

ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕРНО\_ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е.Р. Аболин, К.Э. Григас

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

**Допущено**  
**решением Ученого совета университета**  
**в качестве учебно-методического**  
**пособия для курсантов по строительной**  
**специальности**

**Санкт-Петербург**

**2005**

Учебно-методическое пособие предназначено для оказания помощи курсантам строительной специальности при выполнении расчетно-графических упражнений по инженерной геодезии как на практических занятиях, так и на самоподготовке.

В пособии последовательно излагается содержание расчетно-графических работ, порядок вычислений и графических операций на конкретных примерах.

## **Расчетно-графическая работа № 1**

### **«ПОСТРОЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЕЙ»**

Цель работы : курсанты должны освоить методику построения плана участка в горизонталях по отметкам точек и научиться решать задачи по плану участка в горизонталях: определять отметки точек, крутизну скатов, уклоны линий и строить линии с заданным (проектным) уклоном.

Состав работы:

1. Построение плана участка в горизонталях по отметкам точек в вершинах сетки квадратов.
2. Построение графиков для определения крутизны скатов и уклонов линий по плану участка в горизонталях.
3. Построение линий с заданным (проектным) уклоном на плане участка в горизонталях.

Исходные данные: выдаются каждому курсанту в виде бланка индивидуального задания, на котором нанесена сетка квадратов и указаны отметки в их вершинах. РГР-1 курсанты выполняют на бланке индивидуального задания.

### **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ**

- 1. Построение плана участка в горизонталях по отметкам точек в вершинах сетки квадратов.*

Построение плана участка в горизонталях по отметкам точек в вершинах сетки квадратов следует выполнять в два этапа:

- определить положение горизонталей на сторонах сетки квадратов путем графической интерполяции между отметками точек в вершинах квадратов;
- провести (вычертить) горизонтали между сторонами сетки квадратов.
  - а. Положение горизонталей на сторонах сетки квадратов путем интерполяции между отметками точек в вершинах квадратов осуществляют с по-

мощью палетки, представляющей собой листок кальки с нанесенными на ней параллельными линиями через 5 мм. Для этого палетку необходимо подготовить к работе следующим образом. На нижней линии палетки, слева или справа от нее, подписывают карандашом наименьшее значение отметки, встречающейся в какой-либо вершине квадрата того участка сетки квадратов, на котором хотят выполнить интерполирование между отметками точек, округляя ее в сторону уменьшения до целых метров, кратных высоте сечения рельефа  $h=1\text{м}$ .

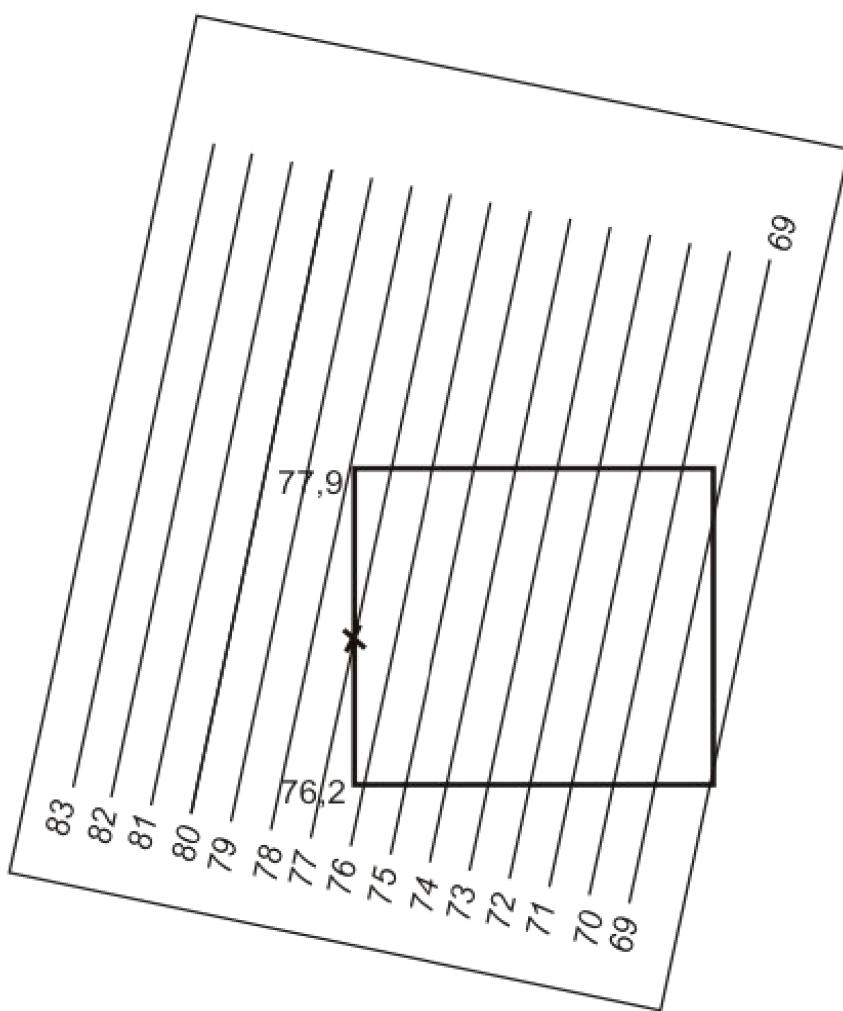


Рис.1. Графическое интерполирование

Например, на бланке задания наименьшая отметка равна 69,4 м, а наибольшая - 82,4 м. Поэтому нижнюю линию палетки следует подписать числом 69, а остальные линии палетки, следующие за ней вверх, числами 70...83.

Интерполирование между отметками точек, т.е. нахождение положения горизонталей на стороне квадрата по отметкам его вершин, выполняют следующим образом. Подготовленную палетку прикладывают к стороне квадрата таким образом, чтобы отметка в левой вершине квадрата на глаз совпала с соответствующей отметкой на палетке (рис.1). Закрепив палетку в левой вершине квадрата иголкой, врачают палетку так, чтобы правый угол квадрата пересек условную линию палетки с отметкой, соответствующей данной вершине. Тогда точки пересечения квадрата параллельными линиями на палетке дадут положение горизонталей на стороне квадрата, которые накалывают иглой и подписывают карандашом значение отметок. Так производят интерполирование положения горизонталей на всех четырех сторонах каждого квадрата и в диагоналях квадратов, указанных пунктирной линией в задании. На рис. 1 показан пример интерполирования стороны квадрата с отметками 76,2 и 77,9 м. В данном примере сторону квадрата пересекает только одна линия палетки с отметкой 77 м (помечено крестиком). Эту точку накалывают иглой и подписывают на стороне квадрата.

б. Закончив интерполирование между отметками точек на всей сетке квадратов задания, приступают к проведению (вычерчиванию) горизонталей между сторонами сетки квадратов. Для этого точки с одинаковыми отметками соединяют тонкими линиями в пределах всей сетки последовательно, переходя к смежным квадратам, затем линии изгибают и получают изображение рельефа в горизонталях (рис. 2).

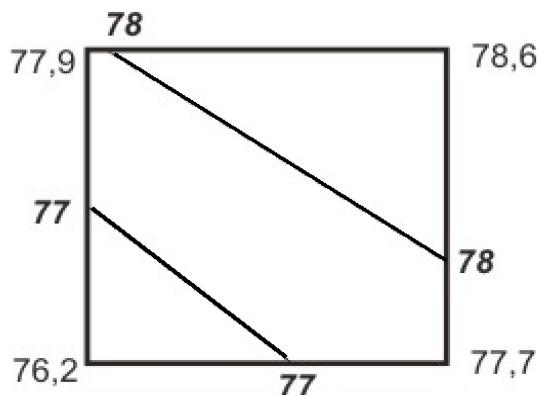


Рис. 2. Вычерчивание горизонталей

При проведении горизонталей руководствуются следующими требованиями:

горизонтали проводят (вычерчивают) плавно, не допуская их изломов и с учетом той формы рельефа, которую они изображают;

заложения между смежными горизонтальями при переходе от крутых скатов к более пологим (и наоборот) меняют плавно;

утолщенные горизонтали подписывают в разрывах горизонталей один раз (в пределах чертежа) отметками, кратными 5 м, располагая верх чисел в сторону подъема местности.

## *2. Построение графиков для определения крутизны скатов и уклонов линий по плану участка в горизонталях*

а. График для определения крутизны ската строят, используя известную зависимость

$$d = \frac{60 \cdot h}{\alpha^\circ} \text{ м}, \quad (1)$$

где  $d$  - заложение, м;

$h$  - превышение между горизонтальями (высота сечения рельефа);

$\alpha^\circ$  - численное значение угла наклона, град. ;

Исходя из задания, принимаем высоту сечения  $h = 1$  м. Подставляя в формулу (1) различные значения  $\alpha^\circ$ , получим значение заложения  $d$ , соответствующее этим углам наклона (табл. 1).

