

# Лабораторная работа №7

**Тема:** *Устройство нивелиров. Обработка результатов нивелирования линейного объекта. Построение профиля геометрического нивелирования*

**Цель:** *Освоить обработку журнала технического нивелирования, в том числе изучить особенности вычисления высотных отметок связующих и промежуточных точек.*

**План :**

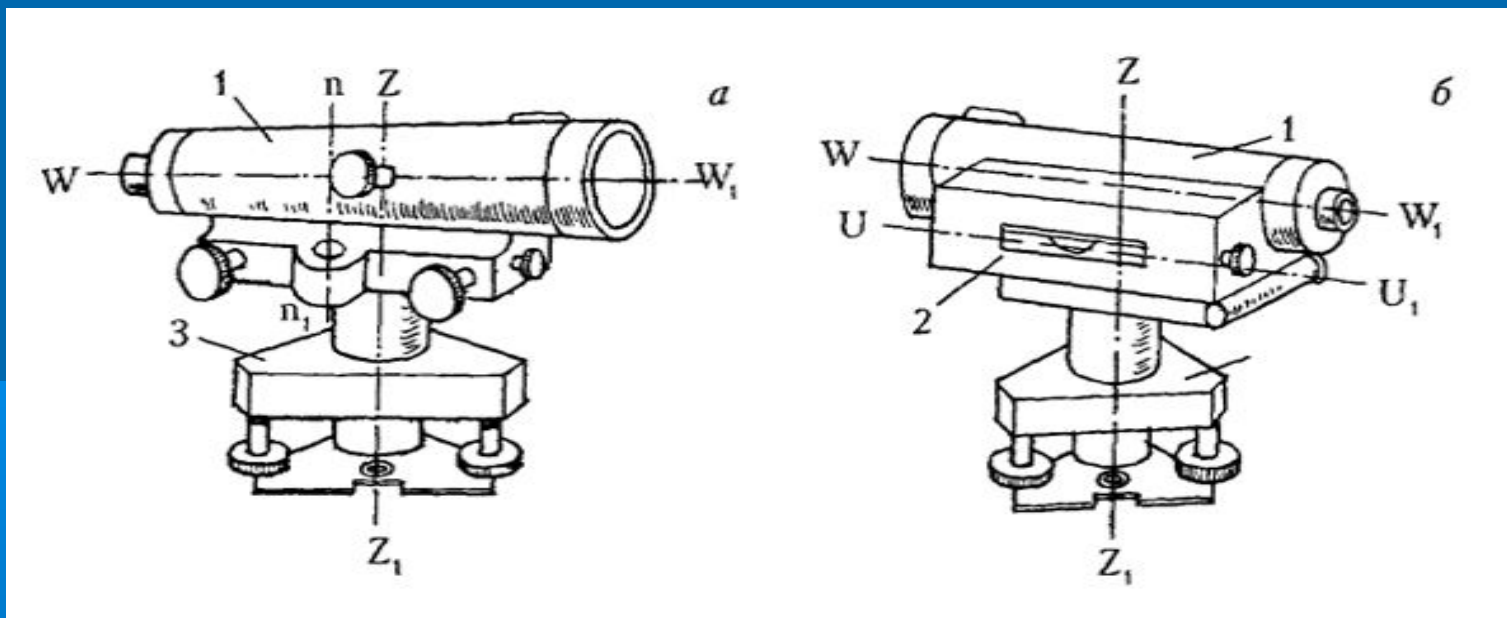
- 1. Устройство нивелиров
- 2. Обработка результатов нивелирования линейного объекта
- 3. Порядок обработки журнала технического нивелирования
- 4. Построение профиля местности

# 1. Устройство нивелиров

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для определения превышений между точками горизонтальным углом визирования

Нивелир любой конструкции состоит из трех основных частей (рис):

