

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

для выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Инженерная геодезия»

(3-е издание, дополненное и переработанное)

факультет строительный

группа _____

Ф.И.О. _____

Тел. _____

Брест 2016

УДК 528.4(075.8)

Рассмотрены задания для лабораторных и расчетно-графических работ по дисциплине «Инженерная геодезия». Издание предназначено для студентов 1-го и 2-го курсов, изучающих данную дисциплину.

Составители: Л.Ф. Зуева, к.т.н., доцент
Н.В. Синякина, к.т.н., доцент

Рецензент: зав. кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций
профессор, к.т.н. П.В. Шведовский

Общие указания по ведению тетради

При выполнении полевых измерений, при вычислениях и графических работах серьезное внимание обращают на аккуратность, чистоту и четкость вычерчивания и записей. Все вычисления оформляют, как правило, шариковой и др. ручками, а чертежи – черным цветом.

При выполнении лабораторных работ результаты измерений и вычислений заносятся в журналы и ведомости по формам, принятым в специализированных производственных организациях. При записи результатов геодезических измерений в журналах и таблицах необходимо соблюдать следующие правила:

- ведение записей выполняется четко и разборчиво шариковой либо гелевой ручкой;
- неправильные (ошибочные) записи в журналах должны быть аккуратно зачеркнуты таким образом, чтобы зачеркиваемые результаты оставались полностью читаемыми;
- записи результатов полевых измерений производятся в строго отведенных формой журнале графах и строках. При этом в одной строке и графе можно записывать только один результат измерений. Повторные (верные) результаты измерений необходимо записывать в нижеследующих строках журнала;

– запрещаются записи в одной строке зачеркнутых и повторных результатов геодезических измерений, запись «цифра по цифре», а также исправление и подчистка.

Все результаты измерений и вычислений должны иметь принятую размерность (единицы измерений) и необходимую точность вычислений.

При записях результатов измерений или при действиях с числами часто прибегают к целесообразному округлению чисел.

Правила округления:

1. Если округляемая цифра меньше 0,5 единицы последнего знака, то её отбрасывают. Например, число 12,34 с точностью до 0,1 следует записать 12,3.

2. Если округляемая цифра больше 0,5 единицы последнего знака, то число увеличивается на единицу. Например, число 12,36 с точностью до 0,1 следует записать 12,4.

3. Если в числе округляемая цифра 5, то её округляют до четной цифры. Например, число 12,36 с точностью до 0,1 следует записать 12,4, а если округляемое число 12,45, то его следует записать 12,4.

Единицы мер, применяемые в геодезии. При выполнении геодезических измерений применяются меры длины, площади, веса, температуры, давления, угловые меры и другие.

Единицей измерения угла (горизонтального и вертикального) являются:

– **градус**, получающийся делением прямого угла на 90 равных частей. Один градус равен 60 минут, а одна минута – 60 секунд ($1^\circ = 60' = 3600''$);

– **радиан**, представляющий собой центральный угол, опирающийся на дугу, длина которой равна радиусу этой окружности. Значение радиана в градусной мере равно $\rho = 57,3^\circ = 3438' = 206265''$;

– **град** (в настоящее время называют **гон**) получающийся делением прямого угла на 100 равных частей или окружности на 400 частей. Один град равен 100 десятичных минут, а одна десятичная минута – 100 десятичных секунд ($1^g = 100^c = 10000^{cc}$).

За единицу линейных измерений (расстояний, горизонтальных проложений, высот превышений) в геодезии принят **метр**. 1 метр равен расстоянию, которое свет проходит в вакууме за $1/299792458$ доли секунды; 1 км = 1000 м; 1 дм = 0,1 м; 1 см = 0,01 м; 1 мм = 0,001 м.

Для измерения площадей:

– километр квадратный; $1 \text{ км}^2 = 1\,000\,000 \text{ м}^2 = 100 \text{ га}$;

– гектар; $1 \text{ га} = 10\,000 \text{ м}^2$;

– $1 \text{ дм}^2 = 0,01 \text{ м}^2$;

– $1 \text{ см}^2 = 0,0001 \text{ м}^2$.

При защите лабораторных работ студент должен ответить на вопросы, связанные с основными геодезическими понятиями и определениями, методикой геодезических измерений и процессом математической и графической обработки результатов.

Лабораторная работа № 1
ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

1. Изучить условные знаки

- а) найти на карте масштаба 1:10000 условные знаки: масштабные, внемасштабные и пояснительные надписи;
 б) ознакомиться с условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 и их характеристиками.

2. Изучить масштабы: численный и поперечный

- а) определить точность указанных в таблице масштабов

Численный масштаб	Именованный масштаб	Точность масштаба, м
1:10000		
1:5000		
1:2000		
1:1000		
1:500		

- б) подписать номограмму поперечного масштаба в соответствии с численным масштабом 1:_____ (заданным преподавателем) и определить расстояния АВ, СД и нанести КЛ = _____

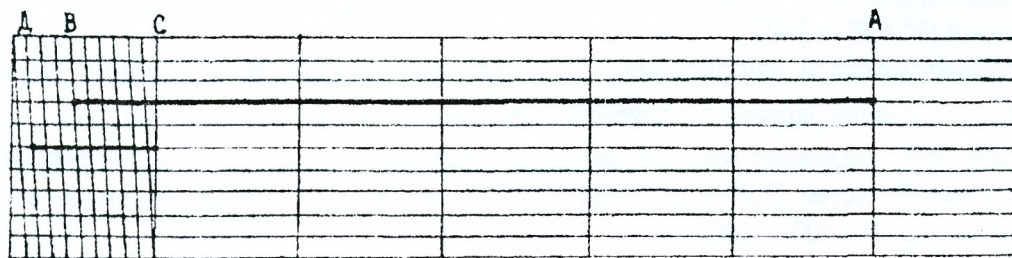
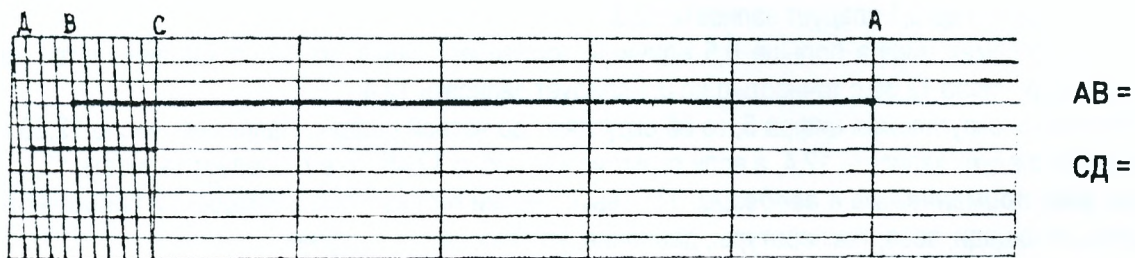


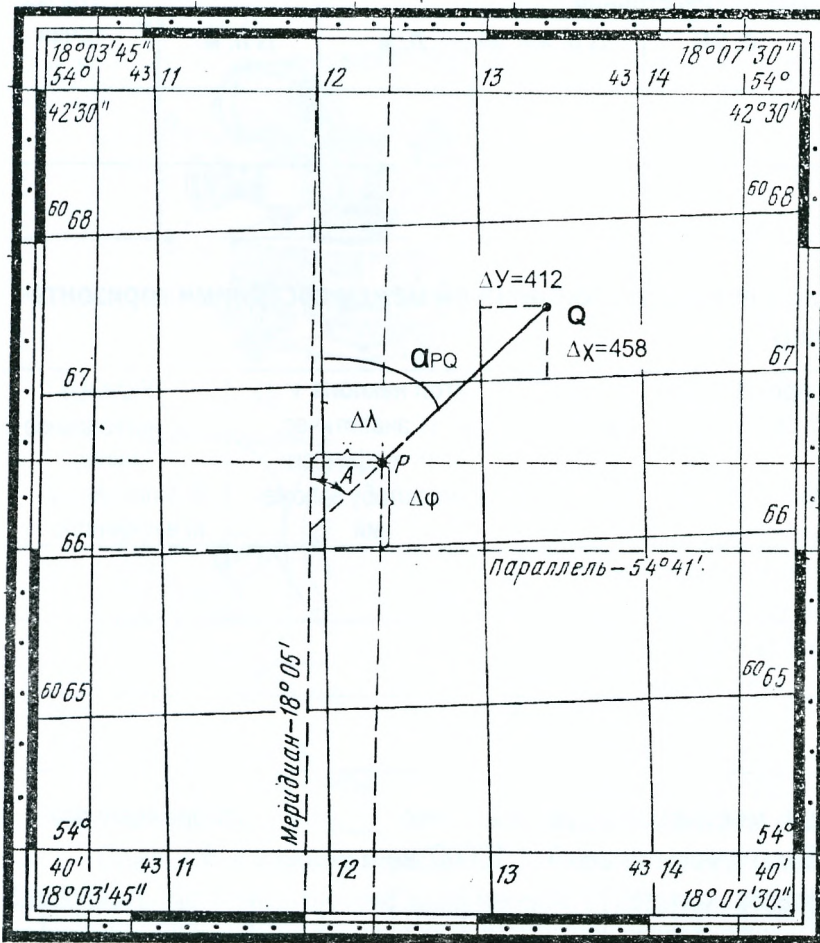
Рис. 1 – Поперечный масштаб

3. Определить плоские прямоугольные координаты точки

- а) на топографическом плане масштаба 1:500 в местной системе координат

Наименование точки	$X_0, м$	$\Delta x, м$	$x, м$	$Y_0, м$	$\Delta y, м$	$y, м$

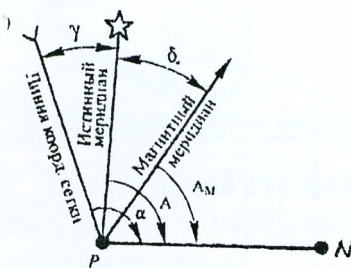
б) на карте масштаба 1:10000 определить прямоугольные координаты точки в системе координат Гаусса-Крюгера. Результаты записать в таблицу



