции I).

В нашем примере (табл. 2) для нулевого варианта имеем:

$$\text{ГП}_{\text{II}} = 56,899 + 0,582 = 57,481 ;$$

$$\text{ГП}_{\text{III}} = 57,481 - 2,684 + 2,617 = 57,414 ;$$

$$\text{ГП}_{\text{IV}} = 57,414 - 0,929 + 1,513 = 57,998 ;$$

$$\text{ГП}_{\text{I}} = 57,998 - 1,098 + 1,213 = 58,113 ;$$

$$\text{ГП}'_{\text{II}} = 58,113 - 1,108 + 0,481 = 57,486 .$$

5. Вычислить невязку горизонтов прибора  $f_{\text{ГП}}$  и определить ее допустимость. Действия выполнить в табл. 2

Таблица 2. Увязка горизонтов прибора станций

| № станции | ГП вычисленный | $V_{\text{ГП}}$ | ГП исправленный |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| II        | 57,481         | –               | 57,481          |
| III       | 57,414         | –1              | 57,413          |
| IV        | 57,998         | –3              | 57,995          |
| I         | 58,113         | –4              | 58,109          |
| II'       | 57,486         | –5              | 57,481          |

Невязка горизонтов вычисляется по формуле

$$f_{\text{ГП}} = \text{ГП}'_{\text{II}} - \text{ГП}_{\text{II}} \quad (6)$$

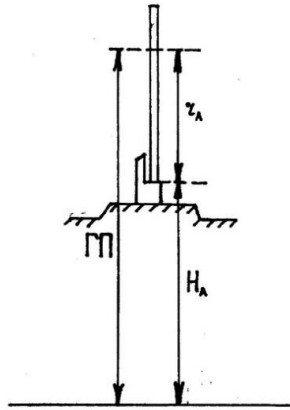


Рис. 3. Привязка к реперу

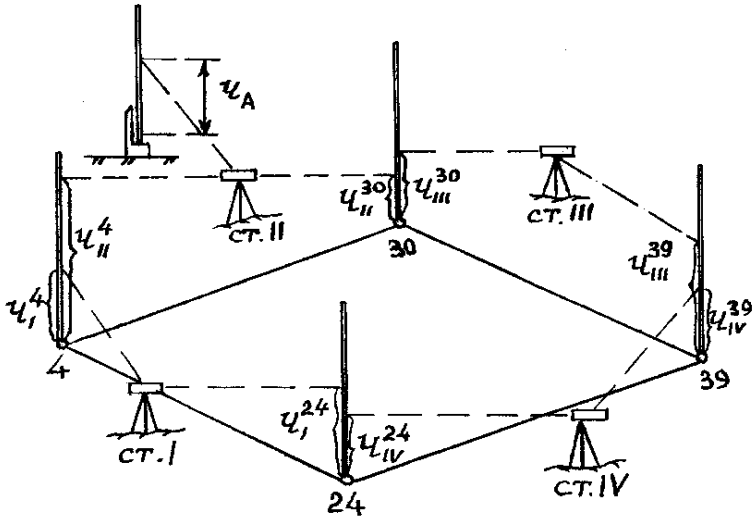


Рис. 4. Схема горизонтов приборов станций

И для рассматриваемого варианта

$$f_{\text{ГП}} = 57,486 - 57,481 = 0,005 \text{ м.}$$

Допустимое значение невязки вычисляется по формуле

$$f_{\text{ГП}} = 6\text{мм}\sqrt{n} = 6\text{мм}\sqrt{4} = \pm 12 \text{ мм.} \quad (7)$$

6. Распределить невязку горизонтов прибора по их значениям и записать в соответствующую графу табл. 2.