**Зависимость заложений от угла наклона**

Таблица 1

Угол наклона $\alpha$ , град.	1	2	3	4	5	8	10	20
Заложение $d$ , м	60	30	20	15	12	7,5	6	3

Для построения шкалы заложений по вертикальной оси  $d$  откладывают отрезки через 1 см и подписывают в соответствии с указанным масштабом (для масштаба 1:1000 - 10 м, 20 м и т. д.). На горизонтальной оси “ $\alpha$ ” откла-

дывают равные отрезки через 0,5...1 см и подписывают значения угла наклона. В этих точках проводят перпендикуляры, на которых откладывают соответствующие им значения заложений. Полученные точки соединяют плавной кривой (рис. 3, а).

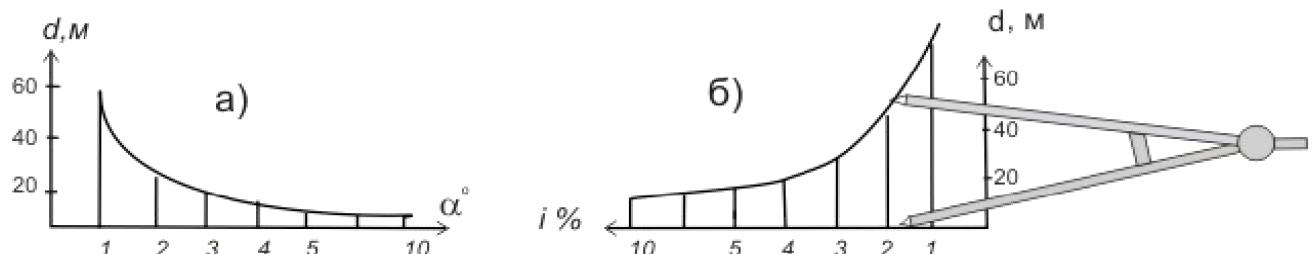


Рис.3 Масштабы (графики) заложений для масштаба 1:2000

а) - для углов наклона;

б) - для уклонов линий

2) График для определения уклона линии строят, используя зависимость

$$d = \frac{h}{i} \quad (2)$$

где  $d$  - заложение, м;

$h$  - превышение (высота сечения рельефа, принимаемая в задании равной 1 м);

$i$  - численное значение уклона линии.

Подставляя в формулу (2) различные значения уклона  $i$ , полученные величины заложений  $d$  заносят в табл. 2. При вычислениях в формуле (2) значения уклона подставляют безразмерной величиной, переводя из процентов или промилле. Например, если  $i = 1\%$ , то подставляют  $i = 0,01$ ; если  $i = 1\%$ , то  $i = 0,001$ .

Таблица 2

#### Зависимость заложений от уклона

$i, \%$	2	4	5	8	10
$d, \text{м}$	50	25	20	12,5	10

Шкала заложений для уклона строится аналогично (рис. 3, б).

### 3. Построение линии с заданным (проектным) уклоном на плане участка в горизонталях

При построении линии с проектным уклоном из заданной точки  $H$  можно воспользоваться двумя способами.

При первом способе раствор циркуля устанавливается по шкале заложений для уклонов (рис. 3, б).

Раствором циркуля, равным  $d$ , из точки  $H$  последовательно выполняют засечки на смежных горизонталях, руководствуясь знаком  $i_{np}$ . Если  $i_{np}$  имеет знак “минус”, то засечки на горизонталях располагают в сторону понижения местности, а если “плюс”, то в сторону ее повышения.

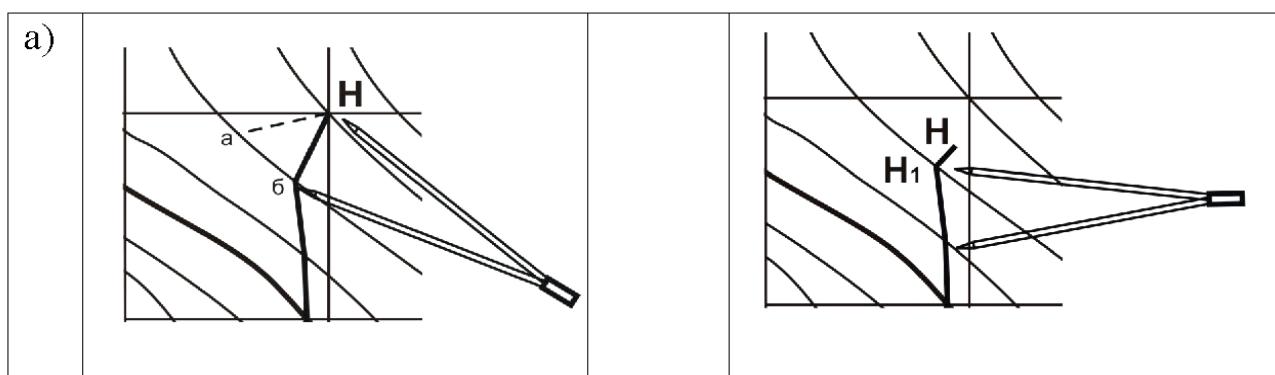


Рис. 4 Построение линии с заданным уклоном

а) точка  $H$  на горизонтали б) точка  $H$  между горизонталями

Например, линию строят с уклоном минус 6%. Построение линии от точки  $H$  будет проводиться в сторону понижения рельефа (относительно отметки точки  $H$ ). Раствор циркуля, в соответствии с графиком шкалы заложений для уклона берется 6%. Если делать засечки установленным раствором циркуля на ближайшей горизонтали, могут получиться две точки  $a$  и  $b$  (см. рис. 4). Так как точка  $b$  находится в направлении понижения рельефа (самой низкой точки), то проводят линию к точке  $b$ . Установливая циркуль на гори-

зонтали в этой точке, получают новую засечку на следующей ближайшей горизонтали в направлении понижения рельефа.

Засечки на горизонталях продолжают до тех пор (в пределах чертежа), пока заложение между двумя смежными горизонталями не окажется больше  $d$ .

В том случае, если точка  $H$  находится не на горизонтали применяют второй способ, когда заложение  $d$  рассчитывают в соответствии с проектным уклоном  $i_{np}$ , по формуле (2). При этом превышение  $h = H_1 - H$  (м), где  $H_1$ - отметка ближайшей горизонтали, в сторону которой направлен уклон,  $H$ - отметка самой точки. В любом случае значение заложение  $d$  будет меньше, чем отложенное по графику заложений, так как превышение между точками  $H$  и  $H_1$  меньше, чем между горизонталями (рис.4б). Засечку выполняют раствором циркуля с установленным шагом  $d$  в соответствии с заданным масштабом (1:1000).

Последующие засечки делают раствором циркуля в соответствии с масштабом (графиком) заложений, как в первом способе.

Точки засечек соединяют прямыми линиями толщиной 0,5 мм карандашом красного цвета, в результате чего получают линию с заданным (проектным) уклоном.

Горизонтали, скатоуказатели, подписи утолщенных горизонталей, графики и все другие подписи на чертеже выполняют простым карандашом. Толщину горизонталей принимают: основных- 0,1 мм, а утолщенных- 0,3 мм, длину скатоуказателя – 1мм, отметки высот выполняют курсивом высотой 1,6-2,0 мм;

При выполнении задания следует руководствоваться образцом оформления РГР-1 (см. приложение 1).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют горизонталью?
2. Перечислите свойства горизонталей.
3. Что называют отметкой, высотой сечения рельефа и заложением?
4. Перечислите основные формы рельефа и укажите, какие из них изображены на Вашем плане участка в горизонталях.
5. Определите по указанию преподавателя на своем плане участка в горизонталях: отметку точки, крутизну ската и уклон линии.
6. Определите наибольшую крутизну ската на своем плане участка в горизонталях.
7. Опишите последовательность действий при интерполяции между отметками точек с помощью палетки для нахождения положения точек горизонталей на сторонах квадратов.
8. Опишите последовательность действий при построении линии с заданным (проектным) уклоном на плане участка в горизонталях.
9. Опишите последовательность действий при построении графиков для определения крутизны скатов и уклонов линий по плану участка в горизонталях.

## **РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2**

### **ПОСТРОЕНИЕ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ**

Цель: курсанты должны освоить сущность плановой съемки местности, методику обработки полевых измерений и научиться строить (вычерчивать) план участка.