X_0 , км	
№ зоны (число, которое записывается перед сотнями километров в ординате)	
Y_0 , км	
Δx , м	
Δy , м	
x , м	
y , м	

Рис. 2 – Схема определения на карте прямоугольных координат точек, дирекционного угла направления PQ

в) измерить транспортиром дирекционный угол линии, вычислить румб, истинный и магнитный азимуты



Наименование линии	Дирекционный угол	Румб	Истинный азимут Магнитный азимут

Рис. 3 – Схема расположения меридианов на карте и определения ориентирных углов

4. Определение отметок, уклонов и углов наклона

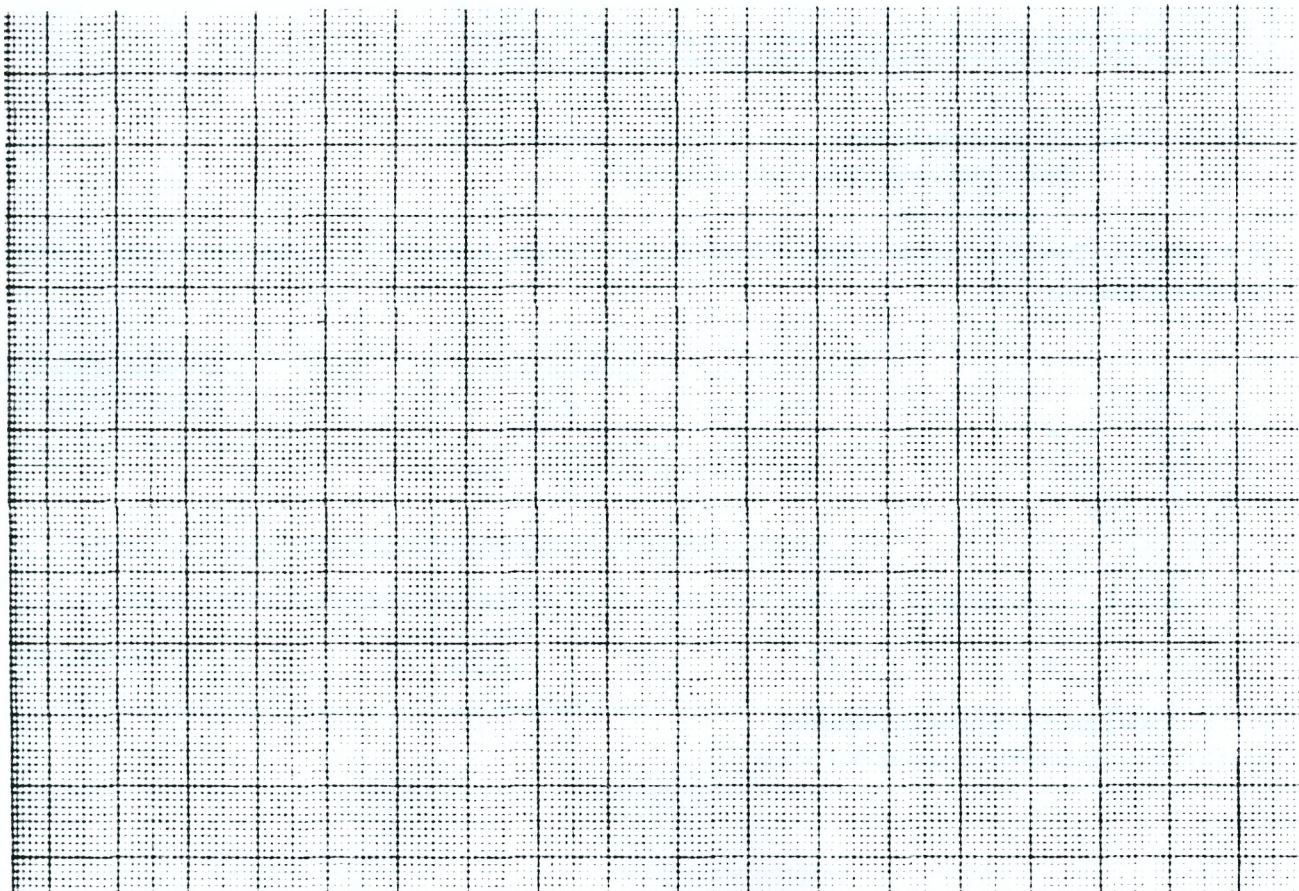
а) найти отметку точки, расположенной между двумя горизонталями, при высоте сечения $h =$ Результаты записать в таблицу

№ точки	Отметки горизонталей		Расстояния		$h, \text{ м}$	$\Delta h, \text{ м}$	Отметка точки $H, \text{ м}$
	$H_1, \text{ м}$	$H_2, \text{ м}$	$d, \text{ мм}$	$\Delta d, \text{ мм}$			

б) определить угол наклона и уклон линии, расположенной между соседними горизонталями. Результаты записать в таблицу

Высота сечения $h, \text{ м}$	Горизонтальное проложение, соответ. заложению (на местности) $D, \text{ м}$	$\text{tg } \nu = \frac{h}{D} = i$	Угол наклона ν а) ν аналитичес. б) ν графически по масштабу заложений	Уклон i а) натуральное число б) в процентах в) в промилле

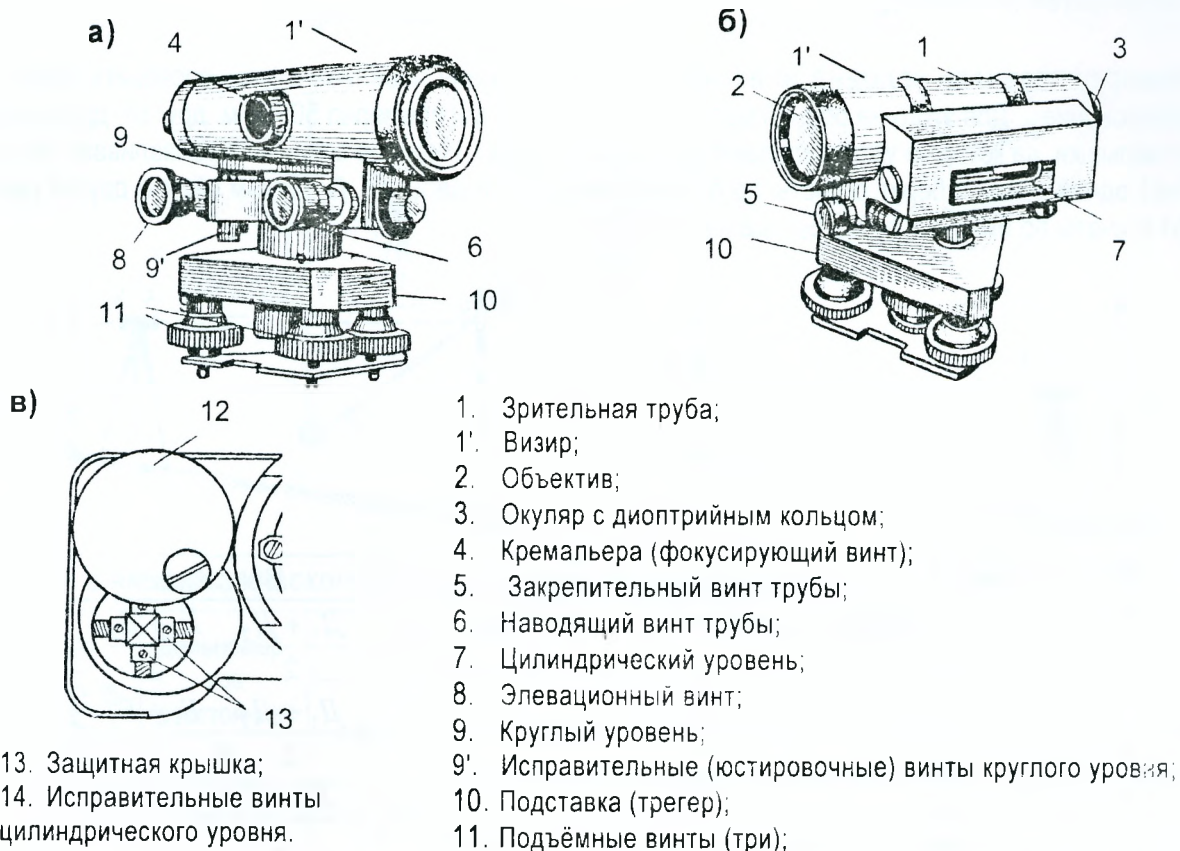
в) построить продольный профиль местности по направлению _____ (заданному преподавателем на карте) в масштабах: горизонтальный 1:10000, вертикальный 1:



Лабораторная работа № 2

НИВЕЛИР

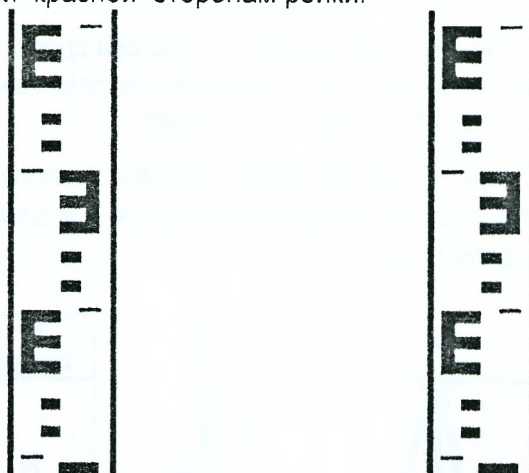
1. Изучить устройство нивелира Н-3 и назначение его частей.



15. Привести нивелир в рабочее положение и научиться брать отсчеты по рейке. Зарисовать полученные отсчеты по черной и красной сторонам рейки.



Поле зрения трубы нивелира



3. Снять с одной станции по три отсчета по красной и черной сторонам рейки, определить разность нулей пятки (начальный отсчет красной стороны) и расстояние по нитяному дальномеру.

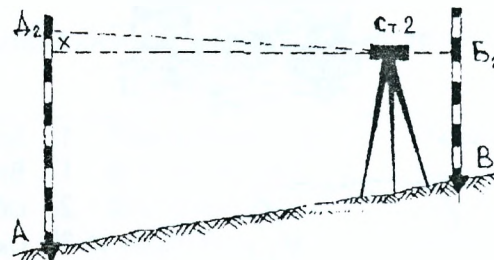
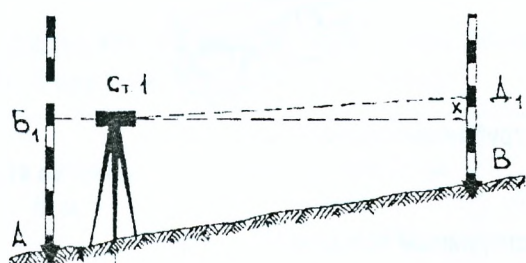
№ рейки	Отсчеты по рейке, мм		Разность нулей пяток
	Красная сторона	Черная сторона	
Верхняя нить			
Средняя нить			
Нижняя нить			
Расстояние по нитяному дальномеру			-

4. Выполнить поверки нивелира:

а) круглого уровня;

б) сетки нитей (по рейке);

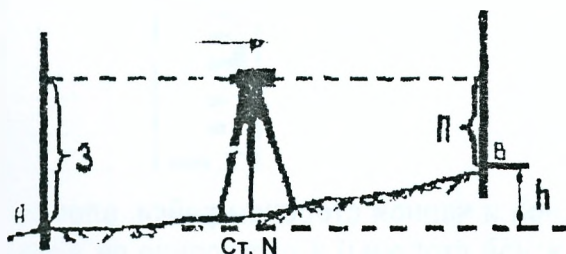
в) **поверку главного условия нивелира.** Главное условие нивелира можно проверить двойным нивелированием. Для этого на ровной местности на расстоянии примерно 50-75 м. друг от друга забивают колышки, на которые устанавливают нивелирные рейки. Нивелир вначале устанавливают вблизи (6-8 м.) одной рейки и берут отсчеты по ближней рейке Б₁, и дальней Д₁. Затем вблизи другой рейки берут отсчеты по ближней рейке Б₂ и дальней Д₂.



№ ст.	№ т.т	Рейка	* Отсчеты по рейкам, мм			Вычисления
			черная	красная	контроль	
1	A	Б ₁				$X_v = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2} =$ $X_k = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2} =$
	B	Д ₁				
2	B	Б ₂				$X_{cp} = \frac{X_v + X_k}{2} =$ $D_2^{испр} = D_2 - X_{cp} =$
	A	Д ₂				

Юстировка: элевационным винтом совмещаем среднюю горизонтальную нить с вычисленным черным отсчетом $D_2^{испр}$. И исправительными (юстировочными) вертикальными винтами цилиндрического уровня приводим пузырек в нуль-пункт.

5. Измерить превышение между двумя точками способом: "из середины". Записать формулы для определения превышения h и отметки H_B . Показать на схеме результаты измерений и записать в журнал.



№ станции	№ точки	Отсчеты, мм		Превышения, мм	
		задний	передний	вычисл.	среднее
N (A-B)	A				
	B				

уровенная
поверхность

6. Выполнить нивелирование на местности замкнутого нивелирного хода из 3-х станций и вычислить отметки точек (отметка исходной точки задается преподавателем).

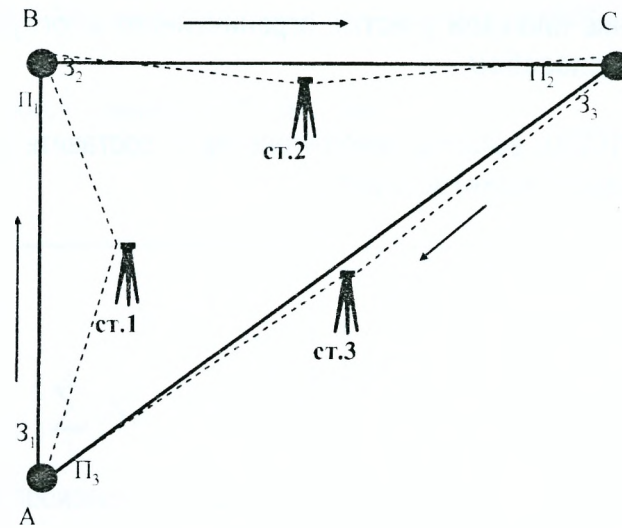


Рис. – Схема хода

Журнал геометрического нивелирования

нивелир

№

Номер станции	Номер точки	Дальномерное расстояние, м	Отсчеты по рейке, мм		Превышения, мм			Отметка точки H , м
			задний	передний	вычисленное h	среднее $h_{ср}$ поправка	уровненное $h_{уравн}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A	
	B						
2	B							
	C							
3	C							
	A							
Постраничный контроль								
Невязки								
$f_h =$			$\partial on f_h =$					

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

1. Выполнить определение площади участка, ограниченного многоугольником с k -числом вершин, геометрическим способом.

а) на карте масштаба 1:10000 выбрать многоугольник и составить его схему на рис. 1-а с оцифровкой (по ходу часовой стрелки) всех вершин.

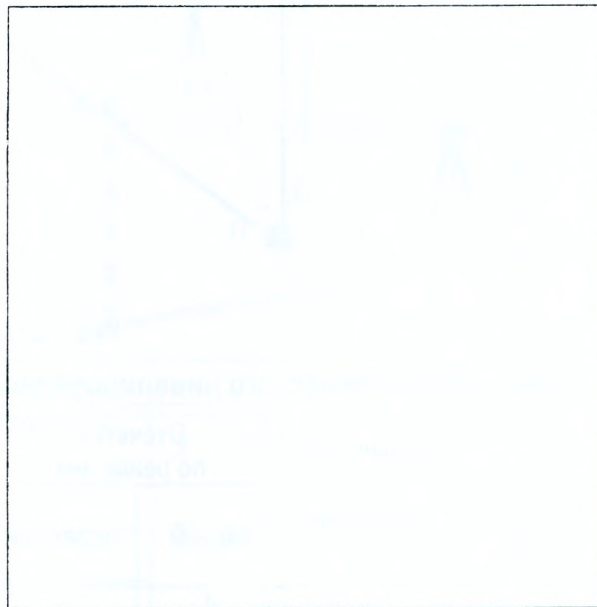


Рис. 1 (а, б)

а – схема многоугольника (участка местности) в квадрате

б – схема разделения многоугольника на геометрические фигуры и результаты линейных измерений

б) рассмотреть общую площадь многоугольника, как сумму площадей геометрических фигур (треугольников, прямоугольников, трапеций) показать их расположение на рис. 1-б. Записать формулы для вычисления площадей фигур (S_N), составляющих общую площадь многоугольника, где N - количество геометрических фигур.