Невязка горизонтов  $f_{\text{ГП}}$  распределяется с обратным знаком нарастающим итогом в отдельные значения горизонтов прибора. Поэтому соответствующие поправки вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} V_{\text{ГП}_{\text{II}}} &= 4 \frac{-f_{\text{ГП}}}{4} = -f_{\text{ГП}}; & V_{\text{ГП}_{\text{I}}} &= 3 \frac{-f_{\text{ГП}}}{4}; \\ V_{\text{ГП}_{\text{IV}}} &= 2 \frac{-f_{\text{ГП}}}{4}; & V_{\text{ГП}_{\text{III}}} &= \frac{-f_{\text{ГП}}}{4}. \end{aligned} \quad (8)$$

Такой порядок распределения невязки вытекает из того, что если в выражение (6) вместо  $\text{ГП}'_{\text{II}}$  подставить его значение из формул (2)–(5) с учетом отсчетов «ч», то

$$\begin{aligned} f_{\text{ГП}} &= \text{ч}_{\text{II}}^4 - \text{ч}_{\text{II}}^{30} + \text{ч}_{\text{III}}^{30} - \text{ч}_{\text{III}}^{39} + \text{ч}_{\text{IV}}^{39} - \text{ч}_{\text{IV}}^{24} + \text{ч}_{\text{I}}^{24} - \text{ч}_{\text{I}}^4 = \\ &= h_{4-30} + h_{30-39} + h_{39-24} + h_{24-4} = f_{h_{(4-30-39-24-4)}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Поэтому при равноточности измерений поправки в отдельные превышения равны между собой.

Следовательно, с учетом формул (2)–(5)

$$V_{\text{ГП}_{\text{III}}} = V_n; \quad V_{\text{ГП}_{\text{IV}}} = 2V_n; \quad V_{\text{ГП}_{\text{I}}} = 3V_n; \quad V_{\text{ГП}_{\text{II}}} = 4V_n. \quad (10)$$

Но так как

$$V_n = \frac{-f_h}{4} = \frac{-f_{\text{ГП}}}{n}, \quad (11)$$

где  $n$  – число станций, то поправки  $V_{\text{ГП}}$  получают вид выражения (8).

Понятно, что при рассматриваемой точности измерений поправки  $V_{\text{ГП}}$  необходимо округлять до целых миллиметров.

В соответствии с отмеченным в рассматриваемом варианте имеем:

$$V_{\text{ГП}_{\text{II}}} = -5 \text{ мм}; V_{\text{ГП}_{\text{I}}} = -4 \text{ мм}; V_{\text{ГП}_{\text{IV}}} = -3 \text{ мм}; V_{\text{ГП}_{\text{III}}} = -1 \text{ мм}.$$

7. Вычислить окончательные (исправленные) значения горизонтов прибора по их значениям и переписать их из табл. 2 на схему вычислений (см. рис. 1).

Окончательные (исправленные) значения горизонтов прибора вычисляются по формуле

$$\text{ГП}_i^{\text{исп}} = \text{ГП}_i + V_i^{\text{ГП}}. \quad (12)$$

Для нашего примера они приведены в табл. 2 и выписаны на рис. 1.

8. По отсчетам черной стороны реек вычислить высоты всех вершин квадратов и записать на схеме в прямоугольных рамках у своих вершин.

Вычисление высот всех вершин квадратов со станции «i» выполнять по формуле

$$H_i = \text{ГП}_i - \text{ч}_i. \quad (13)$$

Примечание. Процесс вычислительной обработки может быть иным. Например, можно между связующими точками вычислить превышения и увязать их в замкнутом ходе. Далее необходимо вычислить высоты связующих точек, а по ним – горизонты приборов всех станций [1]. Последующие вычисления не будут иметь особенностей по сравнению с рассматриваемыми здесь.

### 3. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА

1. На листе чертежной бумаги построить в карандаше сетку квадратов со сторонами по 4 см и произвести ее контроль.

Квадраты могут быть построены различными способами: методом диагоналей, методом перпендикуляров и т. д. Наиболее полный контроль правильности построения квадратов осуществляется методом диагоналей. Вершины всех квадратов необходимо обозначить небольшими наколами и обвести затем черной тушью с помощью кронциркуля. Диаметр кружков должен быть равен 1 мм. Этой же тушью вычертить внешние стороны крайних сторон квадратов. Толщина линий – 0,1 мм.

2. Выписать для вершин квадратов их высоты, округленные до сантиметров.

Высоты необходимо записать у вершин квадратов в определенной системе черной тушью высотой цифр в 2 мм.

3. Выполнить аналитический расчет положения горизонталей по сторонам двух квадратов и их диагоналям, отмеченным на схеме.

