

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

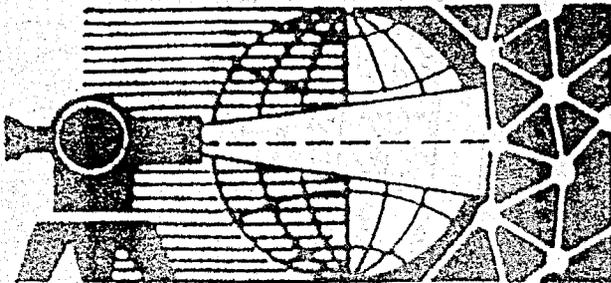
по дисциплине:

**"Инженерная геодезия"**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Часть III

**"Нивелирные работы"**



Брест 1999

В указаниях изложены требования к обработке результатов измерений, полученных в процессе выполнения лабораторных работ. Дана методика выполнения лабораторных работ.

Настоящие методические указания являются практическим руководством при выполнении лабораторных работ и предназначены для студентов I курса специальностей Т.19.01, Т.19.06, дневной и заочной формы обучения.

Составители: Н. В. Синякина, доцент, к. т. н.,  
В. П. Жукова, ассистент

Рецензент: Т. В. Шулякова, доцент, к. т. н., заведующая кафедрой сельскохозяйственной академии г. Горки.

## Лабораторная работа №1

### Изучение устройства нивелиров и нивелирных реек

#### 1.1. Общие сведения:

Нивелир – геодезический, оптико-механический прибор, предназначенный для определения превышения между точками при помощи горизонтальной линии визирования и нивелирных реек, установленных вертикально в этих точках (рис.1.1.1). На рис.1.1.1  $a$  и  $b$  – расстояния от точек  $A$  и  $B$  до горизонтального визирного луча,  $h$  – превышение.

$$h = a - b \quad (1.1)$$

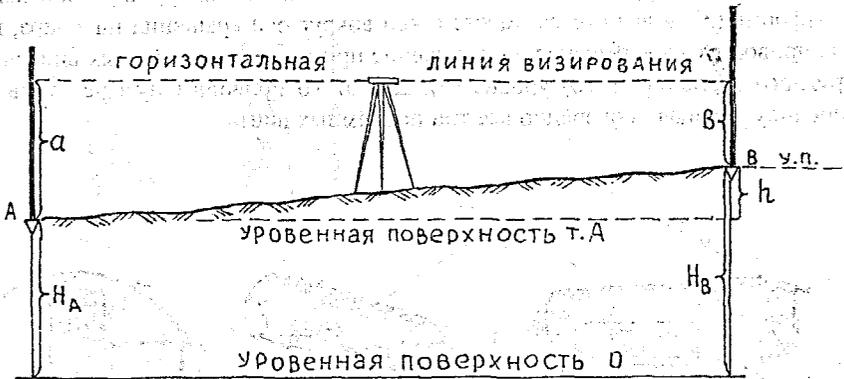


Рис 1.1.1. Схема геометрического нивелирования способом "из середины".

Зная превышение  $h$  и высоту (отметку)  $H_A$  точки  $A$ , можно вычислить высоту  $H_B$  точки  $B$

$$H_B = H_A + h \quad (1.2)$$

Если  $a < b$ , то превышение  $h$  будет иметь знак " – ". Тогда  $H_B < H_A$ .

Высоту точки  $B$  можно определить с помощью горизонта прибора, то есть высоты  $H_i$  его горизонтального визирного луча

$$H_i = H_A + a; H_B = H_i - b \quad (1.3)$$

Из изложенного следует, что главная идея нивелира, его сущность – это горизонтальная визирная ось зрительной трубы.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают нивелиры с уровнями и компенсаторами.

## 1.2. Устройство нивелира НЗ.

Нивелир НЗ является точным нивелиром с цилиндрическим уровнем и предназначен для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км хода.

Основными техническими характеристиками нивелира НЗ являются увеличение зрительной трубы (30<sup>x</sup>), цена деления круглого уровня (10') и цена деления цилиндрического уровня (15").

Основными частями нивелира рис.1.2.1, а, б являются зрительная труба с цилиндрическим уровнем (1) и подставка (2). Зрительная труба установлена на платформе (3) и вращается вместе с ней вокруг оси вращения нивелира, которая приводится в вертикальное положение при помощи подъёмных винтов (4) и круглого (установочного) уровня (5). Для этого приводим пузырёк уровня на середину, вращая поочерёдно все три подъёмных винта.

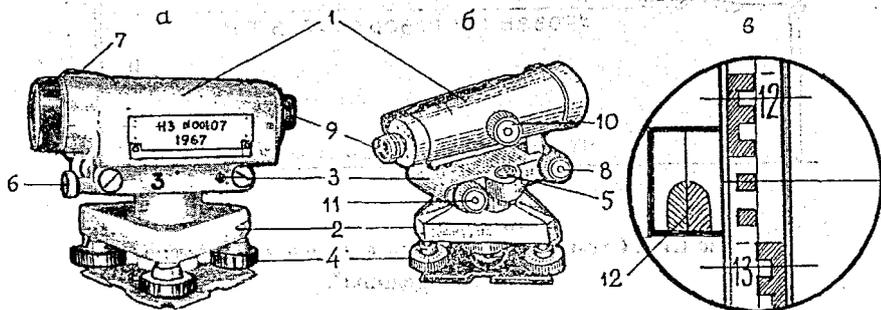


Рис.1.2.1. Нивелир НЗ

а, б – общий вид; в – поле зрения зрительной трубы

При этом визирная ось будет приблизительно горизонтальна. Далее открепляем закрепительный винт (6) и при помощи механического визира (7) наводим трубу на объект (нивелирную рейку). Затем выполняем точное наведение наводящим винтом (8). Смотрим в трубу через окуляр (9) и устанавливаем трубу по глазу (чёткое изображение сетки нитей) путём вращения окуляра. Установку трубы по предмету (чёткое изображение делений рейки) осуществляем вращением винта кремальеры (10).