$S_I =$

$S_{II} =$

$S_N =$

Измерить по карте линейные элементы (основание, высоту, стороны) для определения площади составляющих фигур, результаты измерений записать на рис. 1-б. Погрешность измерения линейных элементов соответствует точности масштаба карты (плана).

в) используя формулы и результаты измерений пункта 1-б, вычислить площадь отдельных фигур (S_N) и общую площадь многоугольника

$$S_{\text{общ}} = S_I + S_{II} + \dots + S_N =$$

Вычисление площадей фигур и общей площади выполнить с точностью – до целых m^2 .

2. По формулам аналитической геометрии и координатам вершин многоугольника вычислить его площадь.

а) определить по карте координаты вершин многоугольника и записать их значения на рис. 1-а и в таблицу;

б) вычислить площадь многоугольника по формулам

$$2S = \sum_1^k X_k (Y_{k+1} - Y_{k-1}),$$

$$2S = \sum_1^k Y_k (X_{k-1} - X_{k+1}),$$

контроль вычислений

$$\sum_1^k (Y_{k+1} - Y_{k-1}) = 0, \quad \sum_1^k (X_{k-1} - X_{k+1}) = 0.$$

Результаты вычислений произвести в специальной ведомости.

Ведомость вычисления площади многоугольника по координатам его вершин

Номер вершин k	Координаты, м		Разность координат, м		$X_k(Y_{k+1} - Y_{k-1})$	$Y_k(X_{k-1} - X_{k+1})$
	X_k	Y_k	$Y_{k+1} - Y_{k-1}$	$X_{k-1} - X_{k+1}$		
Дополнительные сведения об участке		$\Sigma +$				
		$\Sigma -$				
		Контроль вычислений	0,00	0,00	2 S	2 S

Площадь S = _____ м²

S = _____ га

Лабораторная работа № 4

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ОБРАБОТКУ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКУ ТОЧНОСТИ

Задача 1. Измеренная площадь $S = \text{_____ м}^2$. Средняя квадратическая погрешность измерения равна $m_S = \text{_____ м}^2$. Определить относительную погрешность, а также предельные абсолютную и относительную погрешности.

Решение:

Задача 2. Длина линии измерена шесть раз. Требуется определить вероятнейшее значение длины и оценить точность выполненных измерений. Результаты измерений (выдаются преподавателем) записать в таблицу.

Таблица – Результаты измерений и вычислений

Номер измерения	Результаты измерений l	Вероятнейшие погрешности v	v ²	Вычисления
1				$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} =$
2				
3				
4				
5				
6				
Среднее			$[v^2] =$	

Задача 3. Вычислить среднюю квадратическую погрешность определения площади, используя площадь фигуры на топографической карте, измеренную геометрическим способом. Площадь равна _____, точность измерения _____.

Решение:

Задача 4. Рассчитайте необходимое количество приемов, если значение угла должно быть определено со средней квадратической погрешностью не более $m_\beta = \text{_____}''$, а средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приёмом $m_l = \text{_____}''$.

Решение:

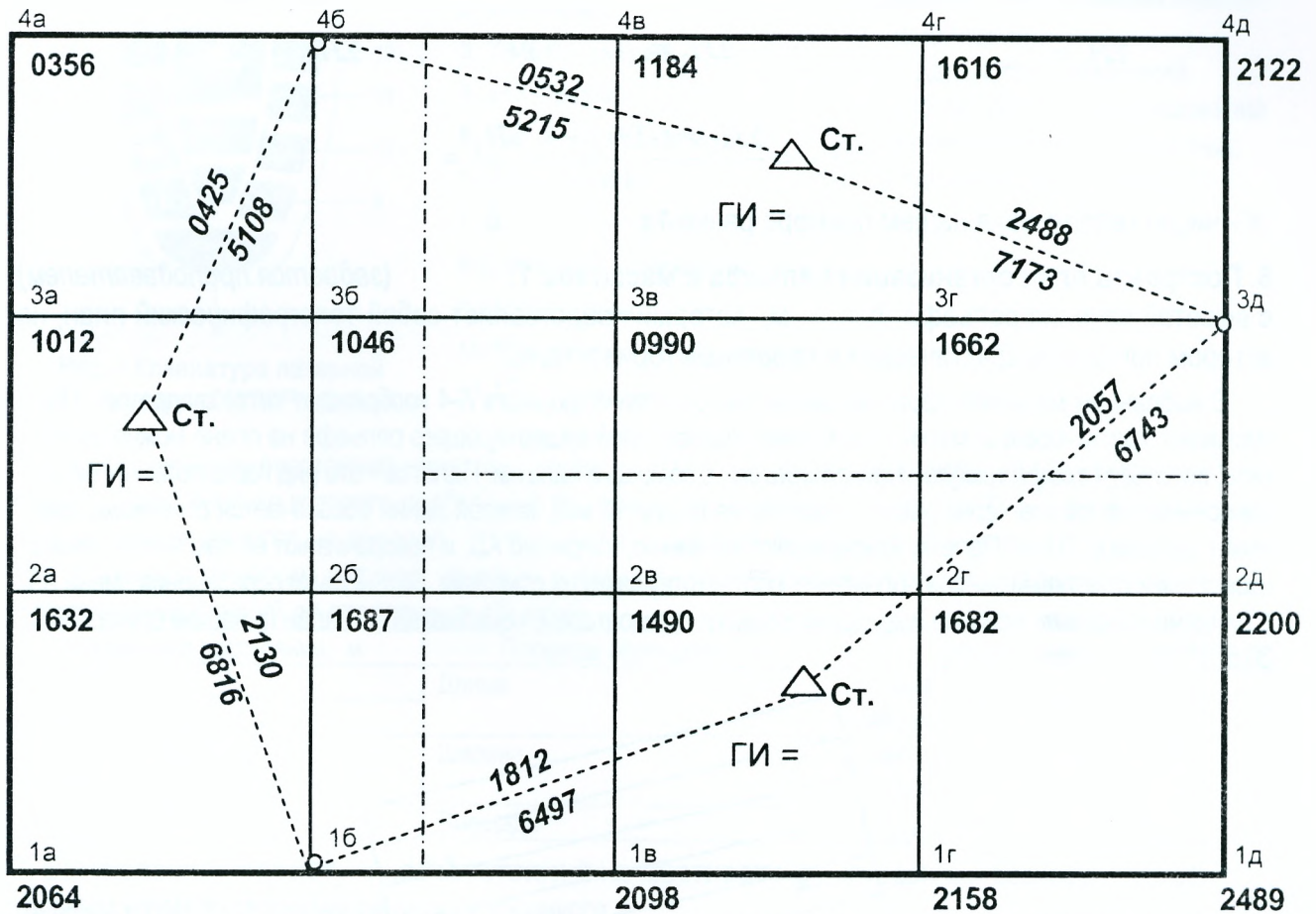
Лабораторная работа № 5

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА МЕСТНОСТИ

1. Дополнить исходными данными полевую схему-журнал нивелирования по квадратам. Сторона квадрата равна _____ метров.

Репер расположен в вершине квадрата _____

Полевая схема-журнал нивелирования сетки квадратов



2. По результатам измерений и исходной отметки репера $H =$ _____, вычислить отметки связующих точек и записать их на схему.

Ведомость вычисления отметок связующих точек

№№ станций	№№ точек	Отсчеты, мм		Превышения, мм			Отметка $H, м$	№№ точек
		задний	передний	вычислен.	среднее (поправка)	уравненное		
I	Pп							Pп
II								
III	Pп							Pп

$$\sum \text{З} = \quad \sum \text{П} = \quad \sum h_{\text{в}} = \quad \sum h_{\text{ср}} =$$

Контроль: $\sum \text{З} - \sum \text{П} = \sum h_{\text{в}} = 2 \sum h_{\text{ср}}$

Невязка $f_h = \sum h_{\text{ср}} =$ _____ $f_{h_{\text{дон}}} = 10_{\text{мм}} \sqrt{n} = \pm 17_{\text{мм}}$, где n – число станций.

3. Вычислить горизонт инструмента станций нивелирования и записать в схему.

Горизонт инструмента равен отметке задней точки плюс черный отсчет по рейке, установленной на этой точке

$$ГИ_{CT} = H_{ЗДТ} + a_{ЗДТ}^{ЧР}$$

4. Вычислить отметки земли ($i_{\text{дано}}$) промежуточных точек (вершин квадратов) через горизонт инструмента и записать в схему $H_{ФАКТ} = ГИ_{CT} - a^{ЧР}$.