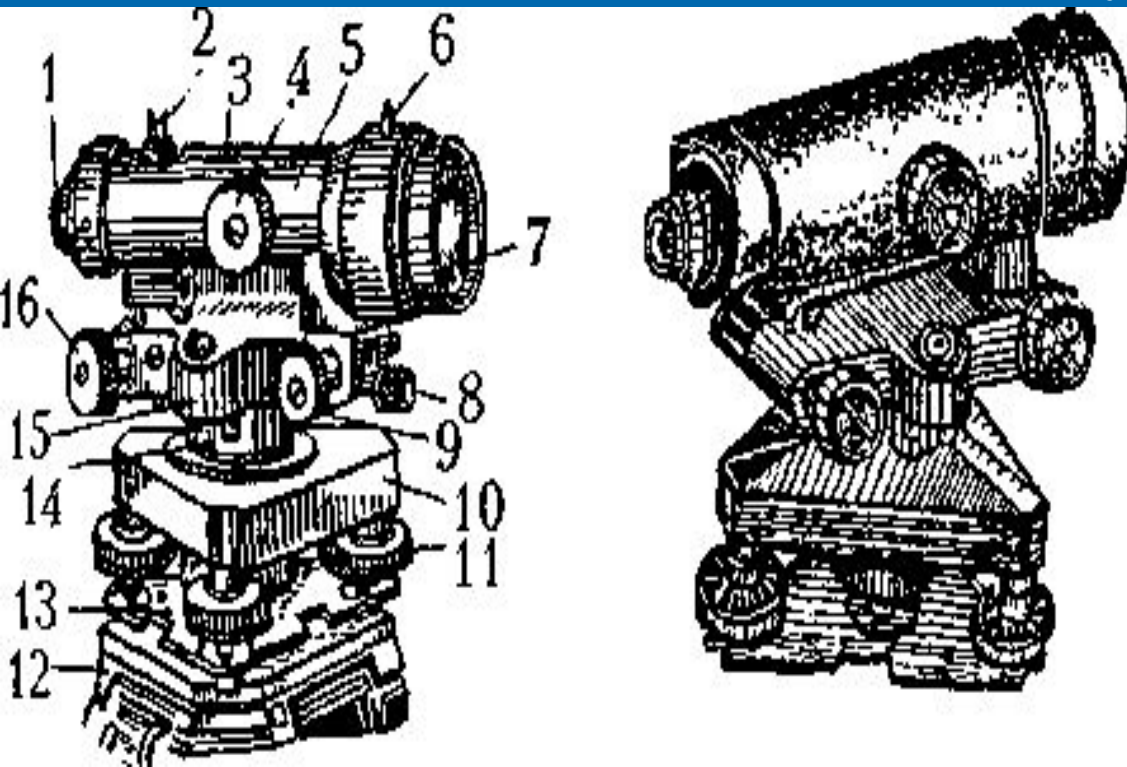
- зрительной трубы – 1;
- устройства для обеспечения горизонтальности линии визирования – 2;
- подставки с устройством для установки прибора в рабочее положение – 3.



Устройство нивелира: 1–зрительная труба, 2–цилиндрический уровень, 3–подставка; Z–Z1 – ось вращения нивелира, W–W1 – визирная ось, U–U1 – ось цилиндрического уровня

Современные нивелиры делятся на две группы: 1) нивелиры с цилиндрическими уровнями (уровенные нивелиры); 2) нивелиры с компенсаторами, автоматически устанавливающими визирную ось трубы в горизонтальное положение.

В соответствии с ГОСТ 10528-76 предусмотрен выпуск нивелиров трех групп: высокоточные (Н-05), точные (Н-3) и технические (Н-10). В шифре прибора цифры 0,5; 3; 10 означают среднюю квадратическую погрешность определения превышений в мм на 1 км двойного хода. Уровенные нивелиры добавочных обозначений в шифре не имеют, для нивелиров с компенсаторами добавляется буква К (например Н-3К). Нивелиры типа Н-3 и Н-10 могут быть также с лимбами для измерения горизонтальных углов. При наличии лимба в шифре прибора добавляется буква Л (например, Н-10КЛ).

