

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ  
РОССИИ  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЁТА"  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ,  
АЭРОСЪЁМКИ И КАРТОГРАФИИ им.Ф.Н.КРАСОВСКОГО**

**РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
Определение приборной поправки светодальномера  
способом "во всех комбинациях"**

**РТМ 68 - 8.21 - 94**

**Москва  
ЦНИИГАиК  
1994**

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| Определение приборной поправки светодалъномера способом "во всех комбинациях" . . . . .                                     | 1 |
| Приложение 1.Распечатка по программе ВF-5К. . .   |   |
| Определение приборной поправки способом комбинаций . . . . .  | 3 |
| Приложение 2. Программа для вычисления уравниваемых значений приборной поправки и линий на микрокомпьютере МК-85м . . . . . | 4 |
| Приложение 3. Вычисление уравниваемых значений приборной поправки и измеренных линий вручную . . . . .                      | 7 |
| Приложение 4. Перечень ссылочных документов .   | 9 |

## Руководящий технический материал

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Определение приборной поправки светодальномера способом "во всех комбинациях" | РТМ<br>68 - 8.21 - 94<br>Впервые |
|---|----------------------------------|

В настоящем РТМ изложен порядок контроля приборной поправки светодальномера путём измерения линий неизвестной длины во всех комбинациях.

Данный РТМ носит рекомендательный характер и учитывает требования ведомственных и нормативных документов таких, как МИ БГЕИ 09-90 и МИ БГЕИ 15-93. Перечень ссылочных документов приведён в приложении 4.

### 1. Общая характеристика метода

На местности закрепляется линия, которая разбивается на несколько отрезков, расположенных в створе. Линии измеряются светодальномером во всех комбинациях.

После обработки результатов измерений получают значение приборной поправки со средней квадратической ошибкой определения меньше 0,5 средней квадратической ошибки измерения линии  $m_s$ .

### 2. Требования к линии

2.1. Линия располагается на местности с возможно меньшим уклоном (не превышающим 1/20).

2.2. Общая длина линии не должна быть менее 10% (но не менее 100 метров) от максимальной дальности светодальномера.

2.3. Линия разбивается на отдельные отрезки, по возможности, примерно равной длины, число которых  $K \geq 6$ . Наименьший отрезок не должен быть меньше минимальной дальности, измеряемой светодальномером.

2.4. Точки закрепления отрезков линии должны быть в створе. Нестворность не должна превышать 5 сантиметров на расстояниях до 500 метров и 10 сантиметров при больших расстояниях.

2.5. Точки закрепляются на местности кольями длиной не менее 30 сантиметров с отметкой на их поверхности для центрирования.

2.6. Между любыми точками, ограничивающими отрезки, должна быть прямая видимость.

2.7. Превышение между точками каждого измеряемого отрезка должно быть определено с ошибкой не более:

а) для отрезков с уклоном  $\leq 0,003$  — 70 мм;

б) для отрезков с уклоном  $> 0,003$  по формуле :

$$m_h = 0,25m_s \cdot S/h ,$$

где  $S$  - длина отрезка,  $h$  - превышение между точками измеряемого отрезка.

2.8. При реализации данной методики рекомендуется использовать линии базисов 2-го и 3-го разрядов не аттестованных на данный момент.

### 3. Измерение линии

3.1. Число отрезков, подлежащих измерению, определяется по формуле  $P = \frac{n(n-1)}{2}$ , где  $n$  - число точек.

3.2. Отрезки измеряют поверяемым светодальномером, руководствуясь инструкцией по эксплуатации для данного типа прибора.

### 4. Обработка результатов измерений

Обработку результатов измерений проводят в следующей последовательности:

4.1. Вычисляют наклонную дальность каждого отрезка, прибавив к измеренному значению отрезка поправки:

- а) за учёт метеопараметров,
- б) за циклическую составляющую приборной поправки;
- в) за уход масштабной частоты, (при использовании светодальномеров, предусматривающих это).

Приборную поправку при этом не учитывают.

4.2. Редуцируют отрезки к горизонту.

4.3. Редуцируют отрезки на один условный уровень относимости измерений.

4.4. Отрезки, отредуцированные на один уровень относимости уравнивают. Уравнивание рекомендуется осуществлять одним из трёх способов:

4.4.1. Уравнивание с помощью программы ВФК-5, составленной на алгоритмическом языке Фортран-4 для ЭВМ типа ЕС 1045.

Подробнее об этой программе смотрите МИ БГЕИ 09-90, приложение 12. Пример уравнивания приведён в приложении 1 данного РТМ.

4.4.2. Уравнивание с помощью программы УВК, составленной на алгоритмическом языке Бейсик для микрокомпьютера "Электроника МК-85М".

Текст программы и пояснение к ней приведены в приложении 2 данного РТМ.