5. Вычислить отметку центра тяжести участка и принять ее значение за исходную проектную отметку ($H_{ЦТ} = H_{ПРОЕКТ}$).

$$\Sigma H_1 = \quad ; \quad \Sigma H_2 = \quad ; \quad \Sigma H_4 = \quad .$$

$$H_{ЦТ} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \cdot \Sigma H_2 + 4 \cdot \Sigma H_4}{4N} =$$

N - число квадратов, в нашем примере равно 12.

6. Построить план организации рельефа в масштабе 1: (задается преподавателем) с высотой сечения рельефа $h =$ м, который представляет собой топографический план, на котором построены фактические и проектные горизонталы.

В выбранном масштабе карандашом на листе ватмана формата А-4 изображают сетку квадратов. Подписывают фактические отметки. Построение горизонталей существующего рельефа на плане можно выполнить, используя **графическую интерполяцию**, с помощью палетки. Палетка – это ряд параллельных линий, нанесенных на кальке через равные расстояния (5 или 10 мм), каждая линия обозначается отметками кратными, например, 0,5 м. Палетку накладывают на линию, например АВ, и поворачивают ее так, чтобы точки с известными отметками заняли положение, соответствующее их отметкам. Затем точки пересечения линии АВ с линиями на кальке, условно имеющими отметки горизонталей, накалывают на план (в нашем случае 30,0; 30,5; 31,0).

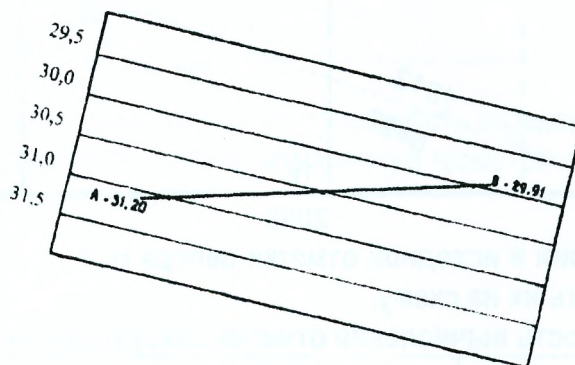


Рис. – Графическая интерполяция

7. Вычислить проектные отметки вершин квадратов по известной длине d стороны квадрата и заданным уклонам по формуле $H_{\text{последующ}} = H_{\text{предыд}} + i \cdot d$. Сначала получают проектные отметки вершин квадратов, расположенных рядом с центром тяжести участка, а от них проектные отметки других вершин. Затем по значениям проектных отметок строят проектные горизонталы.

8. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов $\pm h = H_{\text{ПРОЕКТ}} - H_{\text{ФАКТ}}$ и записать их с точностью до см на картограмме земляных работ (отдельный чертеж) и по этим данным построить линию нулевых работ.

Все результаты вычислений оформляют непосредственно на плане, при этом проектные (вычисленные) отметки записывают красным цветом, топографические (фактические) – черным, рабочие – синим.

Лабораторная работа № 6 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Для измерения длин линий используют мерные проволоки, землемерные ленты, стальные и лазерные рулетки, светодальномеры, радиодальномеры, электронные тахеометры.

1. Изучение устройства и работа с лазерными рулетками.

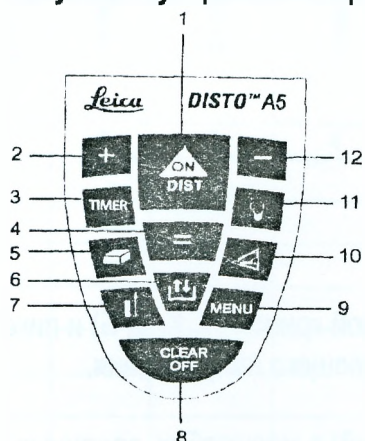


Рис. – Клавиатура лазерной рулетки DISTO™A5

- Клавиатура:
1. ON/DIST – включить/измерить;
 2. «+» – плюс;
 3. TIMER – таймер;
 4. «=» – равно;
 5. – площади/объем;
 6. – память;
 7. – точка отсчета;
 8. CLEAR/OFF – стереть/выключить;
 9. MENU – меню;
 10. – косвенные измерения;
 11. – подсветка;
 12. «-» – минус.

Технические характеристики лазерной рулеткой фирмы DISTO™A5 фирмы LEICA (Швейцария):

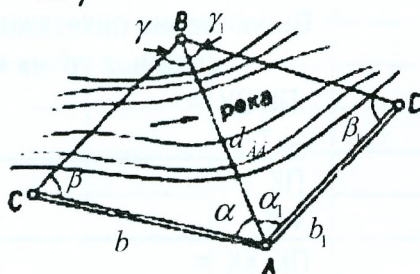
- дальность измерений от 0,05 до 200м (с использование светоотражающей пластины);
- точность $\pm(1,5-2\text{мм})$.

При измерении расстояний нажимают клавишу DIST, включая этим лазер. Лазер направляют на объект, расстояние до которого необходимо измерить снова нажимают клавишу DIST. Измеренное расстояние высвечивается на дисплее. Прибор также позволяет определить площадь, объем и т.д. Прибор оснащен оптическим визиром, который размещен на его правой стороне и особенно полезен при измерении расстояний до отдаленных объектов.

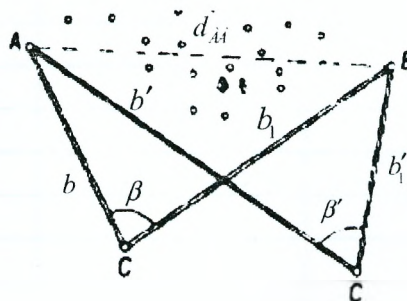
Измеренное расстояние, м	Площадь помещения, м ²	Объем помещения, м ³
1.	Длина	Длина
2.		Ширина
3.	Ширина	Высота
4.		Объем
Среднее	Площадь	

2. Вычисление недоступных расстояний на местности по измеренным базисам и горизонтальным углам по теоремам синусов и косинусов

$$d_{AB} = \frac{b}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta$$



$$d_{AB} = \sqrt{b^2 + b_1^2 - 2bb_1 \cos \beta}$$



b=	b ₁ =	b=	b'=
β=	β ₁ =	b ₁ =	b' ₁ =
α=	α ₁ =	β=	β'=
γ=	γ ₁ =	d _{AB} =	d' _{AB} =
d _{AB} =	d' _{AB} =	d _{ABφ} =	
d _{ABφ} =			

Лабораторная работа № 7
(расчетно-графическая работа № 1)
**ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ, ПОСТРОЕНИЕ
 ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ**

Задание: по данным пикетажного журнала и журнала технического нивелирования составить профиль трассы дороги и нанести проектную линию.

Исходные данные: (выдаются преподавателем)

- а) отметки реперов;
- б) пикетажный журнал;
- и) угол поворота трассы φ и радиус закругления;
- в) результаты нивелирования трассы.

Порядок выполнения работы:

1. Обработка пикетажного журнала. Рассчитать элементы круговой кривой (Т, К, Д, Б) и пикетажные значения главных точек кривой (НК, СК, КК) и румб последующего направления.
2. Обработка журнала технического нивелирования.
3. Построить профили трассы дороги (продольный и поперечный) в масштабах, заданных преподавателем.
4. Нанести проектную линию на продольный профиль, соблюдая следующие условия:
 - а) объем земляных работ должен быть минимальным и сбалансированным;
 - б) проектная линия должна иметь не менее одной переломной точки;
 - в) отметка проектной линии на пикете 0 равна черной отметке земли;
 - г) предельный продольный уклон проектной линии задается преподавателем.
5. Вычислить проектные и рабочие отметки;
6. Вычислить расстояние до точек нулевых работ и их отметки.
7. Оформить продольный и поперечные профили цветом (черный, красный, синий).