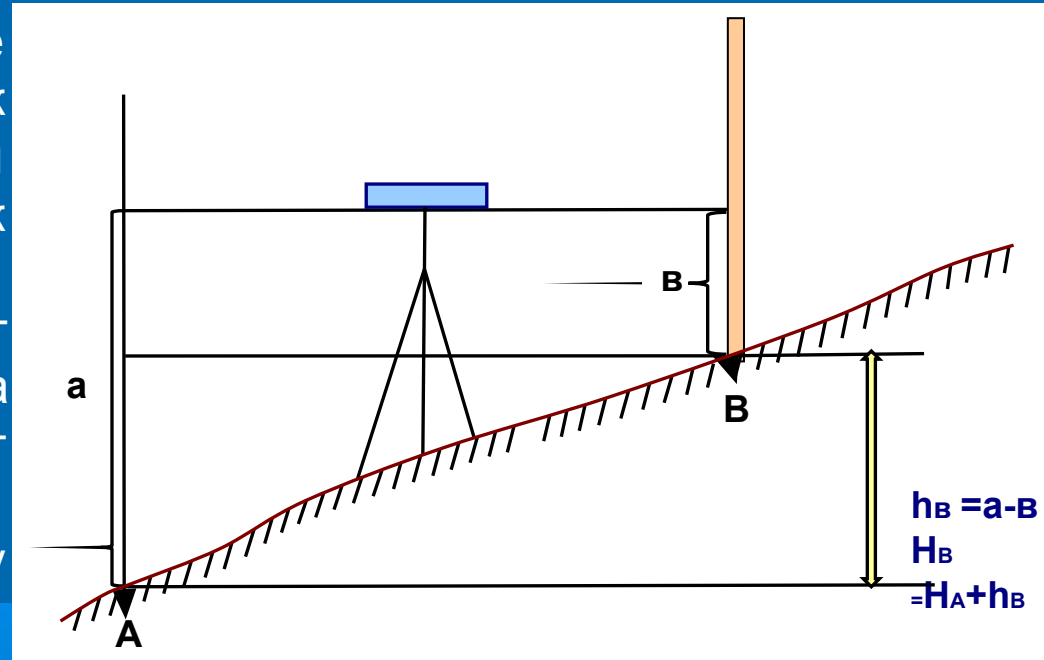


1 - окуляр, 2 - целик;  
3 - цилиндрический уровень;  
4 - кремальера для фокусировки;  
5 - труба; 6 - мушка; 7 -  
объектив; 8, 9 -  
закрепительный и наводящий  
винты трубы;  
10 - подставка; 11 - подъемный  
винт; 12 - головка штатива;  
13 - трегер; 14 - втулка;  
15 - круглый уровень;  
16 - элевационный винт; нивелир  
Н-3 (б); поле зрения НВ-1, Н-3 (в)

## 2. Обработка результатов нивелирования линейного объекта

Для определения превышения на точки, между которыми необходимо определить превышение, устанавливают двусторонние нивелирные рейки, а между ними – нивелир (при нивелировании из середины).

Нивелир приводят в рабочее положение, устанавливая пузырек круглого уровня в центр. Рейки поворачивают черной стороной к нивелиру, трубу наводят на заднюю рейку и, приведя в контакт изображения концов пузырька цилиндрического уровня, снимают отсчет  $a_c$  («а» чёрное). Затем визируют трубу на переднюю рейку и снимают отсчет  $b_c$  («б» чёрное).



После этого рейки переворачивают красной стороной к нивелиру и снимают отсчет по передней рейке  $b_{kr}$  («в» красное). Поворачивают трубу вновь на заднюю рейку и снимают отсчет  $a_{kr}$  («а» красное).

Превышения из отсчетов, снятых по черной и для контроля – по красной сторонам рейки вычисляются по следующим формулам:

$$h_{ч} = a_{ч} - b_{ч} \qquad h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}$$

При разнице  $h_{ч} - h_{кр}$  не более 5 мм, в качестве вероятного значения превышения берут среднее:

$$h_{cp} = \frac{h_{ч} + h_{кр}}{2}$$

При большей величине  $h_{ч} - h_{кр}$  измерения повторяют, добиваясь допустимой погрешности.

Пример 1. Если  $a_{ч} = 2685$ ,  $b_{ч} = 1290$ ,  $a_{к} = 7452$ ,  $b_{к} = 6060$

то  $h_{ч} = a_{ч} - b_{ч} = 2685 - 1290 = 1395$      $h_{к} = a_{к} - b_{к} = 7452 - 6060 = 1392$