При расчете положения горизонталей необходимо помнить, что они проходят только через высоты, кратные высоте сечения рельефа. Принцип аналитического расчета положения горизонталей показан на рис. 5, на котором над стороной или диагональю 1–2 квадрата показана наклонная линия местности 1–2'. Секущие плоскости показаны пунктиром.

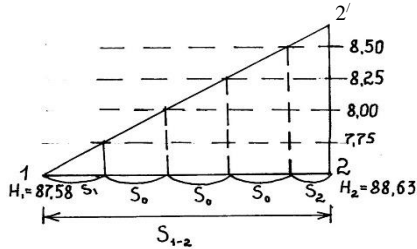


Рис. 5. Положение горизонталей при аналитическом расчете

Таким образом, при высоте сечения  $h_0$

$$S_1 = S_{1-2} \frac{h_1}{H_2 - H_1}; \quad S_0 = S_{1-2} \frac{h_0}{H_2 - H_1}; \quad S_2 = S_{1-2} \frac{h_2}{H_2 - H_1}. \quad (14)$$

Контроль вычислений состоит в следующем:

$$S_1 + nS_0 + S_2 = S_{1-2}. \quad (15)$$

Для рассматриваемого примера при  $S_{1-2} = 4$  см имеем:

$$S_1 = 40 \frac{0,17}{1,05} = 6,5 \text{ мм}; \quad S_0 = 40 \frac{0,25}{1,05} = 9,5 \text{ мм}; \quad S_2 = 40 \frac{0,13}{1,05} = 5,0 \text{ мм};$$

$$S_1 + 3S_0 + S_2 = 6,5 \text{ мм} + 28,5 \text{ мм} + 5,0 \text{ мм} = 40 \text{ мм}.$$

Для расчета положения горизонталей на диагонали

$$S_{1-2} = \sqrt{4^2 + 4^2} = 5,6 \text{ см}.$$

Вычисленные значения  $S_0, S_1, S_2$  переносят на стороны квадратов, пользуясь измерителем и линейкой с миллиметровыми делениями.

4. Графическое интерполирование необходимо выполнить с помощью палетки из параллельных линий, нанесенных на восковку, или используя миллиметровую бумагу. Сущность этих способов для данных рис. 5 пояснена на рис. 6 и 7.

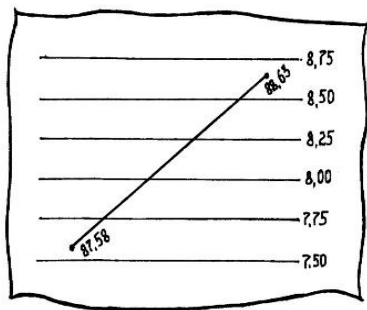


Рис. 6. Графическое интерполирование с помощью палетки из параллельных линий, нанесенных на восковку

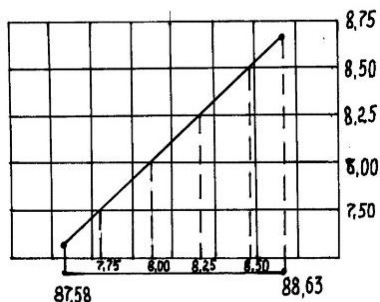


Рис. 7. Графическое интерполирование, с использованием миллиметровой бумаги

5. Выполнить вычерчивание горизонталей в карандаше, затем произвести их «укладку», обеспечивая плавность прохождения через интерполируемые точки на сторонах квадратов и диагоналях.

6. Вычертить план тушью. Горизонтали, кратные 1 м подписать коричневой тушью так, чтобы основание цифр было направлено вниз по склону. Провести горизонтали коричневой тушью: кратные 1 м, увеличенные – толщиной 0,25 мм, остальные обычные – толщиной 0,1 мм.

7. Нанести ситуацию. Ситуация наносится на план таким же способом, каким производилась съемка на местности относительно сторон квадратов. Вычерчивается ситуация тушью в принятых условных знаках.

8. Оформить план тушью и сделать у его рамок подписи. Вверху над планом написать «Топографический план участка»; внизу посередине – «Масштаб 1:500», строчкой ниже – «сечение рельефа горизонталями через 0,25 м»; внизу справа указать фамилию и инициалы, а также факультет, курс, группу и дату выполнения работы.