И затем приводим визирную ось в горизонтальное положение при помощи цилиндрического уровня вращением элевационного винта (11) пока в оптическом окне поля зрения трубы (рис.1.2.1.в) не будет наблюдаться оптический контакт концов пузырька (12). В этот момент можно брать отсчёт по рейке.

### 1.3. Нивелирные рейки.

В комплекте с нивелиром НЗ применяют нивелирные рейки РНЗ трёх или четырёхметровые, шашечные с сантиметровыми делениями с оцифрованными дециметрами, двусторонние (рис.1.3.1.а, б).

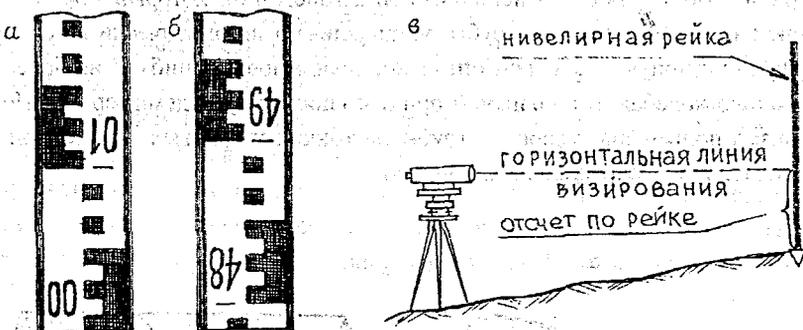


Рис 1.3.1. Нивелирные рейки: а - черная сторона; б - красная сторона; в - отсчёт по рейке

Основная шкала (чёрная сторона) начинается с нуля, совмещенного с пятой рейки. На дополнительной шкале (красная сторона) начальный отсчёт выражается каким-либо произвольным числом, например 4785. Разность отсчётов по красной и чёрной сторонам рейки должна оставаться всегда постоянной, что является контролем правильности отсчётов (Таблица 1.3.1.).

Каждый дециметр рейки подписан перевёрнутыми цифрами (рис.1.3.1.а, б), а в трубе нивелира видно их прямое изображение (рис.1.2.1.в).

Отсчёт по рейке – это расстояние от пятки рейки, вертикально установленной на точке, до горизонтальной визирной оси нивелира, которая фиксируется горизонтальной средней нитью сетки (рис.1.3.1.в; рис.1.2.1.в).

Отсчёт состоит из четырёх цифр. При этом доли сантиметровых делений оцениваются на глаз. На рис.1.2.1.в отсчёт – 1264 мм.

Определение разности нулей рейки.

Таблица 1.3.1.

№ станции	№ рейки	Отсчёты, мм		Разности Отсчётов	Средняя разность
		Красная ст.	Чёрная ст.		
		5310	0526	4784	
3	1	5315	0532	4783	4784
		5321	0536	4785	

1.4. Конструктивные особенности нивелира НЗК.

Главная особенность – призмный компенсатор, состоящий из двух призм – подвижной 1 и неподвижной 2 (рис.1.4.б), который при малых углах наклона ( $15'$ ) зрительной трубы, устанавливает автоматически в течение двух секунд визирную ось в горизонтальное положение с ошибкой не более  $0''{,}5$ . Затуханию колебаний подвижной призмы способствует демпфер (3). Подвижная призма подвешена к корпусу трубы на тонких кварцевых или нейлоновых нитях. Призма 2 закреплена неподвижно.

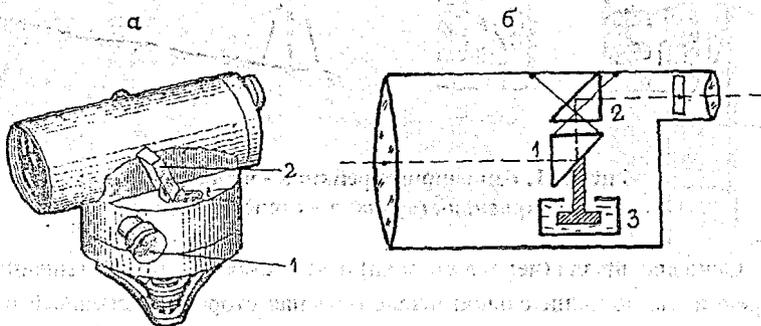


Рис.1.4.1. Нивелир НЗК: а – общий вид; б – схема призмного компенсатора.

У нивелира НЗК отсутствует закрепительный винт, а есть винт бесконечной наводки (1). Труба нивелира перископическая, то есть с ломаной визирной осью. Круглый уровень снабжён откидным зеркалом (2) для удобства наблюдения пузырька. Технические данные такие же как и у НЗ.

Нивелир на станции приводят в рабочее положение при помощи круглого уровня и подъёмных винтов, после чего визирная ось, преломляясь от наклонной грани подвижной призмы, займёт горизонтальное положение. Затем берут отсчёт по рейке.

#### 1.4. Определение превышения между двумя точками способом «из середины».

Нивелир устанавливают посередине между точками (рис. 1.1.1.). Приводят ось вращения нивелира в вертикальное положение при помощи подъёмных винтов и круглого (установочного) уровня.

Визируют на заднюю рейку, приводят элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня в оптический контакт и берут отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки. Записывают отсчёты в графу №3 журнала технического нивелирования (табл. 1.4.1.). В графе контроль вычисляют разность нулей рейки (для контроля).

Затем выполняют аналогичные действия, наведя трубу на переднюю рейку, и записывают отсчёты в графу №4.

Превышения, вычисленные по формуле (1.1.) по «чёрным» и «красным» отсчётам не должны отличаться более чем на 5 мм. Превышения записывают в графу №6. Выводят среднее превышение, округляя до 1 мм, и записывают его в графу №7.

Журнал технического нивелирования.

Таблица 1.4.1.

№№ станций	№№ точек	Отсчёты, мм			Превышения, мм			Горизонт инстр.	Высоты точек
		З	П	Пр.	Выч.	Сред.	Испр.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	А	6620	6413		207				
1		1835	1630		205	206			
	В								
Контроль		4785	4783		2				

#### Задание к лабораторной работе №1.

1. Изучить устройство нивелира и приобрести практические навыки работы в соответствии с методическими указаниями (1.2).
2. Научиться брать отсчёты по рейке и делать контроль в соответствии с 1.3.