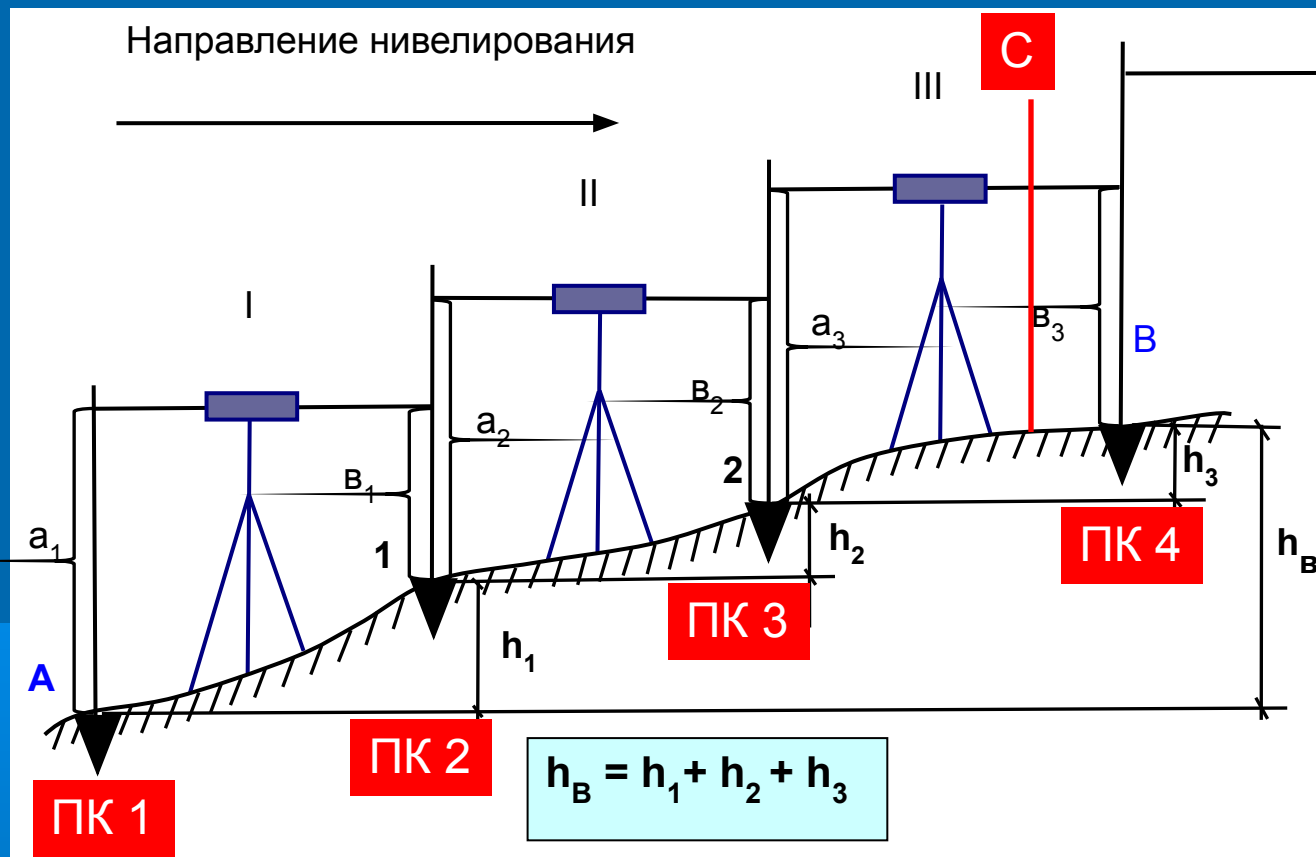
$$h_{cp} = \frac{1395 + 1392}{2} = 1393,5$$

При последовательном нивелировании линия АВ разбивается на части, каждая из которых нивелируется с одной станции. Установив нивелир на станции I, берут отсчёты  $a_1$  и  $b_1$  по задней и передней рейкам и определяют превышение ПК2 относительно ПК1. Затем заднюю рейку 1 из точки ПК1 переносят на ПК2, нивелир устанавливают на станции II и, взяв отсчёты по рейкам  $a_2$  и  $b_2$ , находят превышение  $h_2$  и т.д.