4.4.3. Уравнивание может быть выполнено также вручную путём вычисления алгебраического среднего частных значений приборной поправки, определённых из комбинаций измеренных длин отрезков.

Пример вычисления приведён в приложении 3 данного РТМ.

4.5. Получив новое значение приборной поправки  $C_n$  сравнивают его со старым значением  $C_{ст}$  (паспортное) и вычисляют разность  $\Delta = C_n - C_{ст}$ ; если  $\Delta \leq 0,5M_c$ , то продолжают пользоваться старым значением  $C_{ст}$ , если  $\Delta > 0,5M_c$ , то берут для дальнейших измерений новое значение приборной поправки  $C_n$ . ( $M_c$  - средняя квадратическая ошиб-

ка определения приборной поправки, полученная в результате данных измерений).

### Приложение 1

#### Распечатка по программе ВФ-5К Определение приборной поправки способом комбинаций Базис ЦНИИГАиК

Дата: 18.03.1991 СП2 21110 исп: Татевян Р.А.  
/PW/=0.72 М.ед.веса=0,38  
СП 21110 К=-77.48 Кур.=-77.48 М=0.27

| №  | Линия | S <sub>изм</sub> | S <sub>уравн</sub> | P   | v     | M    |
|----|-------|------------------|--------------------|-----|-------|------|
| 1  | 1-2   | 28140.4          | 28062.69           | 1.0 | -0.23 | 0.26 |
| 2  | 1-3   | 52148.2          | 52070.98           | 1.0 | 0.26  | 0.32 |
| 3  | 1-4   | 76161.5          | 76084.34           | 1.0 | 0.32  | 0.40 |
| 4  | 1-5   | 100159.6         | 100081.77          | 1.0 | -0.35 | 0.49 |
| 5  | 2-3   | 24086.1          | 24008.29           | 1.0 | -0.33 | 0.26 |
| 6  | 2-4   | 48099.3          | 48021.66           | 1.0 | -0.16 | 0.32 |
| 7  | 2-5   | 72096.3          | 72019.08           | 1.0 | 0.26  | 0.40 |
| 8  | 3-4   | 24090.7          | 24013.37           | 1.0 | 0.15  | 0.26 |
| 9  | 3-5   | 48088.5          | 48010.80           | 1.0 | -0.22 | 0.32 |
| 10 | 4-5   | 24074.6          | 23997.43           | 1.0 | 0.31  | 0.26 |



## Приложение 2

Программа для вычисления уравненных значений  
приборной поправки и линий на микрокомпьютере  
МК-85м

## 1. Программа

```

3 CSR 5:PRINT "УВК"
5 VAC: INPUT "C=", C, "m=", A(60)
8 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+k)
10 INPUT A(A): NEXT K: NEXT J
15 CSR 3: PRINT "верно?"
20 V=N-M-X: U=V: T=0
25 FOR I=1 TO C-2: FOR J=I+1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C
30 L=A(10*I+K)-A(10*I+J)-A(10*J+K): IF LV; V=L
35 IF L; U=L
40 T=T+L: NEXT K: NEXT J: NEXT I
45 L=T*6/(C*(C-1)*(C-2)): T=(V-U)*1000
47 F=RND(3.46*A(60),-2)
50 IF TF; CSR 2: PRINT "разброс", T; F: H=0
52 FOR A=12 TO (10+C): H=H+A(A): NEXT A: D=0
55 FOR K=2 TO C: FOR I=2 TO C: IF IK THEN 65
60 D=D+A(10*I+K): NEXT I: GO TO 70
65 D=D-A(10*K+I): NEXT I
70 Q=(10+K)-(C-1)*A(10+K)-(H+D):D=0: NEXT K
75 FOR I=2 TO C:
   Q(10+I)=-((C-2*I+2)*L+Q(10+I))/C: NEXT I
80 FOR J=2 TO C-1: FOR K=J+1 TO C
85 Q(10*J+K)=Q(10+K)-Q(10+J)-L+A(10+K)-A(10+J)-
   A(10*J+K)
90 NEXT K: NEXT J: G=0
95 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+K)
100 G=G+Q(A)*Q(A): B=Q(A): B=B*1000: PRINT"V=";A;
105 CSR 6: PRINT B=RND(B,-3)
110 A(A)=A(A)+Q(A)+L: PRINT"S=";A(A)=RND(A(A),-5)
115 NEXT K: NEXT J: G=G*1000000
120 G=SQR(2*G/(C*(C-3))): L=L*1000
125 PRINT"L=";L=RND(L,-3): H=6/((C-1)*(C-2))
130 PRINT "m. веса="; G=RND(G,-3)
135 E=G*SQR H: PRINT "m.L=";E=RND(E,-3)
138 D=0
140 FOR A=12 TO 10+C:
   D=D+1: E=G*SQR(2/C+4*D*D*H/(C*C))
145 PRINT "m.S=";A;
150 CSR 7: PRINT E=RND(E,-3): NEXT A
155 CSR 4: PRINT "КОЕЦ"

```

```

160 END
500 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+K)
505 PRINT A;
510 CSR 3: PRINT A(A): NEXT K: NEXT J

```

## 2. Пояснение к программе

Вызовите программу

2.1. Остановка - на дисплее название программы "УВК" (Уравнение во всех Комбинациях).