#### 4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В результате выполнения лабораторной работы должны быть представлены следующие материалы:

1. Краткий отчет о выполненной работе.
2. Полевая схема нивелирования поверхности по квадратам с вычисленными высотами точек.
3. Ведомость вычисления горизонтов прибора.
4. Топографический план участка.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими способами может быть осуществлено нивелирование поверхности?
2. В каких случаях целесообразно выполнять нивелирование поверхности по квадратам?
3. Как на местности получить вершины квадратов? Как они закрепляются? Где и как на местности записываются их номера?
4. Чем определяются размеры сторон квадратов?
5. В каких случаях производится нивелирование поверхности с установкой прибора посередине квадратов? Во всех ли смежных квадратах в этом случае необходимо устанавливать инструмент?
6. Как снимается ситуация при нивелировании поверхности по квадратам?
7. Как определяется плановое и высотное положение характерных по высоте точек, расположенных внутри квадратов?
8. Как производится контроль отсчетов по рейкам на парных связующих точках?
9. В чем заключается контроль отсчетов на связующие точки?
10. Докажите, почему одинаковые по размерам и знаку грубые ошибки в отсчетах с одной станции на две смежные связующие точки (например, на 4 и 9 со станции I) не будут обнаружены невязками накрест лежащих отсчетов.
11. Как можно вычислить горизонт прибора одной из станций при нивелировании поверхности по квадратам?
12. Покажите, почему невязка прибора равна невязке в превышениях замкнутого хода между связующими точками.
13. Почему невязка горизонтов прибора распределяется с обратным знаком нарастающим итогом?

14. Можно ли невязку горизонтов прибора распределить в отсчеты? Как в этом случае вычислить окончательные значения горизонтов прибора?

15. Почему высоты связующих точек, вычисленные со смежных горизонтов прибора, в общем случае не будут совпадать? Какую величину расхождений можно допускать?

16. Каким будет процесс вычислительной обработки рассматриваемого нивелирования, если между связующими точками вычислить превышения, увязать их и вычислить отметки связующих точек?

17. Как построить сетку квадратов на бумаге? Как осуществить ее контроль?

18. В каких случаях интерполирование горизонталей может быть выполнено по двум диагоналям квадрата? Покажите на примере квадратного листа бумаги, когда это делать нельзя.

19. Как наносится ситуация на топографический план, составленный по результатам нивелирования поверхности по квадратам?