3. Определить превышение между двумя точками в соответствии с 1.4.

Результаты, полученные при выполнении задания оформить в таблицах 1.3.1. и 1.4.1.

### Примечание.

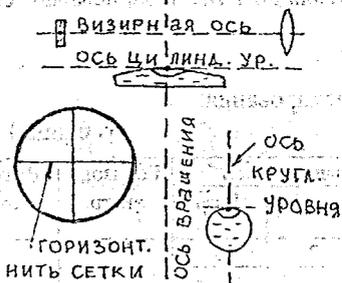
При выполнении пункта 2 задания менять высоту визирной оси, поднимая или опуская одновременно три подъёмных винта, чтобы получить различные отсчёты, по рейке.

## Лабораторная работа №2

### Проверки и юстировки нивелиров НЗ и НЗК.

Геометрические оси нивелиров должны быть правильно расположены, то есть взаимно попарно параллельны или перпендикулярны. В противном случае возникают инструментальные погрешности.

Действия, связанные с выявлением погрешностей, называются **проверки**, а устранение погрешностей – **юстировки**. С учётом схемы геометрических осей (рис.2.1.) в нивелире НЗ должны соблюдаться следующие условия:



1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.
2. Средняя горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.
3. Ось цилиндрического уровня у нивелира НЗ должна быть параллельна визирной оси.

Рис.2.1. Схема геометрических осей нивелира НЗ.

Визирная ось у нивелира НЗК должна принимать горизонтальное положение в пределах угла компенсации.

Проверку первого условия выполняют приведением пузырька круглого уровня в нуль-пункт при помощи подъёмных винтов и поворотов нивелира на  $180^\circ$ .

Пузырёк не должен отклоняться более одного деления (рис.2.2.). Если отклонение не допустимое, выполняют юстировку юстировочными винтами на половину схода пузыря. Проверку повторяют.



Рис. 2.2. Проверка круглого уровня.

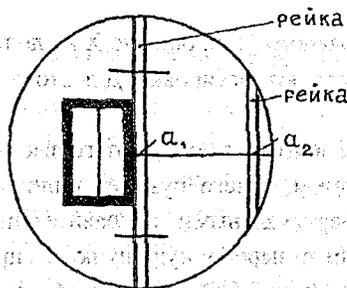
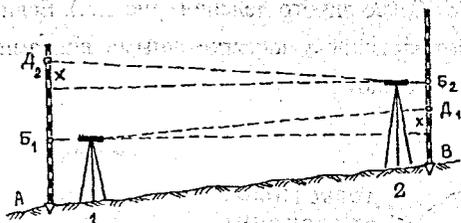


Рис.2.3. Проверка сетки нитей.

Проверку второго условия выполняют при помощи рейки, установленной вертикально на расстоянии 25 м. от нивелира, предварительно установленного по круглому уровню. Берут отсчёты по правому и левому краям средней нити (для этого трубу перемещают наводящим винтом). Отсчёты не должны отличаться более чем на 2 мм: (рис.2.3.)  $a_1 - a_2 \leq \pm 2$  мм.

Выполнение этого условия гарантируется заводом-изготовителем (сетка нитей у НЗ не имеет исправительных винтов).

Проверка главного условия у нивелира НЗ выполняется двойным нивелированием линии АВ способом «вперёд» (рис.2.4.).



При этом рейки, установленные отвесно в точках А и В, наблюдаются со станций 1 и 2. Ближние отсчёты  $B_1$  и  $B_2$  не будут содержать ошибки  $x$ , вызванной несоблюдением главного условия из-за малого расстояния от нивелира до реек.

Рис. 2.4. Проверка главного условия нивелира ИЗ.

Дальние же отсчёты в случае невыполнения главного условия будут содержать одинаковую ошибку  $X$ .

$$x = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 - B_2}{2} \quad (2.1.)$$

Для расстояния  $AB$  равного 75 м. ошибка  $X$  не должна превышать 4 мм.

Если  $X > 4$  мм, выполняют юстировку. Для этого вычисляют правильный отсчёт  $D_{02} = D_2 - X$ .

Затем элевационным винтом совмещают горизонтальную среднюю нить сетки с правильным отсчётом, отчего пузырёк цилиндрического уровня сместится с нуля-пункта. Вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня приводим пузырёк в нуль-пункт. Исправительные винты расположены слева от окуляра (рис 2.5.а) под круглой защитной пластинкой, крепящейся винтом к корпусу трубы (рис.2.5.а). Ослабив отвёрткой винт, отводим пластинку в сторону вверх и шпилькой подводим вертикальные исправительные винты (рис.2.5.б)

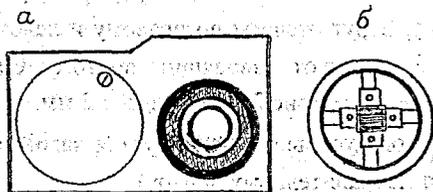


Рис.2.5. Исправительные винты цилиндрического уровня.

Проверка главного условия у нивелира НЗК проводится по несколько иной схеме (рис.2.6.)

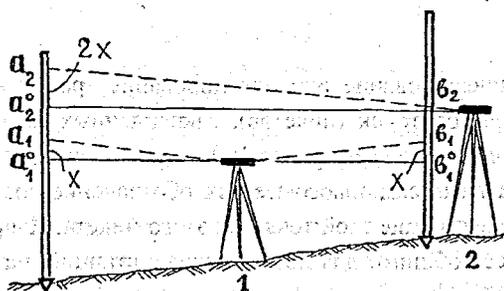


Рис.2.6. Проверка главного условия нивелира НЗК

В этом случае ошибка  $x$  вычисляется по формуле

$$X = \frac{a_2 - b_2}{2} - \frac{a_1 - b_1}{2}$$

Правильный отсчет  $a_2' = a_2 - 2x$ .

Исправление такое же, как у НЗ только средней нить сетки, совмещаем с правильным отсчётом при помощи исправительного винта, расположенного под окуляром под защитной крышкой на окулярной части трубы, которая крепится гайкой.