Состав работ:

- Вычисление координат сомкнутого теодолитного хода;
- 1. Вычисление измеренных горизонтальных углов.
- 2. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода и их румбов.
- 3. Вычисление горизонтальных проложений теодолитного хода.
- 4. Вычисление приращений координат и их уравнивание.
- 5. Вычисление собственно координат пунктов теодолитного хода.
  - Вычисление координат разомкнутого теодолитного хода;
  - 1. Вычисление измеренных горизонтальных углов.
  - 2. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода и их румбов.
  - 3. Вычисление горизонтальных проложений теодолитного хода.
  - 4. Вычисление приращений координат и их уравнивание.
  - 5. Вычисление собственно координат пунктов теодолитного хода.
- Построение плана участка местности
  - 1. Разбивку координатной сетки.
  - 2. Нанесение по координатам пунктов теодолитного хода.
  - 3. Нанесение контуров местных предметов.
  - 4. Вычерчивание плана.

Исходные данные: выдаются каждому курсанту в виде листа индивидуального задания, на котором приводятся схема сомкнутого и разомкнутого теодолитного хода с указанием численных значений координат начального и

конечного пунктов хода, дирекционных углов начальной и конечной исходных сторон, выписка из журнала измерения горизонтальных углов и абрис сторон теодолитного хода.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

### ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ СОМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

#### 1. Вычисление измеренных горизонтальных углов.

а) Из индивидуального задания курсанты переписывают отсчеты, полученные при измерении горизонтальных углов в журнал измерения горизонтальных углов. Вычисления измеренных углов в полном приеме состоит из двух полуприемов. Значение угла при “круге лево” *КЛ* получено из разности отсчетов на правую и левую точки хода, учитывая направление теодолитного хода. Аналогично вычисляют значение угла при положении “круг право” *КП*. Полученные значения угла не должны расходиться более, чем на  $\pm 1'$ ; в этом случае рассчитывают среднее значение угла в соответствующую графу ведомости.

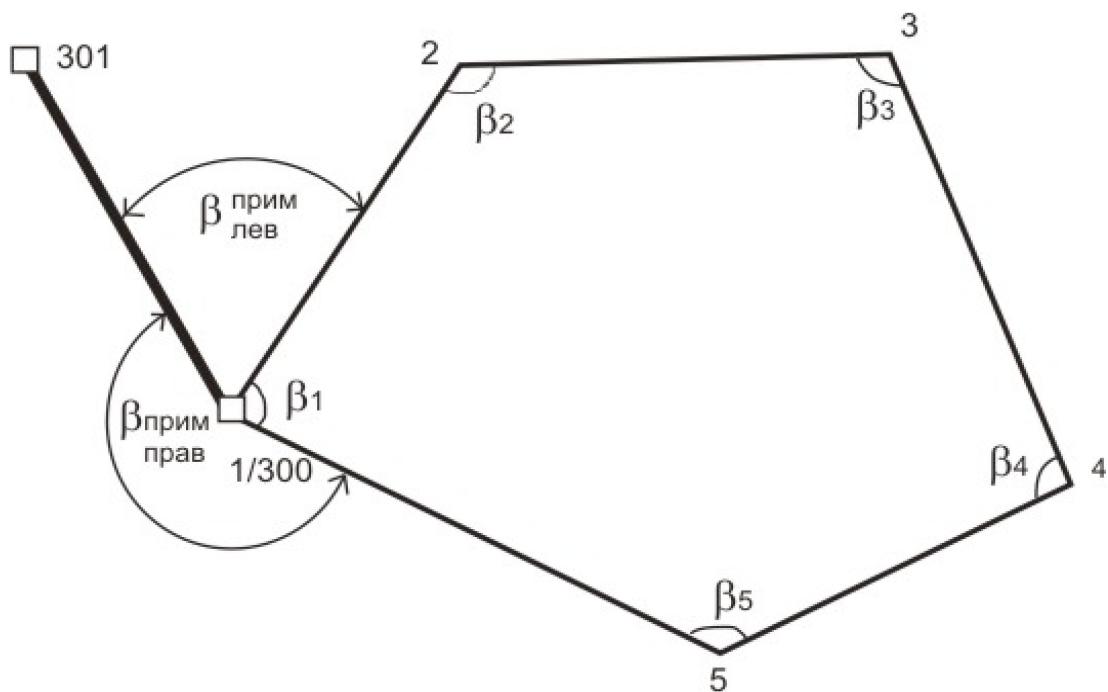


Рис.5 Схема сомкнутого теодолитного хода

Например, (см. рис. 5) для измеряемого угла  $\beta_1$  из точки  $1/300$  точка 5 будет справа, а точка 2- слева. Для точки 1 значение угла при *КЛ*

$$\beta_{ln} = KЛ_{T5} - KЛ_{T2}; \quad (3)$$

В нашем случае  $\beta_{ln} = 104^\circ 36' - 20^\circ 20' = 84^\circ 16'$ .

Если значение отсчета на правую точку  $KЛ_{T5}$  меньше, чем на левую  $KЛ_{T2}$ , то к первому прибавляют  $360^\circ$ .

Значение угла при  $KП$

$$\beta_{ln} = KП_{T.5} - KП_{T.2}; \quad (4)$$

Среднее значение угла округляется с точностью 0,5;

$$\beta_{lcp} = (\beta_{ln} + \beta_{ln})/2 \text{ (см. табл.1).}$$

Фрагмент журнала измерения горизонтальных углов

Таблица 3

№ точки стояния	Полу- прием	№ точки наблюд.	ОТСЧЕТ		УГОЛ		СР. УГОЛ		НАКЛОН ЛИНИИ			
			град	мин	град	мин	град	мин				
1	КЛ	5	104	36	84	16	84	16,5				
		2	20	20								
	КП	5	284	36	84	17						
		2	200	19								

Примычные углы (углы привязки) вычисляют аналогично.

б) Составляют схему теодолитного хода и плановой привязки к пунктам геодезической сети, на которой показывают величину горизонтальных углов, длин линий и дирекционных углов.

в) Вписывают в «Ведомость вычисления координат пунктов сомкнутого теодолитного хода» (табл. 4) со схемы теодолитного хода номера точек хода (графа 1) и измеренные внутренние углы сомкнутого хода (графа 2). Подсчитывают сумму измеренных внутренних углов  $\sum \beta_u$  и определяют фактическую угловую невязку по формуле:

$$\Delta Q_\phi = \sum \beta_u - \sum \beta_t, \quad (5)$$

где  $\sum \beta_t = 180(n-2)$ - теоретическая сумма внутренних углов многоугольника, а  $n$ - количество углов сомкнутого хода.

**ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ**

№ точек	Измерен. угол	Попр. угол	Исправлен. угол	Дирекцион. угол	Румбы	Горизонт. протож.	Вычислены, приращен. координат				Исправл. приращения				Координаты
							‡	ΔX	Попр. ‡	ΔY	Попр. ‡	ΔX	‡	ΔY	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X 19
1	B4 16,5	-0,1	B4 16,4												1000,00
				18 55,9		262,50	+	246,30	0,01	+	85,17	-0,06	+	248,31	+ 85,10
2	108 30	-0,1	108 29,9												1248,31
				90 26		226,63	-	1,71	0	+	226,62	-0,05	-	1,71	+ 226,57
3	106 26	-0,1	106 25,9												1246,60
				164 00,1		238,35	-	229,12	0	+	85,59	-0,06	-	229,11	+ 85,64
4	95 58,5	-0,1	95 58,4												1017,40
				248 01,7		179,13	-	67,02	0	-	166,12	-0,04	-	67,02	- 166,16
5	144 49,5	-0,1	144 49,4												950,46
				283 12,3		216,83	+	49,53	0	-	211,10	-0,06	+	49,54	- 211,16
1															1000,00
															1000,00

$$\begin{aligned}
 \sum \beta_{\text{изм}} &= 540,00,5 \\
 \sum \beta_{\text{теор}} &= 540,00 \\
 \Delta Q_{\Phi} &= 0,5 \\
 \Delta Q_{\text{доп}} &= -2,24
 \end{aligned}$$

$$P = 1123,44 \text{ м}$$

$$\bar{f}_x = -0,02 \text{ м}$$

$$\bar{f} = 0,27 \text{ м}$$

$$\frac{f}{P} = 1/4000$$

Фактическая угловая невязка  $\Delta Q_\phi$  не должна превышать допустимой невязки, вычисляемой по формуле:

$$\Delta Q_{don} = 1' \sqrt{n}, \quad (6)$$

где  $n$ - число углов в ходе.