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

$$h_n = a_n - b_n$$



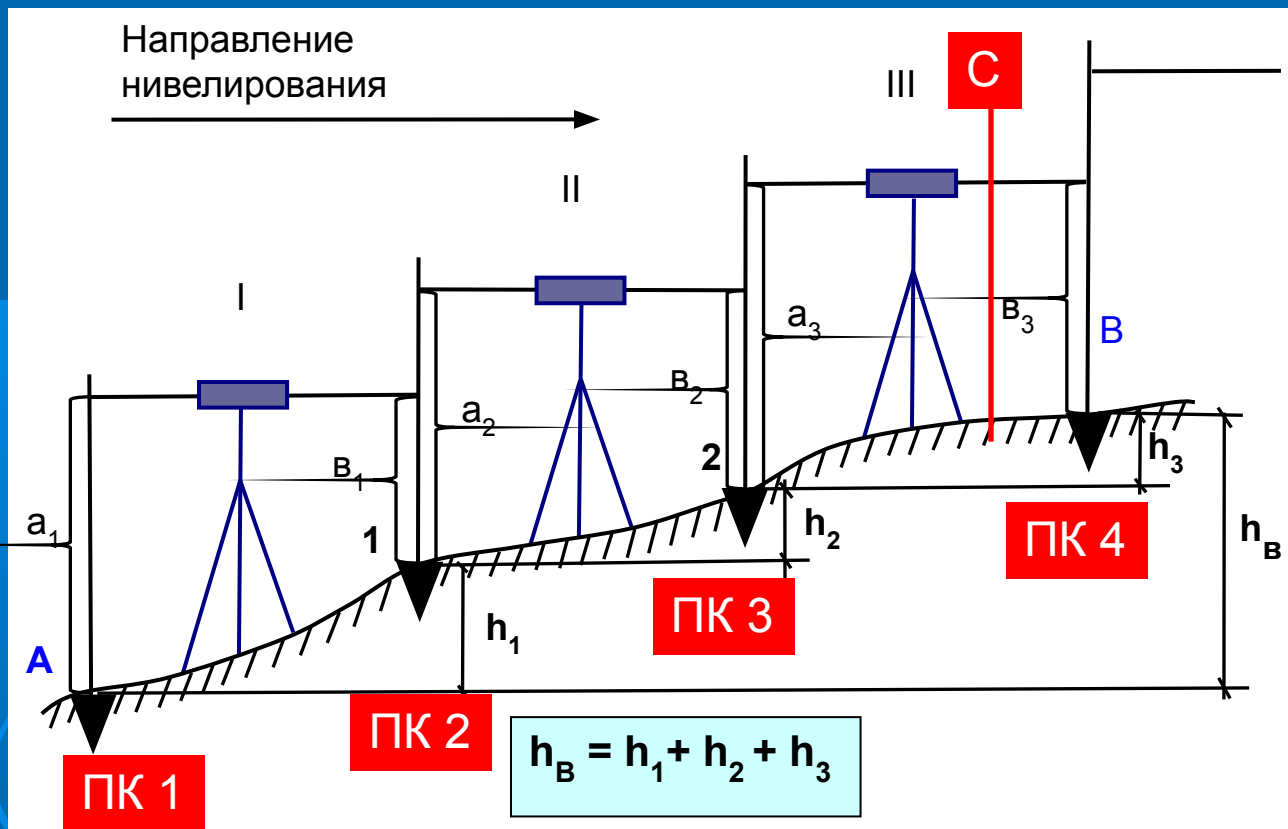
При последовательном нивелировании образуется нивелирный ход, в котором точки ПК1, ПК2 ... ПК $n-1$ , являющиеся общими для двух смежных станций (т.е. передними на предыдущей и задними на последующей станциях), называются связующими. Точки установки рейки, расположенные между связующими точками, называются промежуточными (например, точка С). Они служат обычно для получения характерных точек рельефа.