### Задание к лабораторной работе №2

Выполнить три проверки нивелира и описать порядок выполнения каждой проверки, сопровождая описательную часть полученными результатами проверок. Описать выполнение соответствующих юстировок, сопровождая описательную часть необходимыми рисунками и схемами.

Результаты выполнения проверки главного условия нивелира НЗ оформить в таблице 2.1. Контроль (гр.б) следует выполнять в процессе проверки (см. нумерацию в табл.2.1.)

Результаты проверки главного условия.

Таблица 2.1.

№№ станции	№№ точек визирн.	Наименование отсчётов	Отсчёты по рейкам, мм		Контроль (разность нулей)
			Красная сторона	Чёрная сторона	
1	2	3	4	5	6
1	A	B <sub>1</sub>	6409 (1)	1624 (2)	4785 (3)
	B	D <sub>1</sub>	6065 (4)	1282 (5)	4783 (6)
2	B	B <sub>2</sub>	6536 (7)	1754 (8)	4782 (9)
	A	D <sub>2</sub>	6882 (10)	2098 (11)	4784 (12)

Величину ошибки  $X$  вычислить по «красным» и «чёрным» отсчётам по формуле 2.1. для контроля. Результаты проверок оформить в рабочей тетради.

## Продольное техническое нивелирование.

### Общие сведения.

Продольное техническое нивелирование или нивелирование трассы выполняют с целью определения высот точек (пикетов), закрепленных на оси трассы. Расстояние между пикетами чаще всего равно 100 метров. Точки, соответствующие перегибам рельефа называют плюсовые. Их обозначение содержит номер заднего пикета плюс расстояние этой точки от этого пикета. Например, пк 0 + 40. Точки, являющиеся общими для двух смежных станций, называют связующими. Отсчеты по рейкам установленным на связующих точках берут по чёрным и красным сторонам реек. А на промежуточных (плюсовых) точках отсчеты берут только по чёрной стороне.

Целью лабораторной работы является нивелирование участка трассы на модели местности (панораме). При этом бригада студентов (3 – 4 человека) использует нивелир, подвесные рейки-макеты.

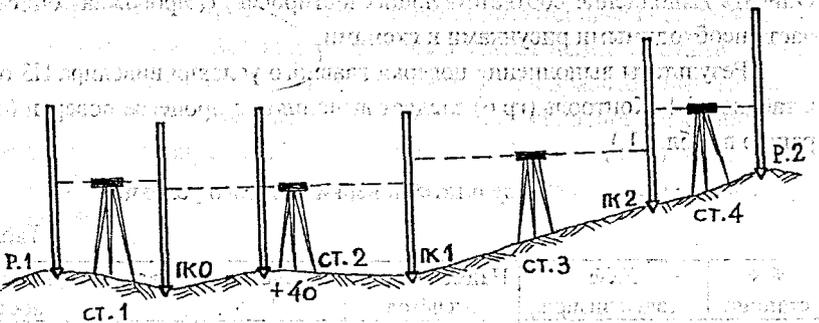


Рис.3.1. Схема нивелирования трассы на модели местности (панораме).

### 3.1. Порядок работы на станции.

1. Установите нивелир на штативе примерно посередине между исходным репером и нулевым пикетом (пк 0) и приведите его в рабочее положение.

2. Наведите зрительную трубу на заднюю рейку (Реп. 1.).
3. Элевационным винтом приведите пузырёк цилиндрического уровня в нуль-пункт.
4. Возьмите отсчёт по чёрной и красным сторонам рейки и запишите их в графу 3 журнала (таб.3.1.).
5. Наведите трубу нивелира на переднюю рейку (пк 0) и выполните действия, указанные в п.п. 3 и 4, записав отсчёты в графу 4.
6. Выполните контроль на станции, вычислив превышения по формуле  $h = 3 - \Pi$  и запишите превышения в графу 6 журнала. Превышения, полученные по чёрной и красной сторонам рейки не должны отличаться более чем на 5 мм. Если это требование соблюдается, перейдите на станцию 2 и выполните нивелирование подобным же образом. В противном случае нивелирование на станции 1 следует выполнить заново. Отсчёт на промежуточную точку берётся только по чёрной стороне рейки и записывается в графу 5.

Номера реперов, пикетов и плюсовых точек зависят от того или иного участка трассы на панораме.

### Журнал технического нивелирования трассы.

264  
Таблица 3.1.

№№ стан-ции	№№ точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Гориз-инст-румент, м	Высоты точек, м
		Зад-ний	Перед-ний	Про-меж.	Вычисл.	Среди.	Исправл.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Реп. 1	1036	1248		- 212	+ 4	- 208		50,000
	гк 0	5720	5932		- 212				49,792
2	гк 0	1340	1390		- 50	+ 4	- 48	51,132	49,792
	гк 1 + 40	6024	6077	1230	- 53	- 52			49,744 49,902
3	гк 1	1580	0426		+1154	+ 4			49,744
	гк 2	6265	5112		+1153	+1154	+1158		50,902
4	гк 2	1318	1022		+ 296	+ 3			50,902
	Реп. 2	6002	5708		+ 294	+295	+298		51,200
		$\Sigma 3 = 29285$	$\Sigma \Pi = 26915$		$\Sigma h = 2370$	$\Sigma h_{cp} = 1185$	$H_k - H_n = 1200$ мм		
		$\Sigma 3 - \Sigma \Pi = 2370$			$F_h = - 15$ мм	$F_{h доп} = \pm 27$ мм			

Каталог высот реперов на панорамах в лабораториях № 209 и № 213.

Таблица 3.2.