Например: сумма измеренных углов сомкнутого хода  $\sum \beta_{изм} = 540^\circ 00,5'$ ,

для 5-и измеренных углов теоретическая сумма  $\sum \beta_T = 180(5-2) = 540^\circ$ ,

фактическая невязка по формуле (5) составит  $\Delta Q_\phi = 0,5'$ ;

допустимая невязка по формуле (6) составит  $\Delta Q_{don} = 1' \sqrt{5} = 2,24'$ .

д) Распределяют фактическую угловую невязку  $\Delta Q_\phi$  поровну на все углы в виде поправок. Поправки вводят в углы со знаком, обратным знаку невязки, и с точностью до  $0',1$ . Если поправка в углы получается менее  $0',1$ , то ее вводят только в углы с короткими сторонами. Поправка в каждый измеренный угол составит:

$$\delta_\beta = \frac{-Q_\phi}{n}, \quad (7)$$

Например, в нашем случае  $\delta_\beta = -0,1'$ . Значение исправленного угла  $\beta^{ испр} = \beta_i + \delta$  записывают в соответствующую графу. Сумма исправленных углов должна быть равна  $\sum \beta_T$ .

2. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода и их румбов.

Вычисление дирекционного угла стороны 1-2 производят с учетом примычных углов по формулам:

$$\vartheta_{1-2} = \vartheta_{нач} \pm 180 - \beta_{прав}^{прим}; \quad (8a)$$

$$\vartheta_{1-2} = \vartheta_{нач} \pm 180 + \beta_{лев}^{прим} \quad (8б)$$

и находят среднее значение.

При этом проверяют, чтобы начальным дирекционным углом, был угол направления от дальней точки пункта сети к точке 1 теодолитного хода. На-

пример: если в задании известен дирекционный угол  $\vartheta_{300-301}$ , то начальным (исходным) дирекционным углом будет угол  $\vartheta_{301-300}$  (см. рис.5).

$$\vartheta_{301-300} = \vartheta_{300-301} \pm 180^\circ.$$

Затем вычисляют дирекционные углы последующих сторон теодолитного хода с точностью до  $0'1$  по формулам :

$$\vartheta_n = \vartheta_{n-1} \pm 180^\circ - \beta_{прав}^{исправл} \quad (9a)$$

$$\text{или} \quad \vartheta_n = \vartheta_{n-1} \pm 180^\circ + \beta_{лев}^{исправл}. \quad (9b)$$

где  $\vartheta_n$ - дирекционный угол последующей стороны,

$\vartheta_{n-1}$ - дирекционный угол предыдущей стороны.

В соответствии с рис.4 измеренные углы- правые по ходу, поэтому значения дирекционных углов вычисляют по формуле (9a). Полученные дирекционные углы должны быть положительного вида от 0 до  $360^\circ$ , этим руководствуются при подстановке знака (+) или (-) перед  $180^\circ$ . Если значение дирекционного угла будет более  $360^\circ$ , то полный круг ( $360^\circ$ ) вычитают, в случае, если значение угла получается отрицательным, то полный круг прибавляют. Например, если  $\vartheta=385^\circ 15'$ , то значение составит  $25^\circ 15'$ .

Вычисления дирекционных углов и румбов производят в отдельной таблице бланка, выданного с заданием в приведенной форме:

$\vartheta_{1-2ср}$	= $18^\circ 55,9'$	$r$  $CB 18^\circ 56'$	1-2
	<b><math>\pm 180^\circ</math></b>		
	= $198^\circ 55,9'$		
	- $\beta_2$ ср (исправл) = $84^\circ 16,4'$		
$\vartheta_{2-3ср}$	= $90^\circ 26'$		

Вычисление дирекционных углов в сомкнутом теодолитном ходе контролируют сходимостью полученного и исходного углов стороны:

$$\vartheta_{1-2} = \vartheta_{5-1} \pm 180^\circ - \beta_1 .$$

Переводят дирекционные углы в румбы, округляя значения последних в целые минуты.

### 3. Вычисление горизонтальных проложений теодолитного хода.

Горизонтальные проложения записывают в графу 7 ведомости, после вычисления их среднего значения измеренного в прямом и обратном направлении. Эти данные берутся из абриса. При этом поправка вводится при значении угла наклона свыше  $\pm 3^\circ$ .

Примеры:

- при измерении длины линии 1-2 в прямом направлении получен результат 262,49 м, в обратном- 262,51м (эти значения подписаны на фрагментах абриса у точки №2). Средней длиной линии 1-2 будет 262,50м.

- при измерении длины линии 2-3 на участке от 0 м до 30,5 м угол наклона составил-  $2^\circ$ , на участке от 30,5 до 67,5 наклон составил  $4^\circ$ , а на участке от 67,5 до 226,65 м линия измерена без наклона. Горизонтальное проложение этой линии состоит из трех участков:

$$d = d_1 + d_2 + d_3;$$

$$d_1 = 30,5;$$

$$d_2 = (67,5 - 30,5) \cos 4^\circ;$$

$$d_3 = d_{cp} - (d_1 + d_2),$$

где  $d_1$ - участок с наклоном-  $2^\circ$ , где углом наклона пренебрегают,

$d_2$ - участок с наклоном  $4^\circ$ ,

$d_3$ - оставшийся измеренный участок.

### 4. Вычисление приращений координат и их уравнивание.

Приращения прямоугольных координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют с точностью до 0,01 м по формулам:

$$\Delta x = \pm d \cdot \cos r; \quad (10a)$$

$$\Delta y = \pm d \cdot \sin r; \quad (10b)$$

где  $d$ - горизонтальное проложение стороны теодолитного хода;

$r$ - румб той же стороны.

Знаки приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  устанавливают в зависимости от названия румба.

Можно также считать по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos D; \quad (11a)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin D, \quad (11b)$$

где  $D$ - дирекционный угол той же стороны. В этом случае знаки приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  определяются по калькулятору.

После вычислений подсчитывают алгебраические суммы приращений  $\sum \Delta x$  и  $\sum \Delta y$ , затем определяют невязки в приращениях координат  $f_x$  и  $f_y$  по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x - \sum \Delta x_T; \quad (12a)$$

$$f_y = \sum \Delta y - \sum \Delta y_T; \quad (12b)$$

где  $\sum \Delta x_T$  и  $\sum \Delta y_T$  - теоретическая сумма приращений.

В сомкнутом теодолитном ходе теоретические суммы  $\sum \Delta x_T = 0$  и  $\sum \Delta y_T = 0$ . Поэтому  $f_x = \sum \Delta x$  и  $f_y = \sum \Delta y$ . Невязки в приращениях координат  $f_x$  и  $f_y$  считаются допустимыми, если относительная невязка хода не превышает

$$\frac{f}{P} = \frac{1}{2000} \text{ или } \frac{1}{1000},$$

где  $P = \sum d_i$  - периметр сомкнутого теодолитного хода;  $f$ - абсолютная линейная невязка, определяемая по формуле:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (13)$$

При допустимости невязки распределяют  $f_x$  и  $f_y$  на все вычисленные приращения пропорционально длинам линий в виде поправок  $\delta_{xi}$  и  $\delta_{yi}$ , т.е.

$$\delta_{xi} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_i; \quad (14a)$$

$$\delta_{yi} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_i, \quad (14б)$$

где  $P$ - периметр хода;

$d_i$ - горизонтальное проложение стороны хода.

Поправки  $\delta_{xi}$  и  $\delta_{yi}$  вводят с точностью до 0,01 м, например:

если  $f_x = -0,02$  м, то  $\delta_{x1} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_1 = \frac{+0,02}{1123,44} \cdot 262,50 \approx 0,01$  м. Сумма вво-

димых поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком, например, для  $\sum \delta_x = -f_x$ . Затем получают исправленные приращения координат, например:

$$\Delta x_{1-2}^{ucnp} = \Delta x_{1-2} + \delta_x;$$

$$\Delta y_{1-2}^{ucnp} = \Delta y_{1-2} + \delta_y,$$

подсчитывают алгебраическую сумму, которая в сомкнутом теодолитном ходе равна  $\sum \Delta x_{ucnp} = 0$  и  $\sum \Delta y_{ucnp} = 0$ .