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Варианты задания

| № стан-ции | Отсчеты по черной стороне рейки для вариантов |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | № вершины                                     | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| I          | 23  | 1905 | 2468 | 2256 | 2295 | 1856 | 2852 | 2355 | 0954 | 2624 | 2758 | 1446 | 2396 | 2486 |
|            | 24  | 1213 | 2822 | 2538 | 1971 | 2642 | 2683 | 1542 | 0746 | 2146 | 2425 | 1617 | 2346 | 2856 |
|            | 13  | 1433 | 2376 | 2263 | 2110 | 1992 | 1960 | 1900 | 0527 | 2094 | 2058 | 1498 | 2120 | 2597 |
|            | 12  | 0904 | 1784 | 2783 | 2312 | 1884 | 1599 | 1516 | 1179 | 1725 | 1348 | 1829 | 2217 | 2217 |
|            | 1   | 0522 | 2154 | 2411 | 1836 | 2360 | 1558 | 0833 | 1720 | 1246 | 1129 | 2620 | 2056 | 2187 |
|            | 2   | 0704 | 1457 | 1950 | 2174 | 2119 | 1261 | 1063 | 2238 | 1187 | 1552 | 0914 | 1555 | 1561 |
|            | 11  | 0964 | 1206 | 2258 | 2748 | 1288 | 1500 | 2072 | 1716 | 1918 | 1939 | 1893 | 1638 | 1577 |
|            | 14  | 1415 | 1987 | 1983 | 2493 | 1537 | 1910 | 2474 | 1334 | 2440 | 2383 | 0685 | 1683 | 2091 |
|            | 15  | 1501 | 1228 | 1480 | 2183 | 1484 | 1534 | 2316 | 0887 | 2559 | 2209 | 0307 | 0488 | 1088 |
|            | 10  | 1016 | 0520 | 1961 | 2109 | 0973 | 0873 | 2395 | 1178 | 2159 | 1274 | 0810 | 0808 | 0879 |
|            | 3   | 1055 | 0912 | 1664 | 1333 | 1382 | 1042 | 1404 | 1669 | 0757 | 1488 | 1908 | 1444 | 1014 |
|            | 4   | 1108 | 0186 | 1232 | 0625 | 0746 | 0954 | 1108 | 1114 | 0440 | 0692 | 2120 | 1076 | 0580 |
|            | 9   | 1242 | 0206 | 1143 | 1034 | 0851 | 0245 | 1533 | 0609 | 1720 | 1546 | 1636 | 0654 | 0234 |
|            | 9   | 0619 | 1156 | 1369 | 1883 | 1917 | 1246 | 2117 | 1814 | 2278 | 0966 | 0436 | 1544 | 1734 |
|            | 4   | 0481 | 1133 | 1460 | 1474 | 1812 | 1958 | 1690 | 2310 | 1000 | 0110 | 0922 | 1968 | 2082 |
| II         | 5   | 1041 | 0306 | 1059 | 0698 | 0641 | 1967 | 1848 | 1779 | 0135 | 0228 | 1839 | 1770 | 1196 |
|            | 6   | 1873 | 0953 | 0509 | 1309 | 1100 | 2400 | 2608 | 1909 | 0778 | 0727 | 2518 | 0857 | 1409 |
|            | 7   | 1571 | 1142 | 0318 | 1760 | 1729 | 2148 | 2328 | 1217 | 1677 | 1556 | 2814 | 0956 | 1388 |
|            | 8   | 1119 | 0935 | 0823 | 1437 | 1492 | 1538 | 2060 | 1068 | 1479 | 1116 | 1672 | 1738 | 1020 |
|            | 16  | 0997 | 1560 | 1948 | 2562 | 2626 | 1934 | 1846 | 1212 | 2870 | 2096 | 0196 | 0836 | 1938 |
|            | 17  | 1410 | 2154 | 1585 | 1836 | 1953 | 2140 | 1190 | 0284 | 2477 | 2148 | 1326 | 1220 | 1518 |
|            | 18  | 1881 | 1857 | 0816 | 2231 | 2358 | 2841 | 1407 | 0896 | 2915 | 2194 | 2832 | 1384 | 1517 |
|            | 19  | 2662 | 2626 | 1557 | 1122 | 1797 | 2626 | 1316 | 1732 | 1636 | 2839 | 2813 | 1188 | 1346 |
|            | 20  | 2011 | 2857 | 2806 | 1145 | 1644 | 2210 | 0808 | 1392 | 2340 | 2956 | 1380 | 2150 | 1999 |
|            | 21  | 1448 | 1944 | 2746 | 2333 | 2385 | 2413 | 1215 | 1853 | 2568 | 2991 | 0189 | 1776 | 2624 |
|            | 29  | 2430 | 2874 | 2902 | 0625 | 0722 | 1480 | 1791 | 2628 | 1426 | 2700 | 1506 | 2712 | 1736 |
|            | 30  | 2684 | 1925 | 1484 | 1433 | 0936 | 1713 | 2132 | 2874 | 1531 | 2700 | 2570 | 1384 | 1178 |
|            | A   | 0582 | 0669 | 0590 | 0525 | 0571 | 0548 | 0569 | 0849 | 0492 | 0639 | 0725 | 0850 | 0875 |