№№ лабораторий	№№ реперов	Высо-ты	№№ реперов	Высоты	№№ реперов	Высо-ты	№№ реперов	Высоты
209	1	50,000	3	49,744	5	50,001	7	49,782
	2	49,804	4	49,717	6	50,154	8	49,946
213	1	50,000	3	49,722	5	50,234	7	49,985
	2	49,762	4	50,014	6	49,848	8	49,810

### 3.2. Обработка журнала технического нивелирования.

Обработка журнала включает:

1. вычисляют средние превышения с записью их в графу 7;
2. выполняют контроль правильности вычисления превышений (постраничный контроль):  $\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h_{\text{выч}} = 2\Sigma h_{\text{ср}}$ ;
3. вычисляют невязку хода по формуле:

$$F_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_k - H_n), \quad (3.1)$$

где  $\Sigma h_{\text{ср}}$  – сумма средних превышений (в приведённом примере  $\Sigma h_{\text{ср}} = 1185$ );  
 $H_k$  и  $H_n$  – высоты конечного и начального реперов (взять из каталога высот реперов, табл.3.2.).

Если  $F_h$  не превышает  $F_{h \text{ доп}} = 50\sqrt{L}$  мм, где

$L$  – длина хода в км ( $L = 0,3$  км для всех вариантов), нивелирование выполнено правильно.

4. невязку, взятую с обратным знаком, распределяют поровну в каждое среднее превышение;
5. вычисляют отметки связующих точек (графа 10)

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред.}} + h_{\text{испр.}} \quad (3.2)$$

где  $H_{\text{посл.}}$  – отметка последующей связующей точки;

$H_{\text{пред.}}$  – отметка предыдущей точки;

$h_{\text{испр.}}$  – исправленное превышение между точками;

$h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср.}} + v$

$v$  – поправка, полученная в результате распределения невязки.

6. вычисляют горизонт инструмента (ГИ) для станций, с которых нивелировались промежуточные точки. Горизонт инструмента равен отметке точки плюс отсчёт по рейке (по чёрной стороне), стоящей на этой точке. Для станции 2  $ГИ = 49,744 + 1,390 = 51,134$  м,  
или  $ГИ = 49,792 + 1,340 = 51,132$  м.

разница в 2 мм получилась за счёт распределения невязки. Горизонт инструмента записывают в графу 9.

7. Вычисляют отметки промежуточных точек. Отметка промежуточной точки равна горизонту инструмента минус отсчёт по рейке, стоящей на промежуточной точке.

Для промежуточной точки ПК 0 + 40

$$H_{(+40)} = 51,132 - 1,230 = 49,902.$$

### Задание к лабораторной работе № 3.

1. Выполнить техническое нивелирование участка трассы на панораме между двумя реперами.
  2. Обработать журнал нивелирования в соответствии с методическими указаниями в 3.2.
  3. Вычертить схему трассы.
- Работу оформить в рабочей тетради.

### Лабораторная работа №4.

#### Вертикальная планировка местности.

#### 4. Общие сведения.

Рельеф земной поверхности в своём естественном состоянии обычно не пригоден для непосредственного размещения и строительства на нем проектируемых сооружений. Преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройству территории называется вертикальной планировкой местности.

Наибольший экономический эффект при вертикальной планировке получают тогда, когда работы производят с учётом нулевого баланса земляных работ, т.е. когда объёмы грунта насыпей и выемок равны между собой. В этом случае при земляных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а распределяют его на планируемом участке под строительство.

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съёмки местности. Наиболее распространённый и точный вид вертикальной съёмки местности, принятый в строительстве – нивелирование по квадратам, выполняемое методом геометрического нивелирования. Этот метод применяется в равнинной местности со слабо выраженным рельефом: В этом случае топографический план составляется в масштабах 1: 2000, 1: 1000, 1: 500 с высотой сечения рельефа 1,0, 0,5, 0,25 метра. Для нивелирования по квадратам строительный участок разбивают (размечают) по сетке квадратов со сторонами от 10 до 50 метров, в зависимости от характера рельефа и площади участка. Место положения вершин квадратов на местности определяют с помощью теодолита, откладывая прямые углы при двух положениях круга и стальной ленты с точностью не грубее 1: 2000.

Одновременно с разбивкой сетки квадратов ведут съёмку ситуации и характерных точек рельефа, результаты промеров заносят в абрис. Вершины

квадратов закрепляют кольшками (сторожками) маркированными по взаимно перпендикулярным осям, совпадающим со сторонами сетки. На небольших участках местности до 4 га и для целевого местного строительства такую сетку квадратов можно строить в условной системе координат как свободную.

#### 4.1. Вычисление отметок вершин квадратов.

Перед началом вертикальной съёмки дополнительно рекогносцируют участок, чтобы наметить места постановки нивелира и выбрать связующие точки. Место для станции нивелира выбирают так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов. При этом смежные станции должны иметь общие связующие точки, которые необходимы для передачи отметок на последующие станции. При нивелировании местности по вершинам квадратов, все отсчёты по рейкам заносят в полевую схему – (журнал) нивелирования рис. 4.1. пунктирные линии, соединяющие станции с вершинами квадратов, схематично показывают визирные линии при нивелировании местности. Связующие точки, которые на схеме – (журнале) выделены кружками, нивелируют дважды со смежных станций. Связующие точки и репер, расположенный в вершине 1в, образуют замкнутый нивелирный ход. Отсчёты, взятые по чёрной и красной стороне реек и на связующие точки, записаны по линиям нивелирования, которые показаны сплошной линией.

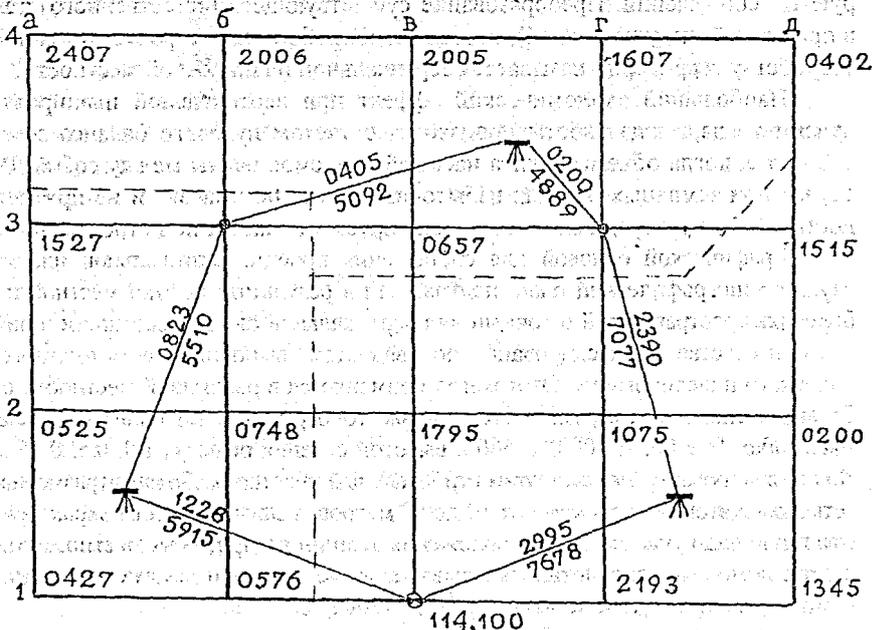


Рис. 4.1. Схема – (журнал) нивелирования сетки квадратов.