2.2. Остановка - на дисплее "С=?", введите число точек в створе, нажмите "ехе".

2.3. Остановка - на дисплее "м=?", введите величину ср.кв.ошибки измерения по паспорту прибора ( $M_s$ , мм), нажмите "ехе".

2.4. Остановка - на дисплее "?", введите значения измеренных линий (в метрах до четвертого знака после запятой) в порядке 1-2; 1-3;...1-С; 2-3;...2-С; и т.д., после каждого раза нажимайте "ехе". После ввода последней линии на дисплее высвечивается "верно?":

2.4.1. если проверять не надо, то "ехе",

2.4.2. если хотите проверить, то необходимо сделать переход на строку 500. На дисплее загорается номер линии и длина. Просмотрите все линии, чтобы исправить неправильные значения, наберите "А(12)=" и вставьте правильное значение (цифра 12 означает номер линии 1-2).

2.5. Остановка:

2.5.1. На дисплее номер линии и поправка к измеренному значению

"v= 12 -0,23" в мм, нажмите "ехе",

2.5.2. На дисплее - длина линии с четырьмя знаками после запятой, выраженная в метрах

"S= 28.0627", нажмите "ехе", и так далее по всем линиям.

2.6. Остановка - на дисплее значение приборной поправки:

"L= -77.48" в мм., нажмите "ехе",

2.7. Остановка - на дисплее ошибка единицы веса:

"М.веса= 0,38" в мм, нажмите "ехе",

2.8. Остановка - на дисплее значение ср.кв. ошибка приборной поправки:

"М.L= 0,27" в мм, нажмите "ехе",

2.9. Остановка - на дисплее номер линии и значение ср.кв.ошибки уравненной линии:

"М.S= 12 0.26" в мм, нажмите "ехе", и так по очереди все линии, измеренные с первой точки.

Ошибки линий, номера которых 12, 23, 34, 45, будут одинаковыми; ошибки линий, номера которых 13, 24, 35, будут другими, но также одинаковыми, и так далее.

2.10. Остановка - на дисплее "Конец".

2.11. После начала вычислений (выполнения пункта 2.4.1) программа может остановиться и высветить: "разброс", нажмите "ехе", на дисплее появится:

" 1.8 7.1", где первое число означает разброс между максимальным и минимальным значениями приборной поправки, второе число - допуск. Допуск вычисляется по формуле:  $\Delta = 2m\sqrt{3}$ .

В этом случае исполнитель может поступить по одному из вариантов:

2.11.1. Проверить снова ввод значений линий, обратившись к строке 500, исправить значение линий и запустить микрокомпьютер с 20 строки.

2.11.2. Обнаружив неправильно измеренную линию, перемерить её заново.

2.11.3. Пройгнорировать это указание и продолжить вычисления, нажав "ехе".

2.12. Выполнив вычисления, можно посмотреть некоторые величины, нажав следующие кнопки:

V - максимальное значение приборной поправки - " - 0.0765" в метрах,

U - минимальное значение приборной поправки - " - 0,0783" в метрах,

T - разность между мин. и макс. значениями - "1.8" в мм,

F - допуск - "7.1" в мм.

2.13. Приведённые в данном примере величины значений соответствуют результатам уравнивания в примере приложения 1.



## Приложение 3

### Вычисление уравненных значений приборной поправки и измеренных линий вручную

#### 1. Вычисление приборной поправки.

Вычисление уравненной приборной поправки производится по формуле:

$$C = \frac{\sum_{i,j,k} S_{ik} - S_{ij} - S_{jk}}{T},$$

где  $i, j, k$  - номера точек, образующих отрезки. Из отрезков составляют все возможные комбинации по три, удовлетворяющие условию  $i < j < k$ . При общем числе точек  $n$  число таких комбинаций

$$T = \frac{n(n-1)(n-2)}{6}.$$

При числе точек  $n=5$  число  $T=10$ :

$$\begin{aligned} C_1 &= S_{13} - S_{12} - S_{23} = -78.3 \\ C_2 &= S_{24} - S_{23} - S_{34} = -77.5 \\ C_3 &= S_{35} - S_{34} - S_{45} = -76.8 \\ C_4 &= S_{14} - S_{12} - S_{24} = -78.2 \\ C_5 &= S_{14} - S_{13} - S_{34} = -77.4 \\ C_6 &= S_{25} - S_{23} - S_{35} = -78.3 \\ C_7 &= S_{25} - S_{24} - S_{45} = -77.6 \\ C_8 &= S_{15} - S_{12} - S_{25} = -77.1 \\ C_9 &= S_{15} - S_{13} - S_{35} = -77.1 \\ C_{10} &= S_{15} - S_{14} - S_{45} = -76.5 \\ \hline C &= -77.48 \end{aligned}$$

2. Допустимый разброс значений приборной поправки определяется формулой, приведённой в п.2.11 приложения 2.