Продолжение

| № станции | Отсчеты по черной стороне рейки для вариантов |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | № вершины.                                    | 13   | 14   | 15    | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| I         | 23  | 2844 | 0967 | 0414  | 1698 | 2055 | 1696 | 2168 | 2630 | 2064 | 0424 | 0882 | 2327 |
|           | 24  | 2886 | 0616 | 0890  | 0966 | 1438 | 1011 | 2675 | 2705 | 2427 | 0337 | 0210 | 2093 |
|           | 13  | 2338 | 0794 | 1520  | 0773 | 1204 | 0562 | 2729 | 2242 | 2447 | 0792 | 0619 | 2825 |
|           | 12  | 1808 | 1715 | 2116  | 0254 | 0666 | 1007 | 2248 | 1750 | 1745 | 1180 | 0197 | 2384 |
|           | 1   | 2169 | 1111 | 2794  | 0486 | 0262 | 1037 | 2274 | 2095 | 1178 | 1587 | 0882 | 2474 |
|           | 2   | 1518 | 1177 | 2786  | 1077 | 1196 | 1755 | 1550 | 1470 | 1226 | 1898 | 1428 | 1562 |
|           | 11  | 1216 | 1978 | 1966  | 0747 | 0845 | 1712 | 1617 | 1128 | 1897 | 1606 | 0867 | 1526 |
|           | 14  | 1997 | 1009 | 1125  | 1226 | 1492 | 1169 | 1798 | 2038 | 2608 | 1038 | 1206 | 1947 |
|           | 15  | 1127 | 1839 | 0808  | 1639 | 1934 | 1804 | 0985 | 1281 | 2100 | 1497 | 1711 | 1186 |
|           | 10  | 0665 | 2103 | 1719  | 1188 | 1398 | 2218 | 0456 | 0570 | 1607 | 2120 | 1670 | 0728 |
|           | 3   | 0925 | 1108 | 2317  | 1786 | 1864 | 2420 | 0714 | 1087 | 1005 | 2460 | 2089 | 0828 |
|           | 4   | 0319 | 0634 | 1817  | 2386 | 1268 | 2298 | 0188 | 0858 | 0365 | 2296 | 2818 | 0318 |
|           | 9   | 0190 | 0784 | 0996  | 1966 | 0936 | 1972 | 0125 | 0388 | 0907 | 2600 | 2497 | 0182 |
|           | II  | 9    | 1190 | 2584  | 1592 | 1966 | 2036 | 2472 | 1125 | 0288 | 0807 | 2300 | 0897 |
| 4         |   | 1320 | 2432 | 2414  | 2384 | 2366 | 2797 | 1188 | 0760 | 0263 | 1998 | 1217 | 2020 |
| 5         |   | 0358 | 2507 | 1867  | 2717 | 1838 | 2086 | 0579 | 1350 | 0803 | 1250 | 1878 | 1495 |
| 6         |   | 1017 | 0959 | 1399  | 2739 | 1600 | 1426 | 0550 | 1999 | 1242 | 0557 | 2390 | 1156 |
| 7         |   | 1236 | 0836 | 0298  | 2049 | 0244 | 1223 | 1097 | 1938 | 1766 | 0768 | 1898 | 0560 |
| 8         |   | 0882 | 1478 | 0718  | 1717 | 1034 | 1907 | 1198 | 1297 | 1127 | 1564 | 1441 | 1187 |
| 16        |   | 1597 | 2685 | 1510  | 1645 | 2686 | 2013 | 2168 | 0877 | 1520 | 1627 | 0575 | 2160 |
| 17        |   | 1971 | 1495 | 1294  | 0648 | 1666 | 1406 | 1907 | 0998 | 1994 | 155  | 1062 | 1436 |
| 18        |   | 1916 | 0595 | 1137  | 1298 | 0902 | 0604 | 1259 | 1717 | 2455 | 1486 | 1507 | 1024 |
| 19        |   | 2695 | 1070 | 2044  | 0307 | 0957 | 0698 | 1105 | 1707 | 2623 | 2112 | 2036 | 1718 |
| 20        |   | 2899 | 1828 | 2132  | 0968 | 1822 | 1648 | 1776 | 1609 | 2017 | 1437 | 1253 | 1790 |
| 21        |   | 2106 | 2427 | 1417  | 1814 | 2594 | 244  | 2317 | 1856 | 1060 | 0852 | 0660 | 2315 |
| 29        |   | 2817 | 1255 | 22066 | 1270 | 1574 | 1680 | 1197 | 2500 | 1885 | 1182 | 0954 | 2608 |
| 30        |   | 1988 | 0377 | 2956  | 1756 | 0550 | 0685 | 0668 | 2706 | 2673 | 2096 | 1556 | 1955 |
| A         | 0820  | 0738 | 0950 | 0680  | 0700 | 0531 | 0484 | 0920 | 0749 | 0658 | 0785 | 0587 |      |