Остальные вершины квадратов нивелировались, как промежуточные точки. Отсчеты по черной стороне рейки записаны около вершин квадратов. В результате обработки полевой схеме — (журнала) получают отметки всех вершин квадратов с точностью до 0.001 м.

Результаты вычислений отметок связующих точек записывают в ведомости вычисления отметок связующих точек таблица 4.1. В графы 1,2 заносят номера станций нивелира и номера вершин квадратов, образующих замкнутый нивелирный ход. В графе 3,4 чёрный и красные отсчеты на заднюю и переднюю рейку. Превышения на станции, вычисленные по чёрной и красной сторонам реек, записаны в графу 5. Далее в графу 6 вычисляют среднее превышение с округлением до 1 мм.

Ведомость вычисления отметок связующих точек.

Таблица 4.1.

№№ станц.	№№ точек	Отсчеты		Превышения, мм		Поправки, мм	Исправ. превышений, мм	Отметки точек, м	№№ точек
		Задн.	Перед	Вычисл.	Средн.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1в	1228	0823	+0405		-2	+0403	114,100	1в
	36	5915	5510	+0405					
2	36	0405	0200	+0205		-2	+0202	114,503	36
	3г	5092	4889	+0203					
3	3г	2390	2995	-0605		-2	-0605	114,705	3г
	1в	7077	7678	-0601					
				$\Sigma = +0609$		$\Sigma = +0605$			
				$\Sigma = -0603$		$\Sigma = -0605$			
				$Fh = +6 \text{ мм.}$		$Fh_{\text{доп}} = \pm 10 \sqrt{3} = 17 \text{ мм.}$			

Далее вычисляют полученную и допустимую невязку в превышениях между связующими точками. Теоретически алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ( $\Sigma h_{\text{сп}} = 0$ ), но в силу накопления погрешностей измерений практически получается невязка, т.е.  $Fh = \Sigma h_{\text{сп}}$

Допустимую невязку вычисляют по формуле

$$Fh_{\text{доп}} = \pm 10 \sqrt{n} \text{ мм,} \quad (4.1)$$

Где  $n$  — число станций.

Если полученная невязка меньше допустимой, то её распределяют с обратным знаком, по возможности равномерно по всем превышениям, округляя поправки до 1 мм. При этом необходимо помнить, что абсолютная сумма всех поправок должна быть равна полученной невязке. Поправки записывают в графу 7, а исправленные превышения – в графу 8. Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю.

Затем вычисляют отметки связующих точек (графа 9).

Исходная отметка репера (точка 1в) задаётся преподавателем. Отметки остальных связующих точек вычисляют по правилу: отметка последующей точки плюс исправленное превышение между ними.

В нашем примере отметка репера  $H_{\text{реп.}} = 114,100$  м. Отметки остальных связующих точек получились из вычислений:

$$H_{35} = 114,100 + 0,403 = 114,503;$$

$$H_{37} = 114,503 + 0,202 = 114,705;$$

$$H_{\text{реп.}} = 114,705 - 0,605 = 114,100;$$

Контролем вычисления отметок по замкнутому ходу служит получение отметки исходного репера.

Отметки остальных вершин квадратов вычисляют в следующем порядке. Так как остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то их отметки определяют методом горизонта инструмента ГИ минус отсчёт на эту точку. При этом ГИ берётся для той станции, с которой данная промежуточная точка нивелировалась.

В рассматриваемом примере ГИ на станциях 1, 2 и 3 получились

$$ГИ_1 = 114,100 + 1,228 = 115,328;$$

$$ГИ_2 = 114,503 + 0,405 = 114,908;$$

$$ГИ_3 = 114,705 + 2,390 = 117,095;$$

а отметки промежуточных точек

$$H_{1a} = 115,328 - 0,427 = 114,901;$$

$$H_{2a} = 115,328 - 0,525 = 114,803$$

и т.д.

Если рельеф участка должен быть спланирован горизонтальной площадкой под условием нулевого баланса земляных работ, то проектную отметку такой площадки вычисляют по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (4.2.)$$

где  $n$  – число квадратов;

$\Sigma H_1, \Sigma H_2, \Sigma H_3, \Sigma H_4$  – сумма отметок вершин, входящих в один, два, три и четыре квадрата.

В рассматриваемом примере:

$$\Sigma H_1 = 112,501 + 114,506 + 115,750 + 114,901 = 457,658 \text{ м};$$

$$\Sigma H_2 = 112,902 + 112,903 + 113,301 + 115,580 + 116,895 + 114,902 + 114,100 + 114,752 + 114,803 + 113,801 = 1143,939 \text{ м};$$

$$\Sigma H_4 = 114,503 + 114,251 + 114,705 + 116,020 + 115,300 + 114,580 = 689,359 \text{ м};$$

$$H_{np} = \frac{457,658 + 2 \times 1143,939 + 4 \times 689,359}{4 \times 12} = 114,65 \text{ м}.$$

Используя проектную отметку ( $H_{np}$ ) и значения фактических отметок ( $H_{cp}$ ) вершин квадратов вычисляют рабочие отметки ( $h$ ) для случая проектирования горизонтальной площади по формуле

$$h = H_{np} - H_{cp} \quad (4.3)$$

Положительные значения  $h_n$  выражают высоту насыпи грунта, отрицательные значения  $h_b$  показывают глубину выемки (срезки грунта).