При превышении данного допуска, максимальный и минимальный результаты анализируются, выявляется ошибочная линия, проверяются результаты вычислений.

При подтверждении результатов вычислений линия должна быть перемерена.

#### 2. Вычисление уравненных значений линий

Вычисления выполняются по методу "Шрейбера". Предварительно в измеренные значения линий вводится приборная поправка, вычисленная в пункте 1.

|                 | 1       | 2       | 3       | 4        | 5       | 6       | 7       | 8       |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
|                 | 1-2     | 1-3     | 1-4     | 1-5      | 2-3     | 2-4     | 2-5     | 3-4     |
| 1               | 28062.9 | 52070.7 | 76084.0 | 100082.1 | 24008.6 | 48021.8 | 72018.8 | 24013.2 |
| 2               | 062.9   | 070.7   | 084.0   | 100082.1 | 008.6   | 021.8   | 018.8   | 013.2   |
| 3               | 062.1   | 070.8   | 085.0   | 100081.7 | 007.8   | 021.1   | 019.2   | 013.2   |
| 4               | 062.2   | 071.7   | 084.7   | 100081.7 | 007.8   | 021.7   | 019.6   | 013.2   |
| 5               | 063.3   | 071.5   | 083.9   | 100081.1 | 008.6   | 021.8   | 018.9   | 013.2   |
| $S_{\text{ср}}$ | 28062.7 | 52071.0 | 76084.3 | 100081.7 | 24008.3 | 48021.6 | 019.1   | 24013.4 |
| $v$             | +0.2    | -0.3    | -0.3    | +0.4     | +0.3    | +0.2    | -0.3    | -0.2    |

|                 | 9       | 10      |
|-----------------|---------|---------|
|                 | 3-5     | 4-5     |
| 1               | 48011.0 | 2399.1  |
| 2               | 011.0   | 997.1   |
| 3               | 011.4   | 998.1   |
| 4               | 010.2   | 997.0   |
| 5               | 010.3   | 997.8   |
| $S_{\text{ср}}$ | 48010.8 | 23997.4 |
| $v$             | +0.2    | -0.3    |

Примечание: в первых двух строках выписываются значения линий полученные из непосредственных измерений, в остальных - результаты попарных разностей (сумм) во всех вариантах возможного вычисления этой линии;  $v = S_{\text{изм}} - S_{\text{ср}}$ .

### 3. Оценка точности

3.1. Вычисляют ошибку единицы веса:

$$\mu = \sqrt{\frac{2 [vv]}{(n-1)(n-2)}} = 0,36 \text{ мм}$$

3.2. Вычисляют ср.кв. ошибку определения приборной поправки:

$$M_c = \mu \sqrt{Q_{in}} = 0,36 \sqrt{\frac{6}{(n-1)(n-2)}} = 0,25 \text{ мм}$$

3.3. Вычисляют ср.кв. ошибку уравненных сторон по формуле:

$$M_s = \sqrt{\frac{4 [vv]}{n(n-1)(n-2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{5 \cdot 4 \cdot 3}} = 0,23 \text{ мм}$$

## Приложение 4

### Перечень ссылочных документов

| Пункты РТМ          | Обозначение НТД | Наименование НТД   | Реквизиты утверждения издания                      |
|---------------------|-----------------|--|--|
| Введение<br>п.4.4.1 | МИ БГЕИ 09-90   | Образцовые линейные базы. Общие технические требования.<br>Метрологическое обеспечение | Утверждён приказом по ЦНИИГАиК*<br>№68 от 27.06.90 |
| Введение            | МИ БГЕИ 15-93   | Светодальномеры. Методы и средства поверки   | Утверждён приказом по ЦНИИГАиК<br>№71 от 04.06.93  |

\*) Указанные документы изданы от имени головной организации отрасли по метрологии - ЦНИИГАиК

---

Подписано в печать  
27.09.94  
Формат 60×90/16  
Бумага типографская  
Печать офсетная  
Усл.печ.л. 0,5  
Усл.кр.отт.0,63  
Уч.-изд.л. 0,48

Тираж 300  
Заказ 30-94

ЦНИИГАиК  
125413, Москва,  
Онежская ул.26