| № станции | Отсчеты по черной стороне рейки для вариантов |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | № верш.                                       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| III       | 30  | 2617 | 1374 | 1105 | 1270 | 1000 | 1210 | 0608 | 0876 | 1874 | 2782 | 2772 | 1284 | 1182 |
|           | 29  | 2360 | 2319 | 2525 | 0464 | 0790 | 0980 | 0264 | 0628 | 1765 | 2780 | 1710 | 2612 | 1736 |
|           | 28  | 2257 | 1321 | 2557 | 1521 | 1671 | 1752 | 0184 | 0674 | 1758 | 2352 | 0780 | 2477 | 2417 |
|           | 33  | 1816 | 1253 | 2480 | 1732 | 1130 | 1020 | 1013 | 2279 | 0800 | 1595 | 1089 | 1508 | 1855 |
|           | 32  | 1901 | 1825 | 2385 | 1030 | 0613 | 0601 | 1492 | 1556 | 1398 | 2399 | 1886 | 2338 | 1505 |
|           | 31  | 2200 | 0642 | 1130 | 1441 | 0965 | 1104 | 1844 | 2153 | 2043 | 2143 | 2260 | 1530 | 1485 |
|           | 42  | 0630 | 1122 | 0482 | 1872 | 1104 | 1738 | 2783 | 1894 | 2628 | 1429 | 1924 | 1127 | 1514 |
|           | 41  | 0410 | 1847 | 1239 | 1403 | 1119 | 1593 | 2448 | 1895 | 1949 | 1809 | 1559 | 1548 | 1518 |
|           | 40  | 1126 | 2315 | 1871 | 2473 | 1540 | 1596 | 2252 | 1458 | 1782 | 1404 | 0848 | 1469 | 1943 |
|           | 39  | 0929 | 2654 | 1712 | 2892 | 2748 | 1996 | 2750 | 0910 | 2056 | 1260 | 0625 | 1020 | 2755 |
|           | 34  | 1208 | 2112 | 1668 | 2540 | 1837 | 1636 | 1677 | 1878 | 1058 | 0886 | 1434 | 1295 | 2214 |
|           | IV  | 34   | 1795 | 1074 | 1315 | 1648 | 0934 | 0940 | 1607 | 2676 | 0257 | 0685 | 2434 | 0695 |
| 39        |   | 1513 | 1614 | 1360 | 2002 | 1848 | 1300 | 2682 | 1706 | 1252 | 1058 | 1623 | 0420 | 0957 |
| 38        |   | 0997 | 2067 | 1489 | 2501 | 2393 | 1755 | 2158 | 1361 | 1159 | 1110 | 1937 | 0988 | 1289 |
| 37        |   | 0736 | 2676 | 2350 | 1962 | 2729 | 0804 | 1830 | 1245 | 1249 | 1955 | 1890 | 1720 | 1953 |
| 36        |   | 0846 | 2581 | 2245 | 1606 | 2302 | 2223 | 1458 | 1826 | 0561 | 1504 | 2355 | 2078 | 1354 |
| 35        |   | 1356 | 1871 | 1617 | 1980 | 1774 | 2036 | 1786 | 2246 | 0477 | 0488 | 2577 | 1580 | 0696 |
| 25        |   | 1077 | 2826 | 1804 | 1620 | 1565 | 2397 | 0785 | 1458 | 1252 | 1146 | 2480 | 2750 | 1996 |
| 26        |   | 1627 | 2086 | 1504 | 1338 | 2091 | 2572 | 0957 | 1787 | 1266 | 1266 | 2186 | 2360 | 1394 |
| 27        |   | 2484 | 1135 | 1552 | 1111 | 1216 | 1996 | 0507 | 1605 | 1050 | 1606 | 1850 | 1616 | 0755 |
| 22        |   | 1836 | 1316 | 1313 | 1544 | 2131 | 2075 | 0888 | 0676 | 2436 | 2580 | 0916 | 1900 | 1416 |
| 23        |   | 1790 | 1822 | 1752 | 2093 | 2092 | 2652 | 1335 | 2186 | 2727 | 2060 | 1446 | 2596 | 2186 |
| 24        |   | 1098 | 2179 | 2032 | 1767 | 2880 | 2480 | 0518 | 0747 | 2244 | 1725 | 1618 | 2548 | 2558 |
| A         | 0723  | 3327 | 2521 | 2429 | 1124 | 2015 | 1792 | 0415 | 1050 | 2417 | 1145 | 2012 | 1027 |      |