## 5. Вычисление собственно координат пунктов теодолитного хода.

Вычисляют координаты точек теодолитного хода  $X$  и  $Y$  по формулам

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x_n^{ucnp}; \quad (15a)$$

$$y_n = y_{n-1} + \Delta y_n^{ucnp}, \quad (15б)$$

где  $x_n$  и  $y_n$  - координаты последующей точки, а  $x_{n-1}$  и  $y_{n-1}$  - координаты предыдущей точки, например, координаты точки 2 равны:

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{12} = 1000,00 + 248,31 = 1248,31,$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta y_{12} = 1000,00 + 85,10 = 1085,10.$$

## ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ РАЗОМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

### 1. Вычисление измеренных горизонтальных углов.

- а) Заполнение бланка и вычисление измеренных углов производят аналогично действиям по сомкнутому ходу;
- б) подсчитывают фактическую сумму измеренных горизонтальных углов, включая в нее и два примычных угла (для рис. 6 это углы  $\beta_{\text{прим}16}$  и  $\beta_{\text{прим}75}$ ), например,  $\Sigma\beta_i = \beta_{\text{прим}16} + \beta_6 + \beta_7 + \beta_{\text{прим}75}$ ;

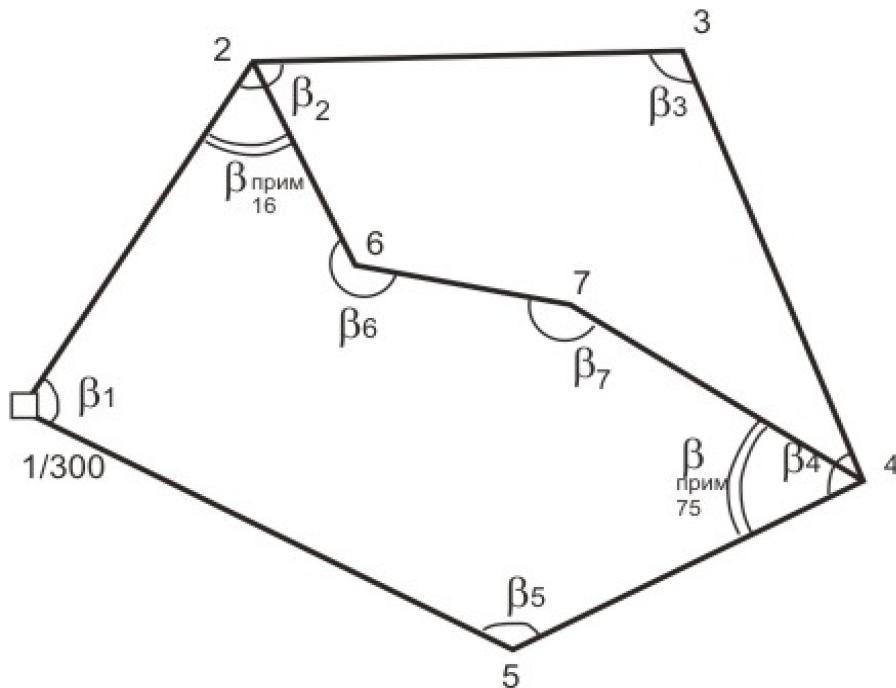


Рис. 6 Схема разомкнутого теодолитного хода

вычисляют теоретическую сумму горизонтальных углов разомкнутого теодолитного хода:

$$\Sigma\beta_i = \varDelta_n - \varDelta_k + 180^\circ n \quad (17)$$

или

$$\Sigma\beta_i = \varDelta_k - \varDelta_n + 180^\circ n \quad (18)$$

где  $\varDelta_n$  – величина дирекционного угла начальной исходной стороны;

$\varDelta_k$  – то же конечной;

$n$  – количество углов в разомкнутом теодолитном ходе, считая и два примычных угла.

Формула (17) используется в том случае, когда в разомкнутом теодолитном ходе измерены правые по ходу горизонтальные углы, а формула (18) – когда левые.

Исходя из схемы (см. рис. 6) для разомкнутого хода 2-6-7-4, начальным (исходным) направлением будет сторона 1-2, а конечным- сторона 4-5.

Применительно к этой схеме теодолитного хода формула (17) записывается следующим образом:

$$\sum \beta_t = D_{1-2} - D_{4-5} + 180^*4.$$

в) Фактическая угловая невязка  $f_\beta$  вычисляется по формуле (5). Допустимая угловая невязка вычисляется по формуле (6).

г) Поправки в измеренные углы подсчитывают и вводят аналогично вычислениям для сомкнутого хода.

2. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода и их румбов.

Вычисление дирекционных углов производят также аналогично по формуле (8а), т.к. измеренные углы- правые по ходу.

$$\text{Например, } D_{2-6} = D_{1-2} \pm 180 - \beta_{\text{прим16}}, D_{6-7} = D_{2-6} \pm 180 - \beta_6$$

3. Вычисление горизонтальных проложений теодолитного хода.

Вычисление горизонтальных проложений в соответствии с абрисом производят так же, как в сомкнутом теодолитном ходе.

1. Вычисление приращений координат и их уравнивание.

Приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют как в сомкнутом теодолитном ходе по формулам (11а), (11б).

Численные значения дирекционных углов и румбов сторон теодолитного хода, горизонтальных проложений сторон хода, а также приращений координат вписывают в «Ведомость вычислений координат пунктов разомкнутого хода» в строках между соответствующими пунктами теодолитного хода;

вычисляют линейные невязки  $f_x$  и  $f_y$  по осям  $x$  и  $y$ :

$$f_x = \sum \Delta X_{\text{изм}} - (x_K - x_H) \quad (19a)$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{\text{изм}} - (y_K - y_H) \quad (19b)$$

где  $\sum \Delta x$  и  $\sum \Delta y$  - алгебраические суммы приращений координат соответственно по осям  $x$  и  $y$ , м;

$x_n$   $y_n$ - прямоугольные координаты начальной точки теодолитного хода, м;

$x_k$   $y_k$ - то же конечной, м.

Применительно к схеме теодолитного хода, показанного на рис. 5, формулы (19а) и (19б) соответственно имеют следующий вид:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_4 - x_2);$$

$$f_y = \sum \Delta y - (y_4 - y_2).$$

Абсолютную линейную невязку вычисляют по формуле (13)

Невязки в приращениях координат считают допустимыми, если относительная невязка теодолитного хода удовлетворяет следующему условию:

$$\frac{f}{P} \leq \frac{1}{2000} \div \frac{1}{1000}$$

где  $P$ - длина разомкнутого теодолитного хода, м;

5. Вычисление собственно координат пунктов теодолитного хода.

Вычисление координат точек сомкнутого хода производят по формулам (15а) и (15б) так же, как для сомкнутого хода. Проверкой правильности вычислений будет совпадение координат вычисленной последней точки и ее данными, полученными в сомкнутом ходе.

## ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА МЕСНОСТИ

1. Разбивка координатной сетки.

План участка выполняют карандашом на ватмане формата А3. Разбивку координатной сетки выполняют в такой последовательности:

определяют необходимое количество квадратов координатной сетки плана по осям  $n_x$  и  $n_y$ :

$$n_x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{100} \quad (20a)$$

$$n_y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{100} \quad (206)$$

где  $n_x$  и  $n_y$ - количество квадратов координатной сетки соответственно по осям  $x$  и  $y$

$x_{\max}$   $y_{\max}$ - наибольшее значение координаты, округленное в сторону увеличения до 100;

$x_{\min}$   $y_{\min}$ - наименьшее значение координаты, округленное в сторону уменьшения до 100.

Сетку строят квадратами 50 мм так, чтобы она была размещена по центру листа, а все точки хода смогли разместиться на ней.

Построенную координатную сетку оформляют рамкой и подписывают числами в соответствии с координатами пунктов теодолитного хода и масштабом плана, равным 1:2000.

## 2. Нанесение по координатам пунктов теодолитного хода

Нанесение по координатам пунктов теодолитного хода осуществляется в такой последовательности:

определяют по координатам пункта теодолитного хода квадрат координатной сетки, в котором должен находиться данный пункт;

затем на сторонах данного квадрата с помощью измерителя и линейки откладывают значения разностей координат пункта теодолитного хода, взятых в масштабе плана, и соответствующей линии координатной сетки. Полученные точки на обеих сторонах квадрата по осям  $x$  и  $y$  соединяют прямыми линиями, в пересечении которых получают искомый пункт теодолитного хода;

проверяют правильность нанесения смежных пунктов теодолитного хода путем сравнения измеренного расстояния между этими пунктами на плане и его горизонтальным проложением, взятым из ведомости вычисления прямоугольных координат.

### 3. Нанесение контуров местных предметов

Контуры местных предметов наносят на плане от пунктов и линий теодолитного хода теми способами, которыми они были сняты в процессе производства полевых геодезических работ. Для этого используют абрис сторон теодолитного хода индивидуального задания. Способы съемки контуров местных предметов и методика их выполнения изложены в учебнике.