Параметры кривой

$$\varphi = \quad R =$$

Элементы кривой

$$T = \quad K =$$

$$D = \quad B =$$

**Вычисление пикетажных значений
главных точек кривой**

$$\text{ПК ВУ} =$$

$$\underline{- T}$$

$$\text{ПК НК} =$$

$$\underline{+ K}$$

$$\text{ПК КК} =$$

$$\underline{-0,5K}$$

$$\text{ПК СК} =$$

Контроль:

$$\text{ПК ВУ} =$$

$$+ T$$

$$\underline{- D}$$

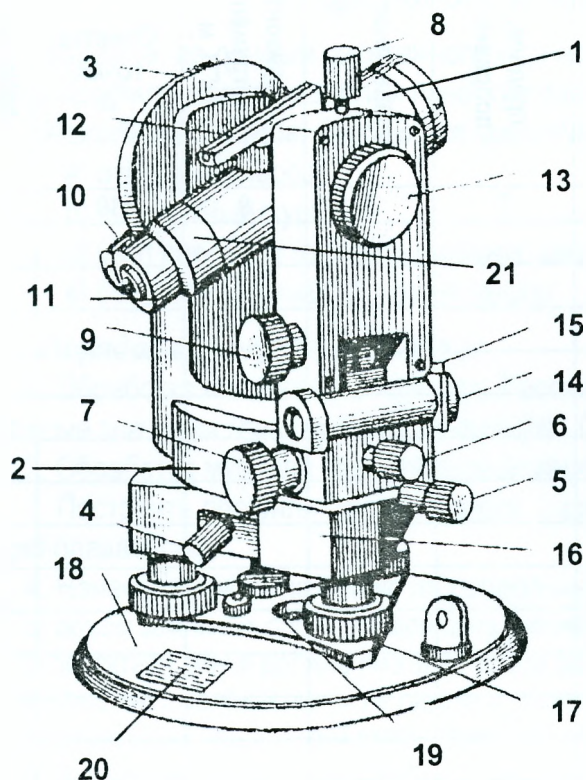
$$\text{ПК КК}$$

Рис. 1 – Пикетажный журнал

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ТЕОДОЛИТ

1. Изучить устройство теодолита, назначение и название его частей



- 1 – зрительная труба;
- 2 – горизонтальный круг;
- 3 – вертикальный круг;
- 4 – закрепительный винт лимба;
- 5 – наводящий винт лимба;
- 6 – закрепительный винт алидады;
- 7 – наводящий винт алидады;
- 8 – закрепительный винт зрительной трубы;
- 9 – наводящий винт зрительной трубы;
- 10 – окуляр микроскопа;
- 11 – диоптрийное кольцо окуляра
- 12 – оптический визир;
- 13 – кремальера (фокусирующий винт);
- 14 – цилиндрический уровень на алидаде;
- 15 – исправительный винт уровня (два);
- 16 – подставка (трегер);
- 17 – подъемный винт (три);
- 18 – основание теодолита;
- 19 – отверстие для центрирования;
- 20 – пластина с маркировкой теодолита;
- 21 – защитное металлическое кольцо, под которым находятся исправительные винты сетки нитей.

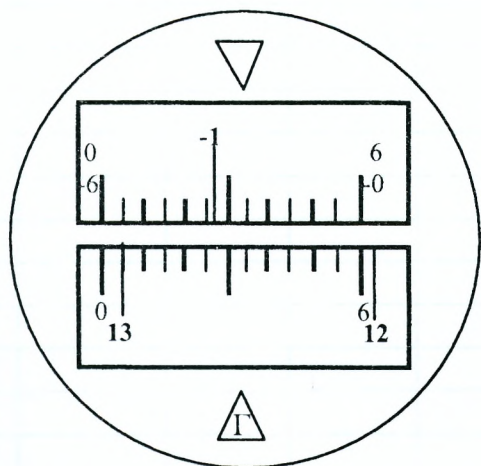
2. Определить цену деления лимба и точность технического теодолита 2Т30.

цена деления

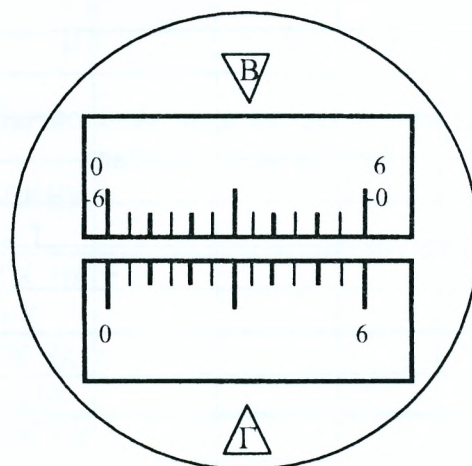
точность измерения:

- горизонтального угла
- вертикального угла

3. Изучить отсчетное устройство (шкаловый микроскоп) теодолита 2Т30 и его модификаций, научиться брать отсчеты



по вертикальному кругу: $-1^{\circ} 33'$
по горизонтальному кругу: $13^{\circ} 05'$



по вертикальному кругу: _____
по горизонтальному кругу: _____

4. Выполнить поверки и юстировки теодолита 2Т30 № _____ , проконтролировав

- а) перпендикулярность оси цилиндрического уровня к оси вращения инструмента;
- б) правильность установки сетки нитей (по отвесу, по точке либо по нивелирной рейке);
- в) перпендикулярность визирной оси к оси вращения зрительной трубы – определить коллимационную

погрешность $c = \frac{KII - KI \pm 180^\circ}{2}$

№№ точек визирования	Положение вертикального круга	* Отсчеты по горизонтальному кругу	2С С	Правильный отсчет

Исправление: если $c > 2t$, тогда вычисляем правильный отсчет $N = \frac{KI + KII \pm 180^\circ}{2}$ последнего

наблюдения и устанавливаем его на лимбе наводящим винтом алидады. При этом алидада (верхняя часть теодолита) повернется на угол c , а изображение точки в поле зрения трубы сместится с пересечения сетки нитей. Действуя боковыми исправительными винтами сетки, последнюю перемещают до совмещения пересечений нитей с изображением точки. После исправления поверку повторяют.

- г) перпендикулярность оси вращения трубы к оси вращения инструмента (исправляется в мастерской).

5. Установить теодолит в рабочее положение и измерить теодолитом 2Т30 № _____ горизонтальный угол одним полным приёмом с перестановкой лимба между полу приёмами на 2-3°. Результаты измерений записать в журнал.

Схема измеряемого угла β	Вершина угла	Положен. вертикал. круга КЛ и КП	№№ точек визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу о и	Измеренный угол в полу приёме		Среднее значение угла о и
					о	и	
1	2	3	4	5	6		7

* исправлять значения отсчетов в графе 5 запрещается

Лабораторная работа № 10
(расчетно-графическая работа №2)

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

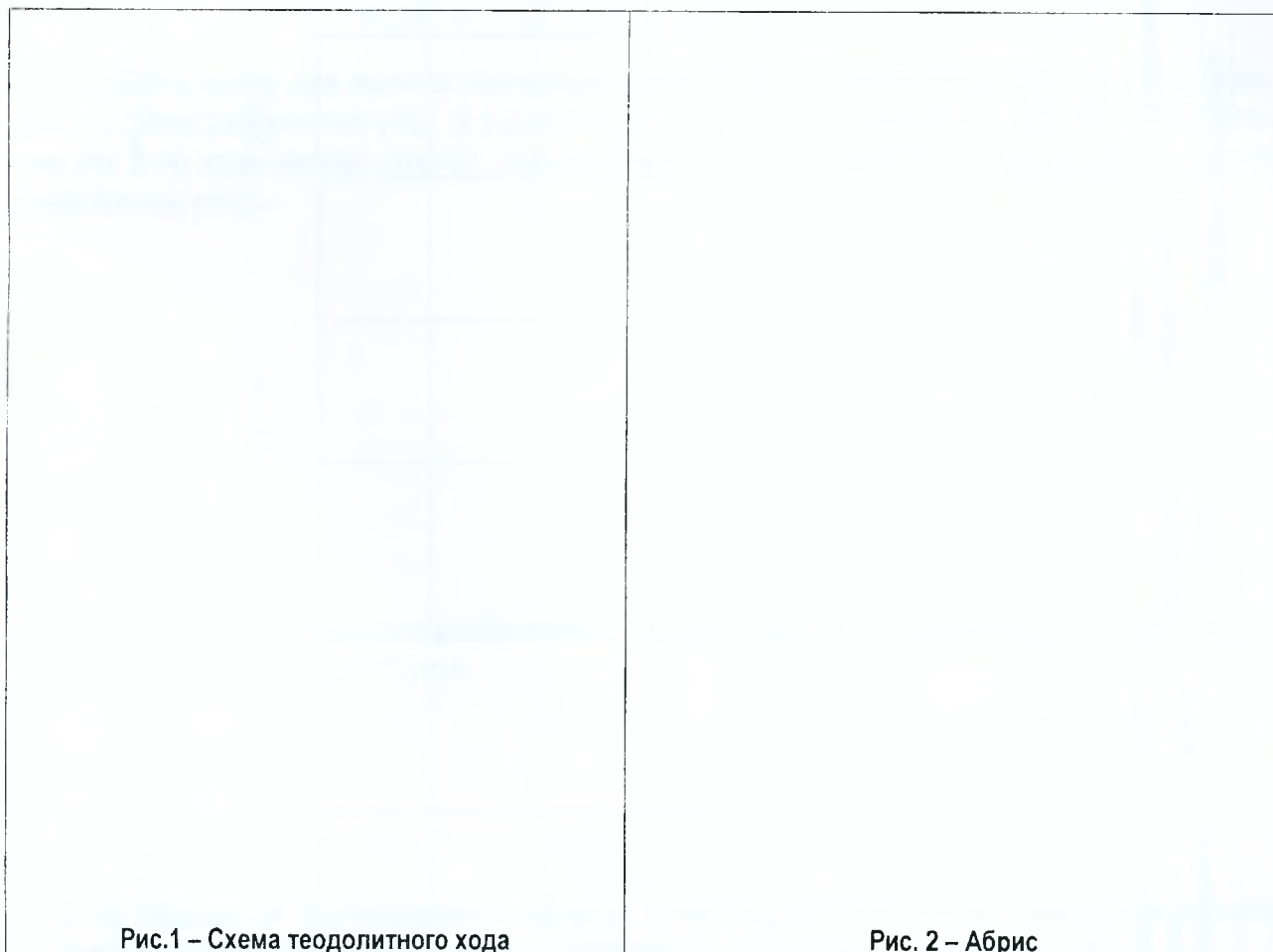
Исходные данные: (выдаются преподавателем)