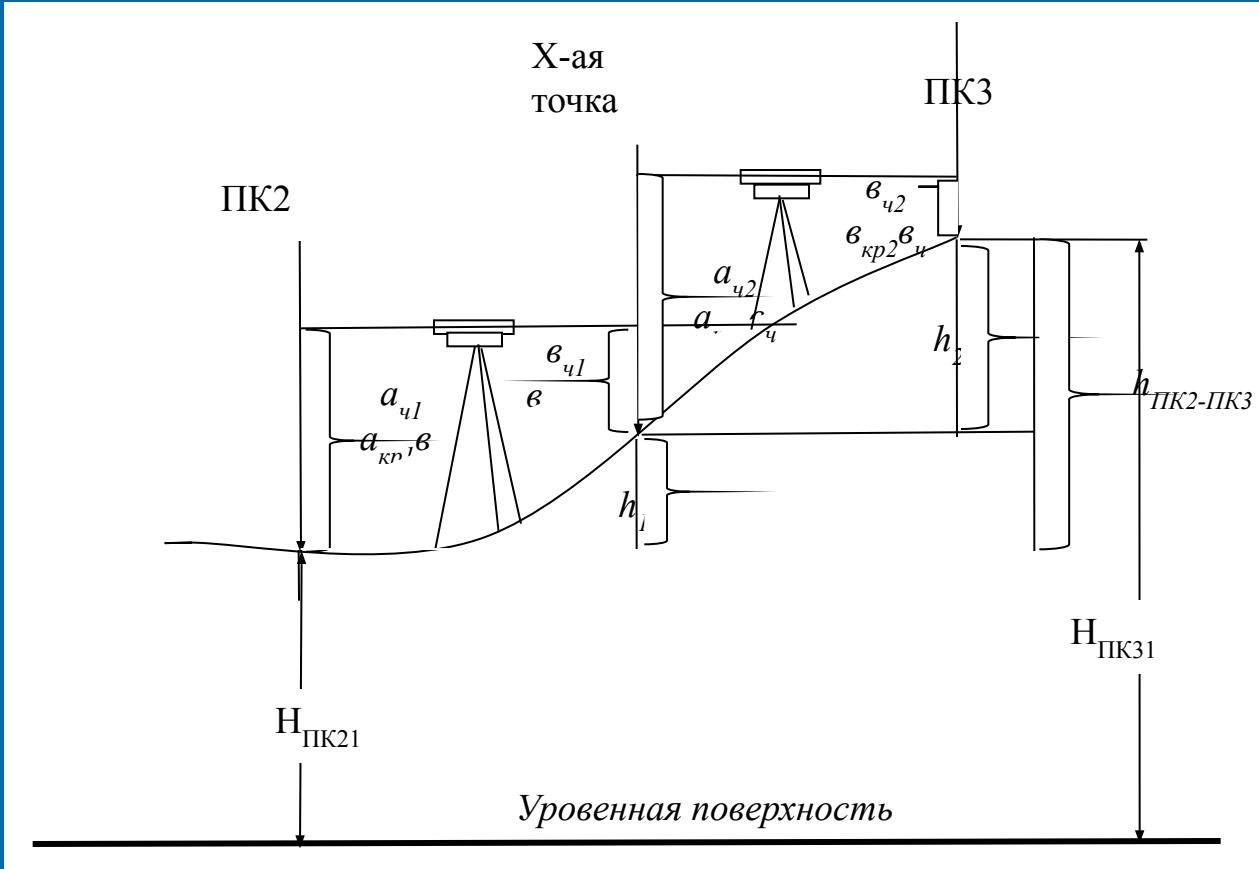
Определив превышения между связующими точками можно последовательно вычислить их отметки:

$$H_{ПК2} = H_{ПК1} + h_1 \quad H_{ПК3} = H_{ПК2} + h_2 \quad H_{ПКn} = H_{ПКn-1} + h_n$$

Отметки промежуточных (плюсовых) точек вычисляют через горизонт инструмента после определения отметок связующих точек. Так, отметка промежуточной точки С на станции I будет

$$H_C = H_{ГИ} - c_ч, \quad ГИ = H_1 + a_1 = H_2 + b_1,$$





### Схема нивелирования при возникновении иксовых точек

При продольном нивелировании может возникнуть ситуация, когда луч визирования нивелира либо упирается в склон, либо не хватает высоты рейки. В этом случае расстояние между пикетами разбивают на два (и более) отрезка, каждый из которых нивелируют методом из середины. Тогда превышение между двумя пикетами  $h$  равно сумме превышений между предыдущим пикетом и X-й точкой и между X-й точкой и последующим пикетом:

$$h_{ПК2-ПК3} = h_{ПК2-X} + h_{X-ПК3} = h_1 + h_2$$



# Порядок обработки журнала технического нивелирования

## Журнал технического нивелирования (заполненный образец)

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента ГИ, мм	Отметки точек, м
		задней з	передней п	промежут пр.	наблюдене. h	средние h <sub>ср.</sub>	исправл. h <sup>и</sup>		
1	ПК0	0540	2432		- 1892	+5	-1887	199,626	199,086
	ПК1	5307	7200		- 1893	- 1892			197,199
	+40			2355			197,271		
2	ПК1	2630	0526		2104	+5	2111		197.199
	x	7400	5292		2108	2106			199.310
3	x	1926	0418		1508	+6	1514		
	ПК2	6695	5187		1508	1508			200,824
4	ПК2	1245	1357		- 112	+6	-106	202,065	
	ПК3	6013	6124		- 111	- 112			200,718
	+55			0917			201,147		
5	ПК3	1872	0836		1036	+6	1042	202,582	200.718
	ПК4	6640	5603		1037	1036			201,760
	+28			1907			200,675		
		Σз=40268	Σп=34975		Σ=5293	Σ=2646	Σ=2674		