### 4. Вычерчивание плана

План участка местности вычерчивают простым карандашом. Все необходимые подписи к нему выполняют также простым карандашом. Местные предметы, требующие цветного изображения, вычерчивают цветным карандашом. При работе над планом руководствуются условными знаками для топографических планов для масштаба 1:2000 [2] и образцом выполнения РГР-2 (см. приложение 2). Кроме этого на плане подписывают румбы сторон и их горизонтальные проложения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой теодолитный ход называют сомкнутым, разомкнутым, висячим?
2. По какой формуле определяют теоретическую сумму углов в сомкнутом и разомкнутом теодолитном ходе, чему она равна в Вашей работе?
3. Как определяют угловую невязку в сомкнутом и разомкнутом теодолитном ходе, чему она равна в Вашей работе и допустима ли она?
4. По какому правилу вводят поправки в измеренные значения горизонтальных углов, чтобы получить их исправленные значения?
5. Какой угол называют дирекционным, какой угол называют румбом, какова между ними связь?

6. По какой формуле вычисляют дирекционный угол последующей стороны сомкнутого (разомкнутого) теодолитного хода, если известен дирекционный угол предыдущей стороны теодолитного хода?
7. По каким формулам вычисляют приращения координат?
8. По каким формулам вычисляют линейные невязки по осям  $x$  и  $y$ , абсолютную линейную невязку и чему они равны в Вашей работе?
9. Расскажите по своему плану, как Вы наносили пункты теодолитного хода по их координатам и как контролировали правильность их нанесения?
10. Покажите на своем плане, какими способами Вы наносили контуры местных предметов?
11. Опишите последовательность действий при построении (разбивке) координатной сетки.

## **РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.**

### **ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТРАССЫ**

Цель: курсанты должны освоить методику обработки полевых измерений, полученных при изыскании, разбивке, нивелировании участка трассы, а также научиться строить профиль поверхности земли по трассе.

Состав работ:

1. Обработка журнала технического нивелирования.
2. Составление профиля поверхности земли по трассе.

Исходные данные: выдаются каждому курсанту в виде индивидуального задания, где приводятся: схема нивелирного хода по трассе с указанием номеров начального и конечного реперов и их отметок, к которым привязывается трасса в высотном отношении, выписка из журнала технического нивелирования и пикетажная книжка.

### **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ**

1. Обработка журнала технического нивелирования

Целью обработки журнала является получение (вычисление) отметок связующих и промежуточных точек по трассе.

Обработку журнала технического нивелирования производят в такой последовательности:

а) вписывают карандашом в бланк журнала технического нивелирования номера станций, нивелируемые точки и отсчеты по сторонам реек, которые приведены в индивидуальном задании, заносят отметки начального и конечного реперов, указанные в задании. При заполнении бланка журнала технического нивелирования, его первая страница должна заканчиваться полной станцией, т.е. на ней записываются отсчеты целого числа станций нивелирования;

б) вычисляют превышение  $h$  по черным и красным сторонам реек между связующими точками, при этом расхождение в превышениях, полученных по черным и красным сторонам реек, не должны быть больше 5 мм;

## Журнал технического нивелирования

Таблица 5

Нивелируемая точка	Отсчеты по сторонам рейки			Превышения		Средние превышения		Отметка горизонта прибора	Отметки		Примечание	
	черной и красной		черной	+	-	+	-		вычисленные	исправленные		
	задние	передние	промежуточные									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	R 300	1926 6612									<b>28,477</b>	H <sub>П</sub>
	ПК 0	0211 4896			1715 1716		1716			-3 30,193	30,190	
2	ПК 0	0276 4959										
	ПК 1	2736 7421				2460 2462		2461		-6 27,732	27,726	
3	ПК 1  +41,1  +70,0  ПК 2	0820 5506  2812 7496		1550 1028				1991	28,546			
						1992 1990				26,996 27,518		
								1991		-8 25,741	25,733	
4	ПК 2  +30,0  +70,0  ПК 3	0627 5311  2178 6860		1778 1103				1550	26,360			H <sub>П</sub> , H <sub>К</sub>
						1551 1549				-11 24,191	<b>24,180</b>	
								1550				
контроль		Σa= 26037	Σb= 34610		Σ+= 3431	Σ-= 12004	Σ+= 1716	Σ-= 6002	H <sub>П</sub> = 24,191 — H <sub>И</sub> = 28,477			
		Σa- Σb= -8573			Σ <sub>h</sub> = -8573		Σh <sub>cp</sub> = -4286		Σh <sub>cp</sub> = -4,286			

в) вычисляют средние превышения  $h_{cp}$  как средние арифметические значения превышений, полученных по (ч) черным и (к) красным сторонам реек. Средние превышения округляют с точностью до мм. Например, для станции № 3 (табл. 5) превышение для связующих точек ПК 1 и ПК 2 определяются:

$$h_q = Z_q - \Pi_q \quad (21a)$$

$h_q$  по черной стороне:  $0820 - 2812 = -1992$  мм,

$$h_k = Z_k - \Pi_k \quad (21b)$$

$h_k$  по красной стороне:  $5506 - 7496 = -1990$  мм. Так как полученные превышения расходятся не более чем на 5 мм  $h_q - h_k = -1992 - (-1990) = 2$  мм, то вычисляют среднее превышение  $h_{cp} = h_q + h_k / 2 = -1991$  мм, которое записывается в соответствующую графу (8) или (9) табл. 5 в зависимости от знака.

г) определяют вычисленные отметки связующих точек:

$$H_{e(n)} = H_{e(n-1)} + h_{cp}, \quad (22)$$

где  $H_{e(n)}$  - вычисленная отметка последующей связующей точки, м;

$H_{e(n-1)}$ -вычисленная отметка предыдущей связующей точки, м;

$h_{cp}$  -среднее превышение между последующей и предыдущей связующими точками, подставляемое в формулу в метрах (со своим знаком). Например, для станции № 1 отметка последующей связующей точки (ПК 0)  $H_{PK\ 0} = H_R + h_{cp} = 28,477 + 1,716 = 30,193$  м (гр. 11 табл. 5). Так как отметки точек вычисляют в метрах, то средние превышения переводят из мм в м ( $1716$  мм =  $1,716$  м).

д) выполняют постраничный контроль правильности вычислений превышений, средних превышений и определения вычисленных отметок:

$$\frac{1}{2} (\sum_a - \sum_{e'}) = \frac{1}{2} \sum h = \sum h_{cp} = H_{\Pi} - H_{H}, \quad (23)$$

где  $\sum_a$ - сумма отсчетов по черным и красным сторонам задних реек на контролируемой странице, мм;

$\Sigma_e$  - то же передних, мм;

$\Sigma_h$  - алгебраическая сумма превышений между связующими точками на контролируемой странице, мм;

$\Sigma_{h_{cp}}$  - то же средних превышений, мм;

$H_n$ -  $H_{n'}$ - отметки, соответственно последней и начальной вычисленных связующих точек на странице журнала, подставляемые в формулу в миллиметрах;

е) вычисляют фактическую высотную невязку:

$$\Delta h_\Phi = \Sigma h_{cp} - (H_{pk} - H_{ph}); \quad (24)$$

где  $\Sigma h_{cp}$  - алгебраическая сумма средних превышений между связующими точками по всей трассе нивелирования, м;

$H_{pk}$ - отметка конечного репера, м. Например:

$$\Delta h_\Phi = -4,286 - (24,180 - 28,477) = -0,007 \text{ м} = 11 \text{ мм}$$

$H_{ph}$ - то же начального, м;

ж) вычисляют допустимую высотную невязку:

$$\Delta h_{don} = 50 \sqrt{L}, \text{ мм} \quad (25)$$

где  $L$ - длина нивелирного хода, км. Например, так как длина трассы составляет 0,3 км (заканчивается пикетом № 3), то допустимая невязка:

$$\Delta h_{don} = 50 \cdot \sqrt{0,3} = \pm 28 \text{ мм};$$

з) при  $\Delta h_\Phi \leq \Delta h_{don}$  производят уравнивание вычисленных отметок связующих точек путем введения в них поправок  $\delta_{hi}$ , определяемых по формуле:

$$\delta_{hi} = \frac{-\Delta h_\Phi}{n} N_i; \text{ мм} \quad (26)$$

где  $n$ - число станций в нивелирном ходе;

$N_i$ - порядковый номер станции.