а) схема замкнутого теодолитного хода с результатами измерений;

б) абрис съемки рис.2;

в) координаты исходного пункта $X_1 =$; $Y_1 =$

г) дирекционный угол начального направления $\alpha_{12} =$



1. Вычислить координаты точек теодолитного хода, используя формулы прямой геодезической задачи $X_{ПОСЛЕД} = X_{ПРЕД} + \Delta x_{УР}$; $Y_{ПОСЛЕД} = Y_{ПРЕД} + \Delta y_{УР}$; где $\Delta x = d \cdot \cos \alpha$, $\Delta y = d \cdot \sin \alpha$,

$\alpha_{послед.} = \alpha_{предыд.} + 180^{\circ} - \beta^{зрив.}$ (для правых по ходу углов)

2. Построить план теодолитной съемки

Контурный план составляют на ватмане формата А3 (масштаб задается преподавателем). Сначала на листе строят координатную сетку, затем по вычисленным координатам наносят точки теодолитного хода. После чего, пользуясь абрисом, наносят на план характерные точки объектов (элементы застройки, дороги, ЛЭП, контура растительности и др.). Оформляют контурный план в соответствии с условными знаками, используя черный и зеленый цвета.

Лабораторная работа № 14
ПОДГОТОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА ПРОЕКТНЫХ
ТОЧЕК НА МЕСТНОСТЬ

1. Запроектировать от линий теодолитного хода для проектных точек А и В следующие способы:

а) угловая засечка для проектной точки _____ от линии _____;

б) полярный способ для проектной точки _____ от линии _____.

2. Определить графически, с точностью масштаба плана теодолитной съемки, прямоугольные координаты проектных точек

$$X_A = \quad Y_A = \quad X_B = \quad Y_B =$$

3. Составить схему для выноса проектных точек А и В от линий теодолитного хода. Показать на схеме разбивочные углы β и расстояния d . Графически показать от северного направления оси X по ходу часовой стрелки дирекционные углы направлений, по которым вычисляются разбивочные углы

4. Записать формулы для разбивочных углов β через дирекционные углы направлений, составляющих этот угол

5. Из ведомости "Вычисления координат точек теодолитного хода" записать значения дирекционных углов направлений, составляющих разбивочные углы.

Для обратных направлений формула: $\alpha_{\text{обрат.}} = \alpha_{\text{прям.}} \pm 180^\circ, (0^\circ < \alpha < 360^\circ)$.

6. Определить направления Т-П (от теодолитной точки до проектной), которые необходимо знать в пункте 4 для разбивочных углов. Вычислить значение дирекционного угла $\alpha_{\text{Т-П}}$, расстояния $d_{\text{Т-П}}$ из решения обратной геодезической задачи по формулам:

$$\Delta X_{\text{Т-П}} = X_{\text{П}} - X_{\text{Т}}; \quad \Delta Y_{\text{Т-П}} = Y_{\text{П}} - Y_{\text{Т}}; \quad \text{tg } r_{\text{Т-П}} = \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\Delta X_{\text{Т-П}}}; \quad r_{\text{Т-П}} = \text{arctg} \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\Delta X_{\text{Т-П}}};$$

$$d_{\text{Т-П}} = \frac{\Delta X_{\text{Т-П}}}{\cos r_{\text{Т-П}}} = \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\sin r_{\text{Т-П}}}.$$

по знаку $\pm \Delta X$, $\pm \Delta Y$ определить четверть и дирекционный угол $\alpha_{\text{Т-П}}$

Результаты вычислений оформить в таблице

№ п/п	Формулы и обозначения	Направление Т-П			
1	Y_{II}				
2	Y_I				
3	$\Delta Y_{I-II} = Y_{II} - Y_I;$				
4	X_{II}				
5	X_I				
6	$\Delta X_{I-II} = X_{II} - X_I;$				
7	$tg r_{I-II} = \frac{\Delta Y_{I-II}}{\Delta X_{I-II}};$				
8	$r_{I-II} = arctg \frac{\Delta Y_{I-II}}{\Delta X_{I-II}};$				
9	α_{I-II}				
10	$\sin r_{I-II}$ или $\sin \alpha_{I-II}$				
11	$\cos r_{I-II}$ или $\cos \alpha_{I-II}$				
12	d_{I-II}				
13	d_{I-II}				

7. Вычислить разбивочные углы по формулам п. 4:

$$\beta =$$

$$\beta =$$

$$\beta =$$

8. Составить разбивочный чертеж на отдельном листе в масштабе (обычно выбирают масштаб по крупнее). Чертеж оформляют черным цветом, на нём необходимо подписать все числовые значения разбивочных элементов, (координаты исходных и проектных точек). Разбивочные углы откладываются транспортиром.

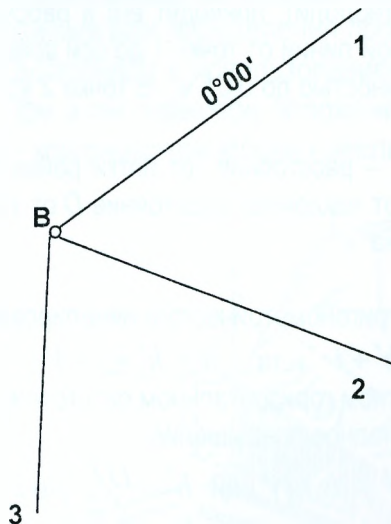
Разбивочный чертеж



Лабораторная работа № 11

ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ СПОСОБОМ КРУГОВЫХ ПРИЕМОМ

Способ используется в случае, когда в одной точке сходится более двух направлений и применяется при измерении горизонтальных углов в триангуляции; строительной геодезической сетке; в системах теодолитных ходов (в узловых точках).



Измерения выполняют в следующей последовательности.

- Рабочее положение теодолита устанавливают при КЛ. Работая винтами алидады отсчёт по горизонтальному кругу устанавливают **близким к 0°** (например, 0°03', но *не меньше нуля*) и закрепляют алидаду.
- Работая винтами лимба визирную ось наводят на точку, принятую за исходную (например, 1). Закрепляют лимб и проверяют отсчёт. Он должен оставаться близким к нулю.
- При закреплённом лимбе вращают алидаду по ходу часовой стрелки и поочередно визируют на точки 2, 3 и снова на 1, при этом берут отсчёты по горизонтальному кругу, записывая их в графу 4 сверху вниз.

- Устанавливают рабочее положение теодолита КП (*не переставляя лимб*), наводят на точку 1, и, вращая теодолит против хода часовой стрелки, визируют на точки 3, 2 и 1, а отсчёты теперь записывают снизу вверх.

Контролем правильности измерения является графа 6. Колебания двойной коллимационной погрешности не должны превышать 1' при выполнении измерений теодолитом 2Т30.

- Вычисляют средние значения отсчётов, полученных при КЛ и КП, по формуле

$$N = \frac{KЛ + КП - 180^\circ}{2} \text{ и записывают в графу 5.}$$

В графе 7 получают направления, подсчитанные по формуле

$$n_i = N_i - N_1,$$

где $i=1, 2, 3$ – номера направлений.

Заканчивают обработку вычислением углов при вершине (точке В), записав их на схему.

Вершина угла	№№ точек визирования	Положение вертикальн. круга	* Отсчёты по горизонтальному кругу		2С	Направления
			полученный	средний		
1	2	3	4	5	6	7
Первый приём						
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
Замыкание горизонта						

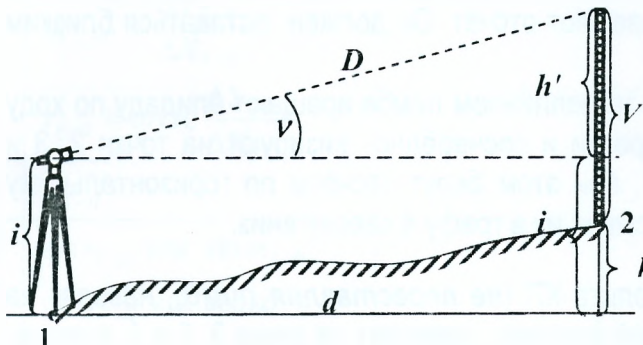
Лабораторная работа № 12

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

1. Определить превышение тригонометрическим нивелированием

Тригонометрическое нивелирование позволяет определить превышение между точками по измеренному углу наклона и расстоянию. Над точкой 1 устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструмента i – расстояние по отвесной линии от точки 1 до оси вращения зрительной трубы теодолита с помощью нивелирной рейки с точностью до 0,01 м. В точке 2 устанавливают нивелирную рейку и наводят на неё зрительную трубу.