Вычисленные рабочие отметки при проектировании горизонтальной площади выписываются на вычерченную схему над соответствующими вершинами квадратов. Графическим документом по вертикальной планировке является картограмма земляных работ (рис. 4.2.), составленная на основе приведенной схемы с рабочими отметками, где показано положение линии нулевых работ. Линия нулевых работ проходит через стороны квадратов, имеющие на своих концах рабочие отметки с различными знаками. Положение точек нулевых работ (рис. 4.2) на сторонах квадратов определяют аналитическим способом по формуле:

$$x = \frac{\Delta h^+}{|\Delta h^+| + |\Delta h^-|} \cdot d \quad (4.4)$$

где  $d$  – длина стороны квадрата;  $\Delta h^+$  – положительная рабочая отметка;  $\Delta h^-$  – отрицательная рабочая отметка;  $x$  – расстояние до точки нулевых работ от вершины квадрата с положительной рабочей отметкой.

Возможно определение положения точки нулевых работ графической интерполяцией в произвольном масштабе. Последовательно соединяя точки нулевых работ между собой пунктирной линией, найдем линию раздела насыпей и выемок – линию нулевых работ (рис. 4.2).

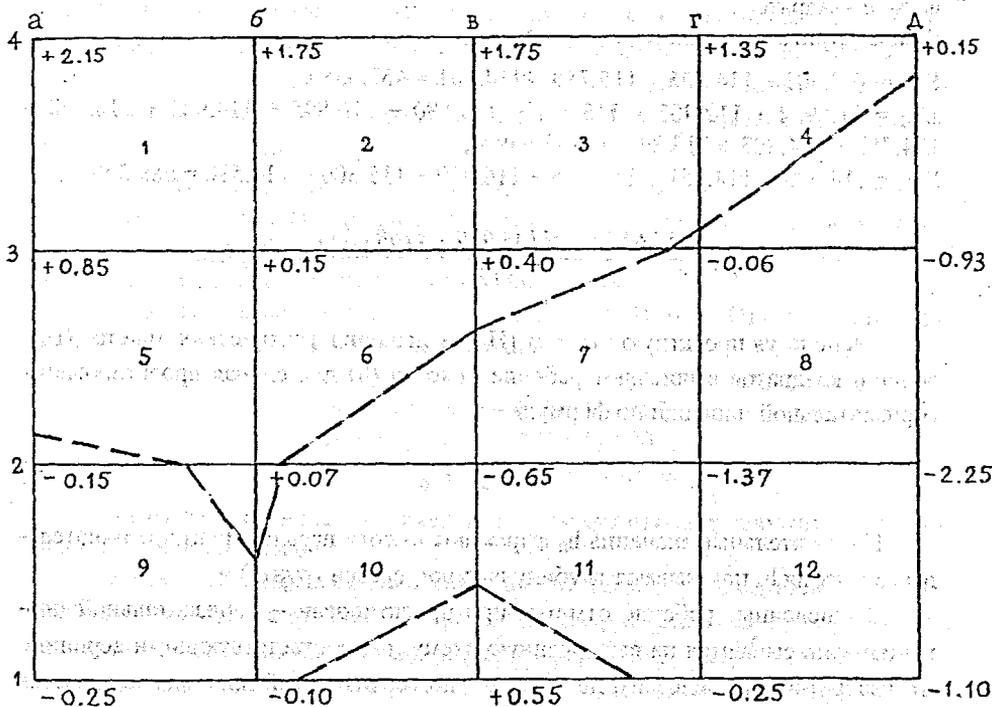


Рис. 4.2. Картограмма земляных работ

### 4.3. Вычисление объёмов земляных работ и составление топографического плана.

$$\text{Объём выемки: знак минус} = V_{\text{в}} = \frac{(\sum h_{\text{в}})^2}{\sum |h_{\text{н}}| + |h_{\text{в}}|} \cdot \frac{f}{4}, \quad (4.5)$$

$$\text{Объём насыпи: знак плюс} = V_{\text{н}} = \frac{(\sum h_{\text{н}})^2}{\sum |h_{\text{н}}| + |h_{\text{в}}|} \cdot \frac{f}{4}, \quad (4.6)$$

где  $f$  – площадь квадрата,  $\text{м}^2$ ; в нашем случае  $400\text{м}^2$ ;  
 $\sum h_{\text{н}}$ ,  $\sum h_{\text{в}}$  – сумма рабочих отметок соответственно по насыпи и выемке;  
 $\sum |h_{\text{н}} + h_{\text{в}}|$  – сумма рабочих отметок по абсолютной величине.  
 Вычисление выполняют в ведомости по форме таблицы 4.2.

Ведомость вычисления объёмов земляных работ.

Таблица 4.2.

№ квалр.	$\frac{f}{4}$	$\Sigma h_n$	$(\Sigma h_n)^2$	$\Sigma h_a$	$(\Sigma h_a)^2$	$\Sigma  h_n  +  h_a $	Объём	
							$V_n$	$V_a$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	4.90	24.01	-	-	4.9	490.0	-
2	100	4.05	16.40	-	-	4.05	405.0	-
3	100	3.50	12.25	0.06	0.00	3.56	344.1	-
4	100	1.50	2.25	0.90	0.98	2.49	90.4	39.4
5	100	1.07	1.15	0.15	0.02	1.22	94.3	1.6
6	100	0.62	0.38	0.65	0.42	1.37	29.9	33.1
7	100	0.40	0.16	2.13	4.54	2.53	6.2	179.3
8	100	-	-	4.61	21.25	4.61	-	461.0
9	100	0.07	0.00	0.50	0.25	0.57	-	43.8
10	100	0.62	0.38	0.75	0.56	1.37	27.7	41.1
11	100	0.55	0.30	2.27	5.15	2.82	10.7	182.7
12	100	-	-	4.97	24.70	4.97	-	497.0

$\Sigma 1498.3$   $\Sigma 1479.0$

Разница в объёмах насыпи и выемки допустима до 3%

$$\Delta V\% = \frac{\sum v_n - \sum v_a}{\sum v_n} \cdot 100 \leq 3\% \quad (4.7.)$$