Σ з - Σ п = 5293 мм;

h<sub>трассы ист.</sub> = 2 674 мм;

f<sub>h</sub> = -28 мм;

Δ f<sub>h</sub> = +5; +5; +6; +6; +6.

# Порядку обработки журналов технического нивелирования

1. Рассчитать превышения по формулам:  
Результаты записать в соответствующие строки графы 6 таблицы.
  2. Рассчитать средние превышения между пикетами (графа 7).
  3. Если между пикетами имеются иксовые точки, то сначала нужно рассчитать наблюденные (по чёрной и красной сторонам рейки) и средние превышения между начальным пикетом и иксовой точкой, затем между иксовой точкой и конечным пикетом, и только затем – общее среднее превышение между пикетами (например, между ПК 1 и ПК2 в табл. 6).
  4. Рассчитать сумму отсчетов по задней рейке ( $\Sigma_3$ ) (графа 3);
  5. Рассчитать сумму отсчетов по передней рейке ( $\Sigma_n$ ) (графа 4);
  6. Найти разницу двух сумм ( $\Sigma_3 - \Sigma_n$ ); полученное значение представляет удвоенное превышение по профилю;
- Для контроля правильности расчетов определить сумму наблюденных превышений  $\Sigma_h$  (графа 6). Она должна быть равна разности сумм задних и передних отсчётов ( $\Sigma_3 - \Sigma_n$ );

1. Также для контроля правильности расчетов определить сумму средних наблюденных превышений  $\Sigma h_{cp}$  (графа 7). Она должна быть равна половине суммы наблюденных превышений  $\Sigma_h$ ;
2. Высотную погрешность (невязку нивелировочного хода), допущенную в процессе нивелирования, определяют следующим образом:

$$fh_{расчётн.} = \sum h_{cp} - h_{трассы\ ист.}$$

где  $h_{трассы\ ист.} = H_{конец} - H_{начало}$ ;  $H_{конец}$  – абсолютная отметка конца трассы (НА ПК4);  $H_{начало}$  – абсолютная отметка начала трассы (НА ПК0).

# Порядок обработки журнала технического нивелирования

10. Полученное значение *высотной невязки* необходимо сравнить с допустимым значением, рассчитываемым следующим образом:

$$fh_{\text{доп.}} = \pm 50 \text{ (мм)} \sqrt{L \text{ (км)}} = \text{(мм)}$$

где  $L$  – длина трассы в километрах (так как в рассматриваемом примере 4 пикета, расстояние между которыми 100 м, то общая длина трассы 400 м или 0,4 км).

11. При соблюдении условия  $fh_{\text{расчетн.}} \leq fh_{\text{доп}}$  *высотная невязка разбрасывается относительно равномерно с обратным знаком на все  $h_{\text{ср.}}$*  (например, если  $fh_{\text{расчетн.}} = -23,5$  мм, то для  $h_{\text{ср.1}}$  поправка будет +6 мм, для  $h_{\text{ср.2}}$  +6 мм,  $h_{\text{ср.3}}$  + 6 мм и для  $h_{\text{ср.4}}$  +6,5 мм). Значение поправки записывают красной пастой в графу 7. Полученные значения исправленных превышений проставляются в графу 8.

12. Для контроля суммируют все исправленные превышения ( $\Sigma h_i$ ). Полученное значение должно равняться истинному превышению трассы  $h_{\text{трассы ист.}}$ .

13. Определить абсолютные отметки пикетных точек (абсолютные отметки начального – НА ПК0 и конечного – НА ПК4 пикетов трассы даны в задании):

$$\text{НА ПК1} = \text{НА ПК0} \pm (h_{\text{пк0-пк1}});$$

$$\text{НА ПК2} = \text{НА ПК1} \pm (h_{\text{пк1-пк2}}); \text{ и т.д.} \quad (61)$$

Результат заносят в графу 10 в строки, соответственно пикетам.