По черной стороне рейки отсчитывают *высоту визирования* V – расстояние от пятки рейки до средней горизонтальной нити сетки. Нитяным дальномером измеряют наклонное расстояние D от теодолита до рейки. Теодолитом полным приемом измеряют угол наклона ν



Формулы тригонометрического нивелирования

$$h + V = h' + i \quad \text{или} \quad h = h' + i - V.$$

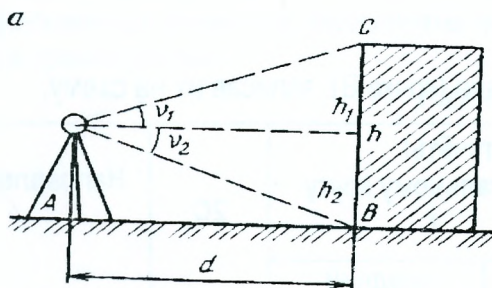
При известном горизонтальном расстоянии d получим неполное превышение

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu \quad \text{или} \quad h' = \frac{D}{2} \cdot \sin 2\nu.$$

Таким образом, $h = \frac{D}{2} \cdot \sin 2\nu + i - V.$

Высота инструмента	Высота наведения	Отсчеты по дальномерным нитям	Отсчеты по вертикальному кругу	Угол наклона	Превышение h', h
			КП		
			КП		
		$D =$	МО =		

2. Выполнить определение высоты сооружения или вертикального размера конструкций, фасада, интерьера теодолитом 2Т30 № _____ Результаты измерений и вычислений записать в таблицу



$$d =$$

$$h = d \operatorname{tg} \nu_1 + d |\operatorname{tg} \nu_2|.$$

$$h = d \cdot (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2).$$

$$h =$$

Определение высоты сооружения

№№ стан-ции	№№ точек визирован.	Положение вертик. круга	Отчет по вертик. кругу	МО	Угол наклона ν	$\operatorname{tg} \nu$	$d \cdot \operatorname{tg} \nu$
1	2	3	4	5	6	7	8
А	верх С	КП					
	верх С	КП					
	низ В	КП					
	низ В	КП					

Высота сооружения $h =$

Лабораторная работа № 13 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЁМКА

1. Изучить теоретические основы съёмки

Тахеометрическая съёмка является самым распространенным методом наземных топографических съёмок. Ее высокая производительность обеспечивается тем, что все измерения, необходимые для определения пространственных координат (X, Y, H) характерных точек местности, выполняют с использованием одного геодезического прибора – теодолита либо тахеометра. При этом плановое положение точек определяют способом полярных координат, а высотное – тригонометрическим нивелированием.

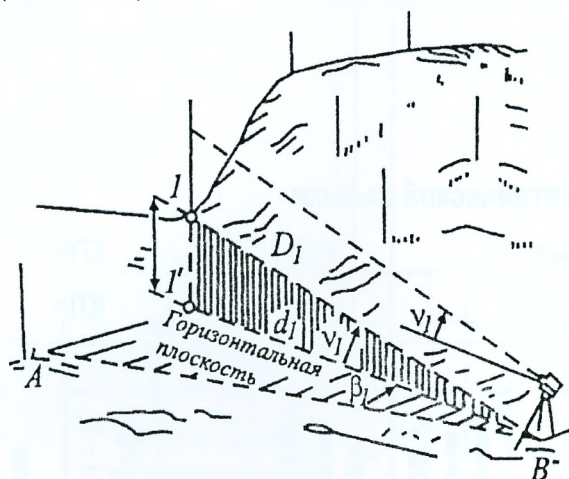


Рис. 1 – Сущность тахеометрической съёмки

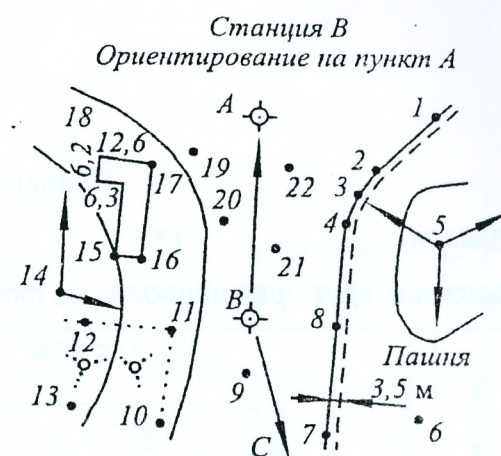


Рис. 2 – Абрис

Порядок работы на станции:

1. Устанавливают теодолит над точкой съёмочного обоснования, центрируют, приводят в рабочее положение и измеряют высоту инструмента с помощью нивелирной рейки с округлением до 1 см. Перед началом съёмочных работ необходимо определить место нуля вертикального круга теодолита.

2. Рабочее положение теодолита устанавливают при «круге лево» (КЛ). Ориентируют лимб теодолита, для чего нуль алидады совмещают с нулём лимба, закрепляют алидаду и, вращением лимба вместе с алидадой, наводят трубу на какую-либо точку съёмочного обоснования (соседнюю станцию, где устанавливают вежу). Закрепив лимб и открепив алидаду, наводят трубу на рейку, устанавливаемую на реечные точки. После наведения трубы на рейку берут отсчёты по средней нити (высота наведения) и по дальномерным нитям (наклонное расстояние), а также отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам. Результаты полевых измерений заносят журнал. В качестве реечных точек могут быть элементы ситуации и рельефа. Расстояние между реечными точками зависит от масштаба съёмки и характера снимаемой территории.

Во время съёмки составляют схематический чертёж (**абрис**), на котором зарисовывают элементы ситуации, скаты, формы рельефа и растительный покров. В процессе измерения полярных углов и расстояний на абрис наносятся и подписываются номера реечных точек.

3. По окончании съёмки ситуации и рельефа на станции, снова наводят трубу на точку, по которой был ориентирован лимб, и берут контрольный отсчёт, который с первоначальным отсчётом не должен расходиться более чем на 5'. Для контроля измерений с каждой станции определяют несколько контрольных точек (2-3) в полосе перекрытия съёмки с других станций.

Обработка результатов измерений заключается в вычислении углов наклона, превышений и отметок реечных точек (формулы приведены в шапке журнала съёмки). Вычисления могут производиться в журнале либо с использованием программных комплексов (Excel, CREDO_DAT).

2. Выполнить съёмку местности, составить абрис, записать измерения в журнал и вычислить отметки реечных точек с точностью до 0,01 м.

Полевые съёмочные работы выполняются бригадами по 3 человека на местности во время лабораторных занятий.

Абрис съёмки (зарисовать схематически)

Журнал тахеометрической съёмки

Станция _____ $i =$ _____ $H_{ст.} =$ _____ $MO =$ _____ $KП =$ _____

Горизонт. круг ориентирован на точку _____ $KЛ =$ _____

№№ реечных точек	Высота наведения V	Дальномерное расстояние D	Отсчеты		Угол наклона	Горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos^2 \nu$	Неполное превышение $h' = (D/2) \cdot \sin 2\nu$	$i - V$	Превышение $h = h' + i - V$	Отметка $H_{лик} = H_{ст} + h$
			горизонт. круг ГК	вертикальный круг ВК						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										
11.										

Угол наклона вычисляют по формуле $\nu = BK - MO$

Замыкание горизонта

3. Выполнить обработку журнала тахеометрической съёмки (индивидуальные задания выдаются преподавателем), построить план тахеометрической съёмки в масштабе _____, изобразить рельеф горизонталями с высотой сечения _____ м.

Журнал тахеометрической съёмки

Станция _____		Высота инструмента $i =$ _____		Отметка станции $H_{ст} =$ _____		МО = _____		КЛ = _____		КП = _____	
Горизонтальный круг ориентирован на точку _____											
№№ реечных точек	Высота наведения $V, м$	Дальномерное расстояние $D, м$	Отсчеты		Угол наклона	Горизонтальное проложение, $м$ $d = D \cdot \cos^2 v$	Табличное превышение, $м$ $h' = (D/2) \cdot \sin 2v$	$i - V$	Превышение, $м$ $h = h' + i - V$	Отметка, $м$ $H_{пик} = H_{ст} + h$	Абрис (кроки)
			горизонтальный круг ГК	вертикальный круг ВК							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Учебное издание

Составители:

*Зуева Людмила Фёдоровна
Синякина Наталья Васильевна*

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
для выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Инженерная геодезия»
(3-е издание, дополненное и переработанное)

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.

Стереотипное издание.
Подписано к печати 24.08.2011. Формат 60x84 1/8. Бумага «Снегурочка».
Усл. п. л. 3,7. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 180 экз. Заказ № 813.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.