В нашем примере:

$$\Delta V\% = \frac{1498.3 - 1479.0}{1498.3} \cdot 100 = 1.3\%$$

Для построения топографического плана по результатам нивелирования поверхности наносят на бумагу в заданном масштабе 1 : 500 сеть квадратов и около вершин квадратов выписывают из схемы-журнала отметки с округлением до сотых долей метра. Чтобы на плане провести горизонтали с высотой сечения рельефа  $h$ , по сторонам квадратов выполняют интерполирование для отметок кратных  $h$ . Это можно сделать по топографической палетке. На листе кальки проводят через одинаковые промежутки 1 см параллельные линии. На этих линиях подписывают отметки горизонталей проходящих по участку местности рис 4.3. Подготовленная таким образом калька называется топографической палеткой. На интерполируемую сторону квадрата накладывают палетку и поворачивают её так, чтобы конечные точки (вершины квадрата) занимали на кальке места соответствующие значениям их отметок (рис 4.4). Зафиксировав в таком положении палетку, накалывают иглой по стороне квадрата точки пересечения с линиями на палетке и отмечают их отметки равные отметкам горизонталей.

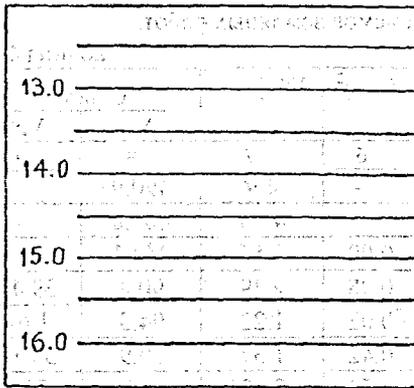


Рис. 4.3.

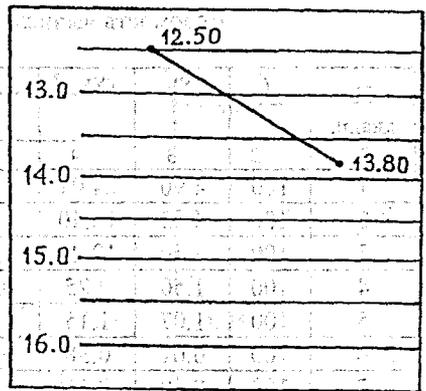
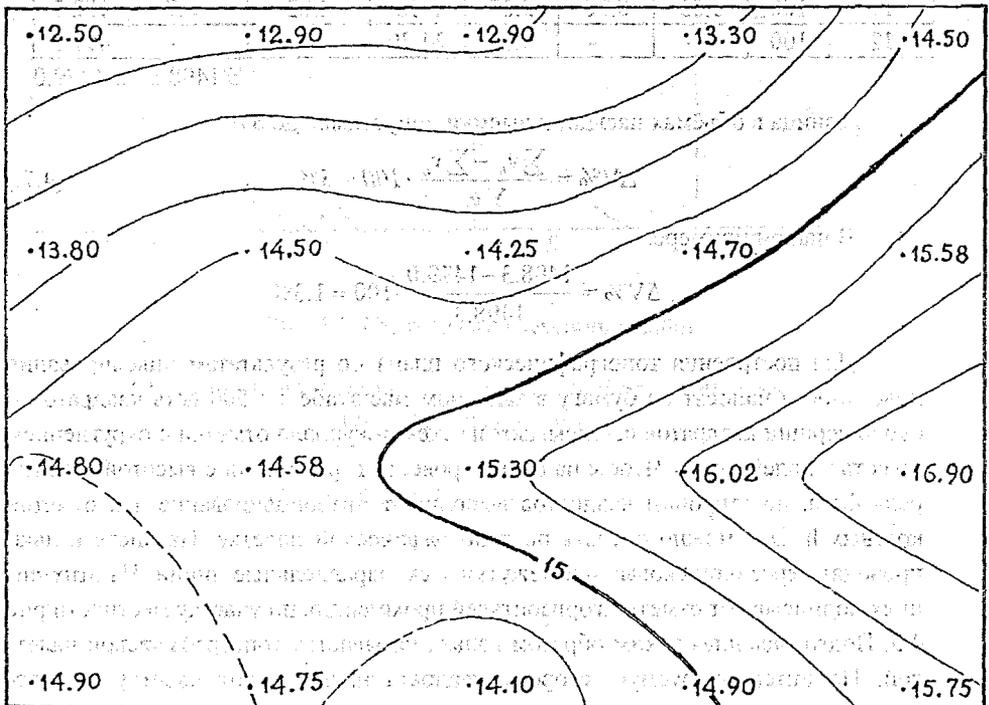


Рис. 4.4.

Топографический план строительного участка



1:500

Сплошные горизонталы проведены через 0,5 м

Рис. 4.5

Последовательно выполняют интерполяцию по всем сторонам квадратов, где проходят горизонтали с высотой сечения кратные  $h$ . Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями-горизонталями, соблюдая основные свойства форм рельефа рис 4.5. В некоторых случаях, интерполирование выполняется математически либо на глаз, путём деления горизонтального расстояния стороны квадрата пропорционального разности смежных вершин квадратов по высоте сечения рельефа  $h$ .

Составленный в карандаше план оформляется в соответствии с действующими условными знаками рис 4.5.

### **Задание к лабораторной работе.**

1. Вычислить отметки связующих и промежуточных точек сетки квадратов.
2. Определить рабочие отметки для запроектированной горизонтальной площадки и построить картограмму земляных работ.
3. Вычислить объёмы земляных работ на запланированном участке.
4. Построить по результатам нивелирования топографический план в масштабе  $1 : 500$  с высотой сечения рельефа  $0,25$  м.

Учебное издание

Составители: Сиякина Наталья Васильевна  
Жукова Вера Павловна

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

по дисциплине:

"Инженерная геодезия"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Часть III

"Нивелирные работы"

Ответственный за выпуск Сиякина Н. В.  
Редактор Строкач Т. В.

---

Подписано к печати 3.03.1999 г. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 1,4. Уч. изд. л. 1,5.  
Зак. № 259. Тираж 150 экз. Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.