Поправки вводят со знаком, обратным знаку фактической высотной неизвзки, округляя их до мм. Например: для первой страницы поправка в превышение будет:

$$\delta_{h1} = \frac{-11}{4} \cdot 1 = -2,75 \approx -3 \text{ мм},$$

для второй станции

$$\delta_{h2} = \frac{-11}{4} \cdot 2 = -5,5 \approx -6 \text{ мм (округление к ближайшему четному числу).}$$

и) вычисляют исправленные отметки связующих точек  $H_{ucnp(i)}$

$$H_{ucnp(i)} = H_{ei} + \delta_{hi} \quad (27)$$

где  $H_{ei}$ - вычисленная отметка связующей точки, м;

$\delta_{hi}$ - поправка в вычисленную отметку связующей точки, взятая в метрах со своим знаком;

к) вычисляют отметки промежуточных точек:

$$H_c = H_{\Gamma\Gamma} - c_i \quad (28)$$

где  $H_{\Gamma\Gamma}$ - отметка горизонта прибора, м,  $H_{\Gamma\Gamma} = H'_a + a$ ;

$c_i$  - отсчет по черной стороне рейки, снятый на промежуточной точке, отметку которой определяют, подставляемый в формулу в метрах;

$H'_a$  - исправленная отметка предыдущей связующей точки, м;

$a$  - отсчет по черной стороне рейки, снятый на предыдущей связующей точке, мм , подставляемый в формулу в метрах. Например: для станции № 4 промежуточными являются точки ПК 2+ 30,0 и ПК 2+ 70,0. Для этой станции отметка горизонта прибора постоянна и вычисляется как  $H_{\Gamma\Gamma} = H_{PK2} + 3_4 = 25,733 + 0,627 = 26,360$  м (гр.10 табл.5). Отметка промежуточной точки:  $H_{PK2+30} = H_{\Gamma\Gamma} - c_1 = 26,360 - 1,778 = 24,582$  м, Отметка промежуточной точки:  $H_{PK2+70} = H_{\Gamma\Gamma} - c_2 = 26,360 - 1,103 = 25,257$  м.

## 2. Составление профиля поверхности земли трассы

Составление осуществляется в такой последовательности:

а) вычерчивают на миллиметровой бумаге сетку профиля установленного образца (см. образец выполнения РГР-3). При этом для горизонтальных расстояний принимают масштаб 1:2000 или 1:5000;

б) заполняют, руководствуясь журналом технического нивелирования и пикетажной книжкой, строки сетки профиля: “Пикеты”, “Расстояния”, “Отметки поверхности земли”. Отметки точек поверхности земли записывают с округлением до 1 см. Точки “X” в строки не заносят.

строят рейку (шкалу) высот для вертикальных расстояний в масштабе 1:200 и размечают ее таким образом, чтобы минимальная отметка поверхности земли, выбранная из отметок по всей трассе нивелирного хода и окруженная в сторону уменьшения с кратностью 2 или 5 м, была отмечена на рейке высот на расстоянии 6- 8 см от линии условного горизонта- линии верхней границы строки “План местности”;

г) восстанавливают от линии условного горизонта перпендикуляры (ординаты) против отметок связующих и промежуточных точек и по рейке высот находят и отмечают на них точки, соответствующие отметкам пикетов и промежуточных точек. Затем эти точки соединяют прямыми линиями и получают собственно профиль поверхности земли по трассе;

д) заполняют строку сетки профиля “План местности”, руководствуясь пикетажной книжкой;

е) строят линию условного плана трассы, используя данные пикетажной книжки, с изображением на ней точек углов поворота трассы в плане, данных привязки углов поворота к пикетам, направлений (румбов) участков трассы и их горизонтальных проложений. Круговые кривые рассчитывают, как указано в приложении учебника [1]. После этого осуществляют привязку начала и конца кривых к ближайшим предыдущим и последующим пикетам. Например, если начало первой кривой  $HK_1$  находится на расстоянии  $PK\ 6+28,0$ , то на линии условного плана у начала кривой пишут два числа  $28,0$  и  $72,0$  м.

Румб первого участка трассы выбирают из своего задания.

Румб последующего участка трассы определяют следующим образом:

переводят румб предыдущего участка трассы в дирекционный угол;

в зависимости от направления угла поворота трассы ( $\alpha_n$  или  $\alpha_{n-1}$ ), по его численному значению вычисляют дирекционный угол последующего участка трассы:

$$\Delta_n = \Delta_{n-1} + \alpha_{\text{прав}} \quad \text{или} \quad \Delta_n = \Delta_{n-1} - \alpha_i;$$

где  $\Delta_n$ - численное значение дирекционного угла последующего участка трассы;

$\Delta_{n-1}$ - то же начального (предыдущего);

$\alpha_n$   $\alpha_{\text{прав}}$ - численное значение угла поворота трассы соответственно вправо и влево;

полученный дирекционный угол последующего участка трассы переводят в румб.

Например, румб первого (предыдущего) участка трассы  $r_{1-2}=Ю3:25^{\circ}38'$ ; угол поворота трассы  $\alpha_n=52^{\circ}14'$ .

Необходимо определить румб последующего участка трассы  $r_{2-3}$ .

Решение

дирекционный угол предыдущего участка трассы

$$\Delta_{1-2}=25^{\circ}38'+180^{\circ}=205^{\circ}38';$$

дирекционный угол последующего участка трассы

$$\Delta_{2-3}=205^{\circ}38'-52^{\circ}14'=153^{\circ}24';$$

румб последующего участка трассы

$$r_{2-3}=180^{\circ}-153^{\circ}24'=26^{\circ}36';$$

$$r_{2-3}=ЮВ:26^{\circ}36'.$$

Оформление работы производят на миллиметровке формата А3. Продольный профиль трассы, все необходимые подписи на чертеже, за исключе-

нием строки “Линия условного плана”, выполняют простым карандашом. Заполнение строки сетки профилей “Линия условного плана” выполняют тушью или карандашом красного цвета. Поперечный профиль трассы строится аналогично продольному, обычно в масштабе 1:500 для горизонтальных и вертикальных расстояний. На нем соединяют отметки точек поперечника, расположенных справа и слева от точки трассы. Чертеж профиля участка трассы оформляют в соответствии с образцом выполнения РГР- 3.

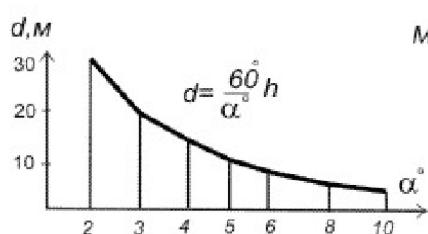
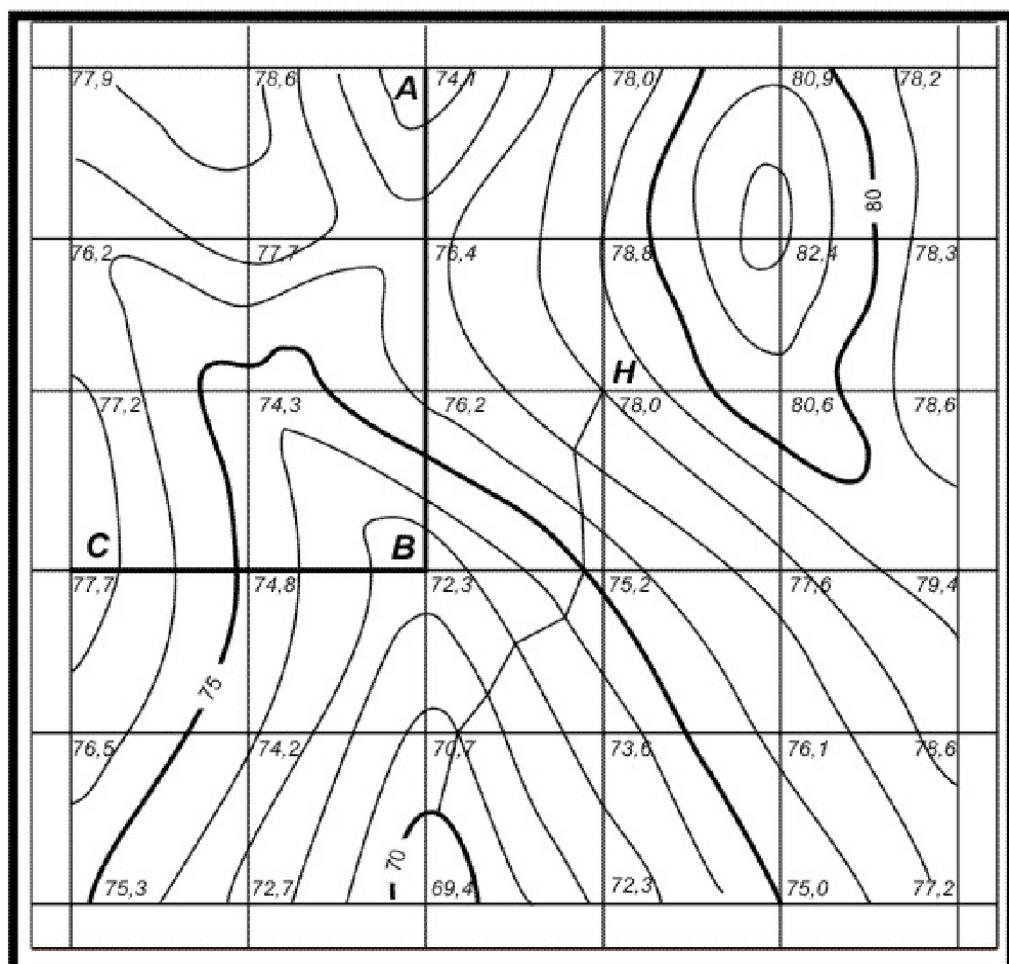
## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие точки нивелирного хода называются связующими и промежуточными? Приведите по своему журналу технического нивелирования примеры связующих и промежуточных точек.
2. По какой формуле выполняют постраничный контроль вычисления превышений, средних превышений и вычисленных отметок?
3. По какой формуле вычисляют фактическую высотную невязку нивелирного хода, проложенного между реперами, и чему она равна в Вашей работе?
4. По какой формуле вводят поправки в вычисленные отметки, чтобы получить исправленные отметки связующих точек?
5. По какой формуле вычисляют отметку горизонта прибора?
6. По какой формуле вычисляют отметку промежуточной точки?
7. Расскажите, как можно определить направление (румб) последующего участка трассы, если известно направление (румб) предыдущего участка трассы и угол поворота трассы.
8. Опишите последовательность действий при построении профиля поверхности земли по трассе.