| № станции | Отсчеты по черной стороне рейки для вариантов |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | № вершины                                     | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| III       | 30  | 1090 | 0679 | 2356 | 1154 | 0450 | 0483 | 0964 | 1308 | 2271 | 0877 | 2754 | 0657 |
|           | 29  | 1917 | 1555 | 1466 | 0668 | 1474 | 1480 | 1495 | 1100 | 1485 | 1962 | 2154 | 1308 |
|           | 28  | 1037 | 2168 | 0889 | 1433 | 2412 | 2262 | 2049 | 1315 | 0698 | 0974 | 1634 | 1290 |
|           | 33  | 0968 | 1837 | 1786 | 1377 | 1846 | 1854 | 1598 | 1177 | 1040 | 1084 | 1199 | 1900 |
|           | 32  | 1534 | 1222 | 2210 | 1402 | 1590 | 1698 | 1124 | 1796 | 1468 | 2033 | 1748 | 1227 |
|           | 31  | 0315 | 0398 | 2075 | 1935 | 0716 | 0754 | 0357 | 1938 | 2030 | 2903 | 2397 | 0512 |
|           | 42  | 0836 | 0317 | 2922 | 2624 | 0836 | 0582 | 0596 | 2580 | 2370 | 2782 | 2495 | 0289 |
|           | 41  | 1569 | 0975 | 2880 | 1143 | 0794 | 1104 | 1216 | 1713 | 2187 | 1867 | 1704 | 0998 |
|           | 40  | 2029 | 1636 | 2244 | 1126 | 1230 | 1147 | 1830 | 0998 | 1644 | 0708 | 0944 | 1214 |
|           | 39  | 2527 | 2185 | 1486 | 0442 | 1492 | 0977 | 2569 | 0167 | 1997 | 0158 | 0210 | 0816 |
|           | 34  | 1997 | 2496 | 1069 | 1279 | 2096 | 1795 | 2344 | 0739 | 1470 | 0098 | 0674 | 1600 |
|           | 34  | 0600 | 1096 | 2069 | 2079 | 1396 | 1993 | 0442 | 1239 | 0970 | 1318 | 2174 | 1600 |
|           | 39  | 1130 | 0785 | 2487 | 1240 | 0792 | 1174 | 0668 | 0670 | 1494 | 1379 | 1708 | 0818 |
| IV        | 38  | 1768 | 1479 | 1936 | 0774 | 0546 | 0684 | 1363 | 0858 | 1938 | 0556 | 0850 | 0490 |
|           | 37  | 1288 | 2079 | 1717 | 0250 | 0186 | 0180 | 2184 | 0616 | 2463 | 0310 | 0120 | 0266 |
|           | 36  | 2142 | 2198 | 1218 | 0800 | 0837 | 0830 | 2144 | 1128 | 2380 | 0986 | 0896 | 1007 |
|           | 35  | 1497 | 1847 | 1248 | 1525 | 1214 | 1478 | 1302 | 1590 | 1707 | 1165 | 1525 | 1240 |
|           | 25  | 2346 | 1813 | 1326 | 1207 | 1396 | 1318 | 2226 | 1586 | 1900 | 1505 | 1382 | 1808 |
|           | 26  | 1737 | 1808 | 0628 | 1907 | 2016 | 1987 | 1420 | 2117 | 1620 | 1634 | 2054 | 2035 |
|           | 27  | 0536 | 1296 | 1358 | 2747 | 2069 | 2477 | 0483 | 1643 | 0758 | 2037 | 2633 | 2296 |
|           | 22  | 0666 | 1708 | 1173 | 2258 | 2220 | 2838 | 0924 | 1062 | 0608 | 2593 | 2820 | 1898 |
|           | 23  | 1544 | 1667 | 1417 | 1898 | 2358 | 2196 | 1571 | 1628 | 1064 | 2124 | 1985 | 2727 |
|           | 24  | 1582 | 1318 | 1895 | 1167 | 1742 | 1513 | 2078 | 1702 | 1428 | 2035 | 1314 | 2491 |
|           | A   | 1244 | 1087 | 0317 | 0812 | 1011 | 0925 | 1281 | 1341 | 0415 | 1234 | 1168 | 1572 |