# Порядок обработки журнала технического нивелирования

14. Для определения абсолютных отметок плюсовых точек необходимо для каждой станции определить горизонт инструмента *НГИ* – расстояние от уровня моря до оси визирования прибора (данная величина на каждой станции будет иметь разное значение). *НГИ* рассчитывается через задний и передний пикеты:

$$НГИ = НА_{ПК0} + ач; \quad НГИ = НА_{ПК1} + вч. \quad (62)$$

Если разница этих значений не превышает  $\pm 5$  мм, то определяют среднее значение высоты горизонта инструмента.

15. Абсолютные отметки для плюсовых точек *С* рассчитывают по формуле 58.



### 3. Построение профиля местности

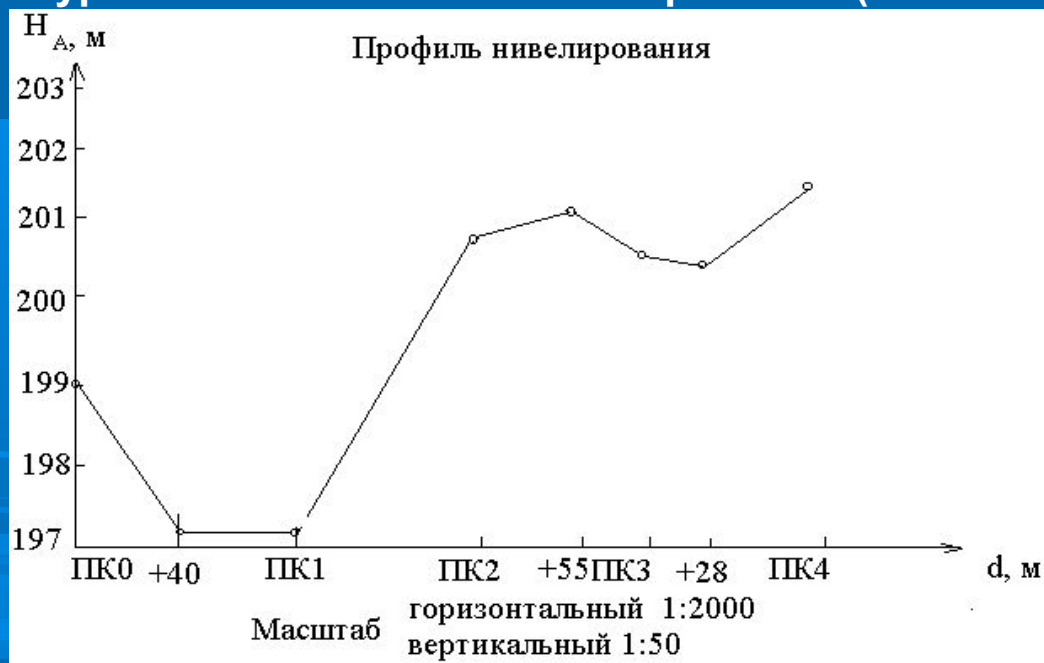
Профиль технического нивелирования строят на миллиметровой бумаге в двух масштабах – горизонтальном и вертикальном, причём последний принято брать в 5–10 раз крупнее. Построение профиля начинают с проведения горизонтальной прямой – линии условного горизонта, равной длине трассы в выбранной горизонтальном масштабе (отступив от нижнего края миллиметровой бумаги на 50–60 мм). Высоту условного горизонта профиля выбирают меньше минимальной отметки на магистрали таким образом, чтобы линия профиля располагалась выше неё на 3–4 см (рис. 7.5).

В горизонтальном масштабе на линии условного горизонта откладывают расстояние между пикетами и плюсовыми (промежуточными) точками.

Ниже линии условного горизонта располагаются номера пикетов и плюсовых точек.

На рисунке 7.5 (масштаб рисунка уменьшен) приведён профиль нивелирования, построенный по результатам обработки журнала технического нивелирования (табл. 6.2).

На рисунке 7.5 (масштаб рисунка уменьшен) приведён профиль нивелирования, построенный по результатам обработки журнала технического нивелирования (табл. 6.2).



## 4. Индивидуальное домашнее задание