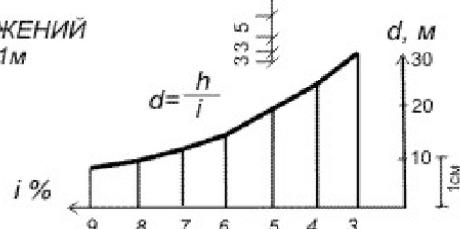
## ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ 1

*Формат А4*

### ПОСТРОЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЕЙ



МАСШТАБ ЗАЛОЖЕНИЙ  
для 1:1000 и  $h=1м$



Выполнил:

**ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ 2**

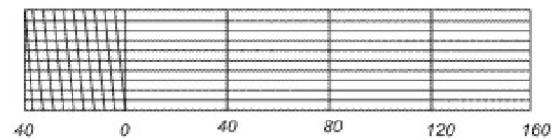
(Формат А3)



1:2000

в 1 сантиметре 20 метров

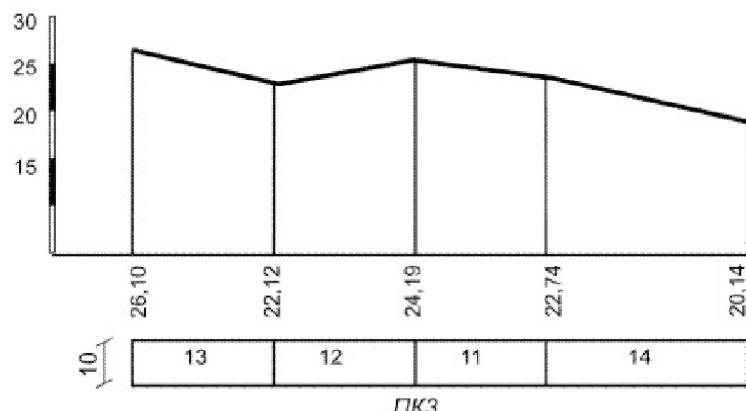
№ п.п	X	Y
1	1000,00	1000,00
2	1248,31	1085,10
3	1246,60	1311,67
4	1017,48	1377,31
5	950,46	1211,15
6	1125,44	1140,46
7	1123,43	1229,48



Выполнил:

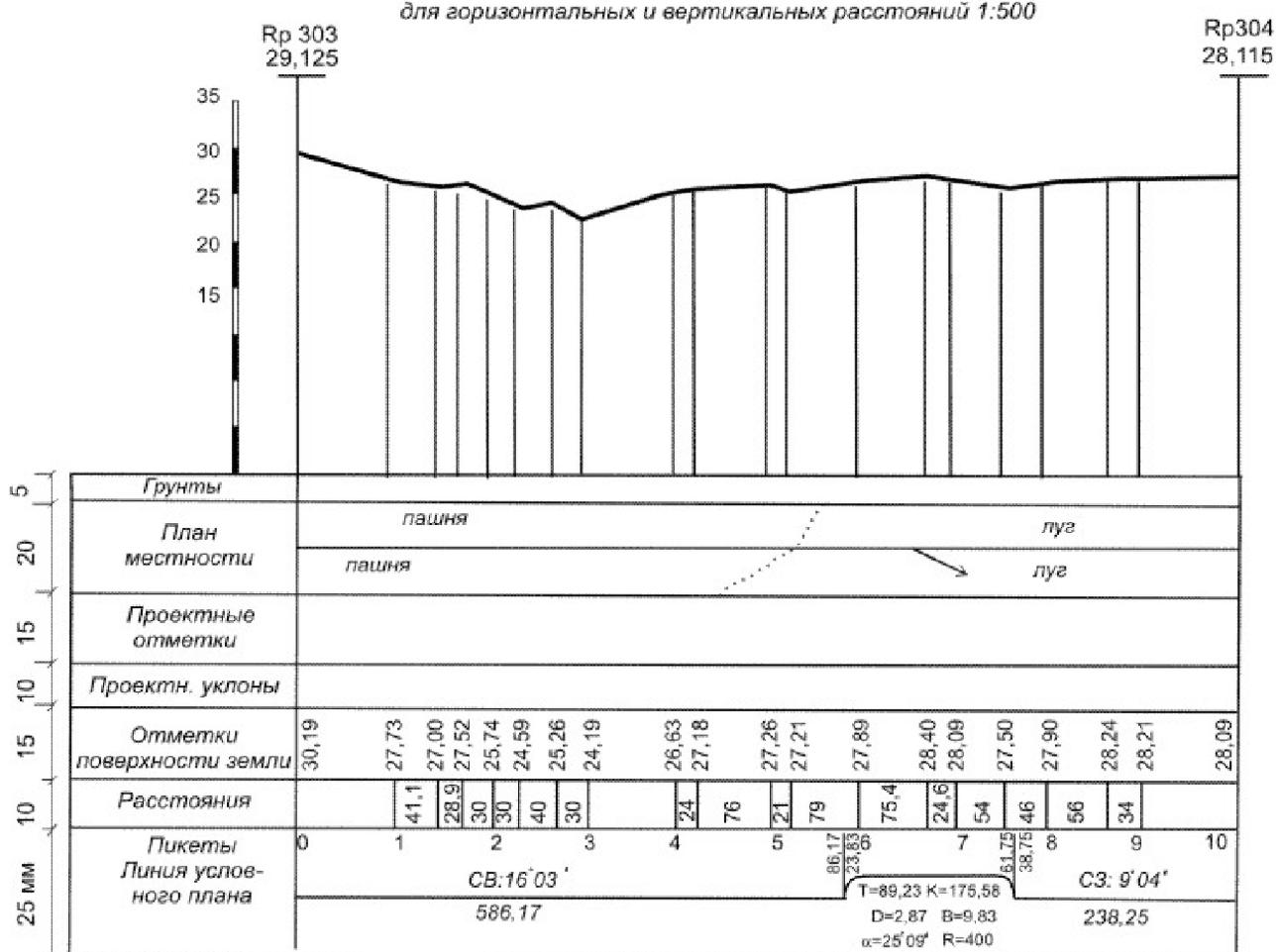
Принял:

**ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ 3 (Формат А3)**  
**10<sup>6</sup> ПРОДОЛЬНЫЙ И ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛИ**



ЛК3

Масштабы поперечного профиля:  
для горизонтальных и вертикальных расстояний 1:500



Масштабы продольного профиля:  
для горизонтальных расстояний 1:5000  
для вертикальных расстояний 1:500

Выполнил:

Проверил:

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Расчетно-графическая работа № 1 «Построение горизонталей»	3
Расчетно-графическая работа № 2 «Построение плана участка трассы инженерной сети»	11
Расчетно-графическая работа №3 «Построение профиля трассы участка инженерной сети»	26
Приложения	34
Литература	38

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонюк Н.К. Инженерная геодезия. СПб. , 2000.
2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М. , 1989.
3. Сборник упражнений по инженерной геодезии. Л. , 1984.

к.т.н. Аболин Евгений Рудольфович

Григас Константин Эдуардович

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ**

Редактор

Корректор

Подписано в печать